

UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

INFORME DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGIA

TEMA:

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INOCULACIÓN DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO (*Gluconacetobacter diazotrophicus*) EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE ARROZ, CANTÓN YAGUACHI, PROVINCIA DEL GUAYAS.

Autores:

ANGEL XAVIER TOVAR ARCOS

JOSÉ EMILIO RONQUILLO CALDERÓN

DIRECTOR:

MSC. PRISCILLA VALVERDE BALLADARES

Milagro, 2024.

Derechos de autor

Sr. Dr.

Fabrizio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro
Presente.

Nosotros, Angel Xavier Tovar Arcos y José Emilio Ronquillo Calderón en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de Magister en Biotecnología, como aporte a la Línea de Investigación PROMOCIÓN DEL DESARROLLO ECONÓMICO: ECONOMÍA VERDE de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Informe de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 7 de Febrero del 2024.



Firmado electrónicamente por:
ANGEL XAVIER TOVAR
ARCOS

Angel Xavier Tovar Arcos

0919871715



Firmado electrónicamente por:
JOSE EMILIO
RONQUILLO
CALDERON

José Emilio Ronquillo Calderón

0921760682

Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Yo, Priscilla Valeria Valverde Balladares en mi calidad de director del trabajo de titulación, elaborado por Angel Xavier Tovar Arcos y José Emilio Ronquillo Calderón, cuyo tema es EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INOCULACIÓN DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO (*Gluconacetobacter diazotrophicus*) EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE ARROZ, CANTÓN YAGUACHI, PROVINCIA DEL GUAYAS, que aporta a la Línea de Investigación PROMOCIÓN DEL DESARROLLO ECONÓMICO: ECONOMÍA VERDE, previo a la obtención del Grado Magister en biotecnología, Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 7 de Febrero del 2024.



Firmado electrónicamente por:
PRISCILLA VALERIA
VALVERDE BALLADARES

Priscilla Valeria Valverde Balladares

0706423290

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DIRECCIÓN DE POSGRADO
CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **ING. TOVAR ARCOS ANGEL XAVIER**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INOCULACIÓN DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO (GLUCONACETOBACTER DIAZOTROPHICUS) EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE ARROZ, CANTÓN YAGUACHI, PROVINCIA DEL GUAYAS.", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	58.67
SUSTENTACIÓN	37.17
PROMEDIO	95.83
EQUIVALENTE	Muy Bueno



YESSSENIA BEATRIZ
SARANGO ORTEGA

Msc SARANGO ORTEGA YESSSENIA BEATRIZ
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



JOSE HUMBERTO VERA
RODRIGUEZ

Mgs VERA RODRIGUEZ JOSE HUMBERTO
VOCAL



MARIA FERNANDA
GARCES MONCAYO

Msc GARCES MONCAYO MARÍA FERNANDA
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DIRECCIÓN DE POSGRADO
CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **ING. RONQUILLO CALDERÓN JOSÉ EMILIO**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INOCULACIÓN DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO (*GLUCONACETOBACTER DIAZOTROPHICUS*) EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE ARROZ, CANTÓN YAGUACHI, PROVINCIA DEL GUAYAS.", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	58.67
SUSTENTACIÓN	37.17
PROMEDIO	95.83
EQUIVALENTE	Muy Bueno



YESSENIA BEATRIZ
SARANGO ORTEGA

Msc SARANGO ORTEGA YESSENIA BEATRIZ
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



JOSÉ HUMBERTO VERA
RODRIGUEZ

Mgs VERA RODRIGUEZ JOSE HUMBERTO
VOCAL



MARIA FERNANDA
GARCÉS MONCAYO

Msc GARCÉS MONCAYO MARÍA FERNANDA
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

A mis hermosas hijas Domenika y Fiorella quienes han sido mi mayor motivación para siempre seguir adelante, a mi querida esposa Thamy que es quien me empuja todos los días y me dice vamos tú puedes, a mis padres y hermanas por cada palabra de aliento, a mis ángeles del cielo que siempre los tengo presente gracias infinitas.

Dedicado para todos Uds.

José Ronquillo Calderón

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis hijos Andrea y Diego por ser el motor que me impulsa a cada día a ser mejor, a mis padres René y Yolanda(+) que siempre han sido mi pilar fundamental y consejeros de corazón, a mis hermanos y sobrinos que han valorado todo el sacrificio que he venido realizando para lograr este tan anhelado objetivo.

Por Uds. esto y más.

Angel Xavier Tovar Arcos

AGRADECIMIENTOS

Agradecido infinitamente a nuestro padre celestial Jehová Dios ya que sin él no podríamos cumplir nuestros propósitos, también por darme la fortaleza para seguir adelante todos los días. A mi familia por el estímulo constante, a mis compañeros y amigos por su apoyo incondicional a lo largo de este periodo de estudios. A todas las personas que de una y otra manera me apoyaron en esta trayectoria. A la Universidad Estatal de Milagro por permitirme cumplir este objetivo y a nuestra estimada Tutora Priscilla Valverde quien nos ha ayudado desde el inicio a fin en la elaboración y culminación de este trabajo.

Muy Agradecido.

José Ronquillo Calderón

AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar siempre presente en cada paso que doy, a mis familiares que de una u otra manera estuvieron con su voces de aliento y felicitando cada logro que obtengo, a mis amigos que sin ser parte de mi familia son como una, que desde los exteriores celebran junto a mi mis metas alcanzadas, a Punto Verde y a mis queridos compañeros de trabajo que aprobaron desde el inicio este camino que iba a seguir, a mis estimados profesores que ayudaron a despejar todas las dudas y a convencerme de que en la preparación está el éxito, a mi estimada Tutora Priscilla Valverde por el apoyo constante y paciencia brindada y como parte valiosa un eterno agradecimiento a la prestigiosa Universidad Estatal de Milagro por brindarnos la oportunidad de realizar este sueño en su aulas.

Los quiero eternamente.

Angel Xavier Tovar Arcos

RESUMEN

Este trabajo tuvo por objetivo presentar una de las especies de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Gluconacetobacter diazotrophicus*) como una importante solución para disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura y bajar la carga química en los suelos. Este experimento se realizó en la vía Yaguachi – Vuelta Larga a 10msnm, temperatura promedio de 25,5 °C y precipitación de 300mm en todo el ciclo. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas de 10 tratamientos con 4 repeticiones. Los resultados mostraron que el tratamiento T5 donde se utilizó solo urea fue el mejor en rendimiento con 81.87 sacas por hectárea a dosis de 200kg en 3 aplicaciones y en segundo lugar en rendimiento fue el tratamiento T8 donde se usó solo *Gluconacetobacter diazotrophicus* con 81,77 sacas por hectárea a dosis de 450g en 3 aplicaciones. En el análisis costo beneficio el tratamiento T5 tuvo mayor rendimiento, sin embargo, este no justificó la inversión de la aplicación, en cuanto al tratamiento T8 obtuvo el segundo lugar en rendimiento, pero su costo de aplicación fue menor al del tratamiento T5 dando por resultado que el tratamiento T8 tiene un beneficio de \$93,5 por hectárea.

Palabras clave: Arroz, fijación, fertilizantes, Nitrógeno, *Gluconacetobacter diazotrophicus*.

ABSTRACT

The objective of this work was to present one of the species of nitrogen-fixing bacteria *Gluconacetobacter diazotrophicus* as an important solution to reduce the use of nitrogen fertilizers in agriculture and to lower the chemical load in soils. This experiment was conducted on the Yaguachi - Vuelta Larga road at 10 msnm, average temperature of 25.5 °C and rainfall of 300 mm throughout the cycle. A randomized complete block design was used in divided plots of 10 treatments with 4 replications. The results showed that the T5 treatment where only urea was used was the best in yield with 81.87 bags per hectare at a dose of 200kg in 3 applications and in second place in yield was the T8 treatment where only *Gluconacetobacter diazotrophicus* was used with 81.77 bags per hectare at a dose of 450g in 3 applications. In the cost-benefit analysis, treatment T5 had a higher yield but this did not justify the investment of the application, while treatment T8 obtained the second place in yield but its application cost was lower than that of treatment T5, resulting in treatment T8 having a benefit of \$93.5 per hectare.

Key words: Rice, fixation, fertilizers, Nitrogen, *Gluconacetobacter diazotrophicus*.

Lista de contenidos

Derechos de autor	II
Aprobación del director del trabajo de titulación.....	III
Certificación de la defensa.....	IV
Certificación de la defensa.....	V
DEDICATORIA	VI
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
AGRADECIMIENTO	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
1 PROBLEMA.....	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 Delimitación del problema	5
1.2.1 Experimento de campo	5
1.2.2 Objeto de estudio.....	5
1.2.3 Campo de acción	5
1.2.4 Área: Agrícola... ..	5
1.2.5 Delimitación Temporal.....	5
1.2.6 Delimitación Espacial.....	5
1.2.7 Tiempo de estudio.....	5
1.3 Formulación del problema... ..	6
1.4 Preguntas de investigación	6
1.5 Determinación del tema.....	6
1.6 OBJETIVOS.....	7
1.6.1 Objetivo general.....	7
1.6.2 Objetivos específicos	7
1.7 Hipótesis.....	7
1.8 Declaración de las variables.....	7
1.9 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.10 Alcance y limitaciones.....	8
1.10.1.1 Mejora la concentración del nitrógeno en las plantas	8
1.10.1.2 Aumento de la eficiencia en el uso de nitrógeno... ..	8
1.10.2 Limitaciones.....	9

1.10.2.1 Dependencias de las condiciones ambientales...	9
1.10.2.2 Dependencia de la cepa de la bacteria	9
2 MARCO TEORICO REFERENCIAL	10
2.1 Antecedentes.....	10
2.2 Contenido teórico que fundamenta la investigación.....	11
2.2.1 Generalidades del Cultivo de Arroz.....	11
2.2.1.1 Origen... ..	11
2.2.1.2 Clasificación taxonómica	12
2.2.1.3 Características morfológicas del arroz.....	12
2.2.1.3.1 Raíces.....	13
2.2.1.3.2 Tallo... ..	13
2.2.1.3.3 Hojas.....	13
2.2.1.3.4 Flores	14
2.2.1.3.5 Inflorescencia	14
2.2.1.3.6 Grano.....	14
2.2.1.4 Variedades más comunes del cultivo de arroz en el Ecuador	15
2.2.1.5 SFL 11.....	16
2.2.1.6 Importancia económica y distribución geográfica	16
2.2.1.7 Preparación del terreno.....	17
2.2.1.8 Métodos de siembra	17
2.2.1.8.1 Requerimientos edafoclimáticos del arroz.....	18
2.2.1.8.2 Potencial de hidrogeno (pH)	19
2.2.1.9 Manejos de riego.....	19
2.2.1.10 Tipos de fertilización que requiere el cultivo	20
2.2.1.11 Necesidades nutricionales.....	21
2.2.1.12 Tipos de fijación de nitrógeno	21
2.2.1.12.1 Abiótica.....	21
2.2.1.12.2 Biológica.....	21
2.2.1.13 Fases Fenológicas.....	21
2.2.2 Características de la Bacteria.....	22
2.2.2.1 Modo y mecanismo de acción.....	22
2.2.2.2 Condiciones que afectan la fijación de nitrógeno.....	26
3 Diseño metodológico	27
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	27
3.1.1 Croquis del diseño de campo	27
3.2 La población y la muestra.....	27
3.2.1 Características de la población	27

3.2.2 Delimitación de la población	28
3.2.3 Tipo de muestra	29
3.2.4 Tamaño de la muestra	29
3.2.5 Proceso de selección de la muestra.....	29
3.3 Los métodos y las técnicas	30
3.3.1 Ubicación del cultivo	30
3.3.2 Fase de campo	30
3.3.3 Etapa de aplicación y evaluaciones.....	31
3.4 Procesamiento estadístico de la información	31
4. Análisis e interpretación de resultados	32
4.1 Análisis de los resultados	32
4.1.1 Análisis de los resultados de números de macollos por planta.....	32
4.1.1.1 Análisis de los resultados de numero de macollos de la primera evaluación...32	
4.1.1.2 Análisis de resultados de numero de macollos por planta de la segunda evaluación.....34	
4.1.2 Análisis de los resultados de altura de planta	36
4.1.2.1 Análisis de los resultados de altura de planta de la primera evaluación	36
4.1.2.2 Análisis de los resultados de altura de planta de la segunda evaluación	38
4.1.3 Análisis de longitud de espiga por metro cuadrado	40
4.1.4 Análisis de porcentaje de granos vanos	42
4.1.5 Análisis de porcentaje de granos llenos	44
4.1.6 Análisis de peso de 1000 granos	46
4.1.7 Análisis de rendimiento por cada tratamiento	48
4.1.8 Análisis de costo de aplicación.....	50
4.1.9 Análisis de rendimiento.....	50
4.2 Verificación de Hipótesis.....	51
5 conclusiones y Recomendaciones	52
5.1 Conclusiones	52
5.2 Recomendaciones	53
Bibliografía.....	54
ANEXOS	61

Lista de Figuras

Figura 1. Principales productores mundiales de arroz elaborado	17
Figura 2. Fase vegetativa del cultivo de arroz	21
Figura 3. Bacteria <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i>	22
Figura 4. Aislamiento de bacterias endofíticas <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> luego de 72hrs.....	25
Figura 5. Croquis	27
Figura 6. Ubicación del ensayo	30
Figura 7. Gráfica de resultados de numero de macollos en cada tratamiento primera evaluación.....	33
Figura 8. Gráfica de resultados de numero de macollos en cada tratamiento de la segunda evaluación.....	35
Figura 9. Gráfica de resultados de la altura en cada tratamiento primera evaluación	37
Figura 10. Gráfica de resultados de la altura en cada tratamiento segunda evaluación	39
Figura 11. Gráfica de resultados de largo espiga por metro cuadrado en cada tratamiento.....	41
Figura 12. Gráfica de resultados de porcentaje grano vacío en cada tratamiento.....	43
Figura 13. Gráfica de resultados de porcentaje grano lleno en cada tratamiento.....	45
Figura 14. Gráfica de resultados de peso 1000 granos en cada tratamiento	47
Figura 15. Gráfica de resultados de sacos obtenidos en cada tratamiento	49

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Esquema de variables</i>	7
Tabla 2. <i>Respuestas del arroz a la variación de temperatura en diferentes estados de desarrollo</i>	15
Tabla 3. <i>Variedades de Arroz</i>	15
Tabla 4. <i>Tipo de muestra</i>	29
Tabla 5. <i>Protocolo de Trabajo</i>	31
Tabla 6. <i>Análisis de varianza de número de macollos de la primera evaluación</i>	32
Tabla 7. <i>Análisis de varianza de número de macollos de la primera evaluación</i>	33
Tabla 8. <i>Análisis de varianza de número de macollos de la segunda evaluación</i>	34
Tabla 9. <i>Análisis de prueba ANOVA en relación a número de macollos de la segunda evaluación</i>	35
Tabla 10. <i>Análisis de varianza de altura de planta de la primera evaluación</i>	36
Tabla 11. <i>Análisis de prueba ANOVA en relación a la altura de planta de la primera evaluación</i>	37
Tabla 12. <i>Análisis de varianza de altura de planta de la segunda evaluación</i>	38
Tabla 13. <i>Análisis de prueba ANOVA en relación a la altura de planta de la segunda evaluación</i>	39
Tabla 14. <i>Análisis de varianza de longitud de la espiga por metro cuadrado</i>	40
Tabla 15. <i>Análisis de prueba ANOVA en relación a la longitud de la espiga por metro cuadrado</i>	41
Tabla 16. <i>Análisis de varianza de porcentaje de granos vanos</i>	42
Tabla 17. <i>Análisis de prueba ANOVA en relación a porcentajes de granos vanos</i>	43
Tabla 18. <i>Análisis de varianza de granos llenos</i>	44
Tabla 19. <i>Análisis de prueba ANOVA en relación a porcentaje de granos llenos</i>	45
Tabla 20. <i>Análisis de varianza de longitud de peso de 1000 gramos</i>	46

Tabla 21. <i>Análisis de prueba ANOVA en relación a peso de 1000 gramos.....</i>	47
Tabla 22. <i>Análisis de varianza de rendimiento por cada tratamiento</i>	48
Tabla 23. <i>Análisis de prueba ANOVA en relación cada tratamiento</i>	49
Tabla 24. <i>Análisis de costo de aplicación de tratamientos T5 y T8.....</i>	50
Tabla 25. <i>Análisis de rendimiento de aplicación de tratamientos T5 y T8.....</i>	50

Lista de Abreviaturas

T1:	Tratamiento 1
T2:	Tratamiento 2
T3:	Tratamiento 3
T4:	Tratamiento 4
T5:	Tratamiento 5
T6:	Tratamiento 6
T7:	Tratamiento 7
T8:	Tratamiento 8
T9:	Tratamiento 9
T10:	Tratamiento 10
HA:	hectárea
Kg:	Kilogramo
g:	gramo
NUE:	Eficiencia en el manejo de nitrógeno.
N:	Nitrógeno
NFB:	Bacteria fijadora de nitrógeno.
m² :	metros cuadrados
msnm:	metros sobre el nivel del mar
°C:	grados centígrados.
B:	Boro
Cl:	Cloro
Cu:	Cobre
Fe:	Hierro
Mn:	Manganeso
Mo:	Molibdeno
Zn:	Zinc
P:	Fósforo
K:	Potasio
Ca:	Calcio
Mg:	Magnesio
S:	Azufre

INTRODUCCIÓN

Una de las principales gramíneas como lo es el arroz conforma, junto al maíz y al trigo, la trilogía de cereales más cultivados del mundo. En Ecuador según ESPAC (*Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*) en el 2019 tomando en cuenta todas las zonas, se sembraron 261.770 hectáreas con arroz, *Oryza sativa L.* que estuvieron en 4,2 TM/HA de promedio, esto es variable siempre y tomando en cuenta de los principales factores que inciden en esta son: cambios climatológicos, ataque de plagas, ataque de enfermedades y recursos económicos que limitan las fertilizaciones (INEC, 2019).

De los principales Fertilizantes usados en el cultivo de arroz, está la Urea (nitrógeno al 46%); El nitrógeno forma parte y es el principal componente primario de nucleótidos, proteínas y clorofila en las plantas. El nitrógeno se encuentra en la atmósfera en un 78%, su forma diatómica no permite la accesibilidad a las plantas debido a la presencia de un triple enlace (N. Eskin, 2014).

Por el incremento en los costos y los efectos perjudiciales y negativos sobre el medio ambiente asociados con los fertilizantes a base de nitrógeno y los efectos colaterales negativos de campo y rendimientos resultantes de las prácticas continuas de siembra de un solo cultivo, la agricultura y los agricultores dependen de la rotación de cultivos para proporcionar ventajas, bondades al sistema agrícola y agregar nitrógeno fijo al suelo a través de la fijación biológica de nitrógeno (M. B. Peoples, 1995).

Es por eso que la tendencia a la no dependencia de fertilizantes químicos y sintéticos ha hecho que se incursione en la introducción de microorganismos eficientes (bacterias fijadoras de nitrógeno) para mantener la sostenibilidad del negocio arrocero.

Gluconacetobacter diazotrophicus es una bacteria Gramnegativa que se encuentra inicialmente en la planta de caña de azúcar (América Paulina Rivera-Urbalejo, 2019). Esta bacteria puede proporcionar mediante fijado activamente el nitrógeno atmosférico y entregar a las plantas cantidades significativas de nitrógeno (Dobereiner., 1988).

Capítulo I: El problema de la investigación

1.1 Planteamiento del problema

Yaguachi es cantón desde el 21 de julio de 1883 y es parte fundamental de la historia del Ecuador, ya que el nombre de Yaguachi hace referencia al pueblo nativo que siempre opuso resistencia ante la fuerza de los colonizadores europeos, defendiendo con valentía la tierra de sus antepasados. Yaguachi tiene 78.204 habitantes.

El suelo de Yaguachi es muy fértil, permitiendo el desarrollo de la producción agrícola, principalmente arroz, maíz, tomate, pimiento, cacao, frutas tropicales y caña de azúcar. También hay granjas avícolas y ganaderas.

El cantón Yaguachi está situado al centro este de la provincia del Guayas. Limita al norte con los cantones Samborondón y Juján; al sur con el cantón Naranjito; al este con los cantones de Milagro, Marcelino Maridueña, El Triunfo; y al oeste Durán y Samborondón (Guayas., 2023).

Arroz (*Oryza sativa L.*) es uno de los cultivos alimentarios más importantes para más de la mitad de la población mundial. La producción de arroz debe crecer y cada vez incrementar sus siembras para satisfacer el crecimiento de la población mundial (Huang, 2018). A inicios de la década de 1960 y a la de 1990, la necesidad para alimentarse de arroz por año aumentó de 85 a 103 kg por persona en los países asiáticos. Durante el mismo tiempo, el consumo mundial de arroz per cápita incrementó de 50 a 65 kg por año (Mohanty, 2013).

En el interés por mejorar las producciones del cultivo de arroz, los agricultores han aplicado habitualmente más fertilizantes para aumentar el rendimiento del arroz. Junto a esto, el riesgo de pérdida de fertilizantes por escorrentía, lixiviación y evaporación debido al exceso de fertilizantes se ha convertido en un problema importante en los sistemas de producción agrícola (CAN, 2002). Esto lo confirman HA & BO, 2013, alrededor del 40-60% de los fertilizantes aplicados se pierden por una desacertada aplicación que conduce a la acidificación, eutrofización y emisiones de gases de efecto invernadero.

Llevar de manera correcta un programa de nutrición es el factor más importante al momento de pretender obtener buenos rendimientos. El nitrógeno es el elemento o componente crítico para el crecimiento de las plantas. Un total de 1 tonelada de producción de grano de arroz requiere alrededor de 14,7 kg de nitrógeno. El nitrato

(NO₃⁻) y el amonio (NH₄⁺) son las principales fuentes de nitrógeno para los cultivos de arroz (Dobermann, 2000).

El nitrógeno que existe en el suelo suele estar limitado por la absorción de las plantas. Por lo tanto, se debe aplicar una gran cantidad de nitrógeno de fuentes externas al campo. La aplicación excesiva de nitrógeno provoca una grave contaminación ambiental (acidificación del suelo, contaminación atmosférica y eutrofización del agua).

Alcivar, 2007, indican que la importancia del nitrógeno en las plantas queda suficientemente probada, porque es un componente de las proteínas, las que a su vez es constituyente del protoplasma, cloroplastos y enzimas, participa activamente en la fotosíntesis y promueve la expansión de la lámina foliar. Las plantas con deficiencia de nitrógeno son raquílicas y con pocos macollos con excepción de las hojas jóvenes que son verdes, las demás son angostas, cortas, erectas y amarillentas. Las hojas inferiores presentan secamiento del ápice a la base, la deficiencia de nitrógeno se presenta a menudo en etapas crítica de la planta, como el macollamiento y el inicio de la panícula.

Gros, citado por Sucre, 2002, menciona que la importancia del nitrógeno en las plantas queda suficientemente probada, puesto que sabemos que participa en la composición de las más importantes sustancias orgánicas, tales como la clorofila, aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Un suministro adecuado de nitrógeno en la planta produce: rápido crecimiento, color verde intenso de las hojas, mejora la calidad de las hojas y aumento del contenido de proteínas y aumenta en la producción de hojas, frutos y semillas, etc.

Estudios realizados en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1985), señalan que la mayoría del nitrógeno tomado por la planta es almacenada en la lámina y vainas de las hojas hasta la etapa de floración, momento en el cual de todas las partes de la planta se transloca rápidamente al grano, en tal proporción que alrededor de la mitad del nitrógeno almacenado en una planta bien fertilizada, va a los granos. La traslocación del otro 50 % del nitrógeno contenido en el grano ocurre después de la floración.

FAR., 1996, en base a estudios realizados, indican que el nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas, forma parte de todas las células vivientes y las plantas necesitan grandes cantidades de nitrógeno. Las plantas absorben la mayor parte del nitrógeno en la forma de iones amonio o de nitrato, dependiendo de la condición del suelo si está en reducción bajo lámina de agua o sin esta.

Un claro ejemplo es el nitrato que se filtra en las aguas subterráneas y desemboca en los ríos, causando problemas de salud humana cuando el agua que contiene más de 10 mg/L de nitrato es utilizada para beber. Para mejorar la eficiencia en el manejo de nitrógeno (NUE) en la producción de arroz, los científicos han desarrollado varias tecnologías o métodos de optimización de nutrientes (Sotheara, 2022). La NUE se está usando como una alternativa agrícola para obtener una mejora en la productividad de los cultivos, la reducción de costos y un decremento en la contaminación ambiental (Huang S. Z., 2018).

Así mismo, las investigaciones han demostrado que los cultivos utilizan cantidades considerable de amonio, si se encuentra en el suelo. El nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de la molécula de clorofila, tiene un papel en el proceso de fotosíntesis. La falta de nitrógeno y clorofila significa que el cultivo no utilizará la luz solar como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes; el nitrógeno es también un componente de las vitaminas y sistemas de energía de la planta (FAR., 1996).

La alternativa de fijación biológica de nitrógeno se está utilizando para disminuir la aplicación de fertilizantes químicos en los cultivos en especial los arrozales. Esta fijación biológica de nitrógeno puede ser de vida libre o de bacterias fijadoras de nitrógeno simbióticas (Raimam *et al.*, 2007). Interactuando las bacterias con los elementos nitrogenados, mejoran el crecimiento y la producción de las plantas (Mohammadi y Sohrabi, 2012).

Microorganismos como las bacterias fijadoras de nitrógeno (NFB) cumplen un papel sumamente importante ya que contribuyen a los procesos naturales para fijar el N de la atmósfera en los compuestos inorgánicos de N utilizables por las plantas (Kennedy e Islam, 2001).

La solubilización de nutrientes minerales como fósforo, zinc, hierro y manganeso también podría contribuir a la estimulación del crecimiento vegetal por parte de la bacteria (Prabudoss, 2011) Sin embargo, los estudios realizados con *G. diazotrophicus* demuestran que no todas las cepas presentan las mismas características bajo condiciones *in vitro* (Badawi & El-Henawy, 2013).

Gluconacetobacter diazotrophicus es una NFB y miembro de la familia Acetobacteraceae (Mehnaz & Lazarovits, 2017). Esta bacteria fue encontrada y separada inicialmente de la caña de azúcar (Chawla, Phour, Suneja, Sangwaan, & Goyal, *Gluconacetobacter diazotrophicus*: una visión general. Investigación en Medio

Ambiente y Ciencias de la Vida., 2014), pero también se ha encontrado en asociación endófitas naturales en el cultivo de papas (Luna *et al.*, 2012), arroz (Jha *et al.*, 2009) y otras plantas hospederas (Chawla, Phour, Suneja, Sangwaan, & Goyal, *Gluconacetobacter diazotrophicus*: An overview., 2014).

1.2 Delimitación del problema

Para evaluar la eficacia de la bacteria *Gluconacetobacter diazotrophicus* en el rendimiento de la producción de arroz, fue necesario definir un método de investigación que permita recolectar datos precisos y confiables. El método de investigación que se utilizó para evaluar la eficacia fue: Mediante la prueba de Shapiro -Wilks se determinó que los datos son paramétricos con un p-valor mayor a 0,05, para posterior realizar las pruebas de ANOVA.

1.2.1 Experimento de campo: Este método implicó la realización del ensayo en un ambiente natural, como el campo de arroz, donde se pudo aplicar la bacteria *Gluconacetobacter diazotrophicus* a una sección del campo en base a su respectivo tratamiento y comparar los resultados con una sección de control que no recibió la bacteria.

1.2.2 Objeto de estudio: Resultado de los tratamientos con y sin *Gluconacetobacter diazotrophicus*.

1.2.3 Campo de acción: Sector arrocero del cantón Yaguachi.

1.2.4 Área: Agrícola.

1.2.5 Delimitación Temporal: La presente investigación se limita a los años 2020-2025

1.2.6 Delimitación Espacial: Esta investigación se aplicará al sector arrocero, cantón Yaguachi, provincia del Guayas.

1.2.7 Tiempo de estudio: El experimento tomó aproximadamente 4 meses desde que se sembró el lote de arroz hasta que se tomaron los datos de rendimiento al finalizar la etapa fenológica del cultivo, donde una vez obtenida esta información fue tabulada y procesada para poder definir qué tratamiento fue el mejor en costo beneficio.

1.3 Formulación del problema

Gluconacetobacter diazotrophicus es una bacteria que tiene varios beneficios siendo los

más destacables: ser fijadora de nitrógeno y productora de sustancias que estimulan el crecimiento de las plantas como ácido indolacético, poseen otras propiedades como: antifúngicas y antibacteriales. También puede ser utilizado como controlador de fitopatógenos (*Colletotrichum falcatum*, *Xanthomonas albilineans*) y de nematodos (*Meloidogyne incognita*) (Giraldo, J, 2010).

Se ha logrado en laboratorio aislar cepas de *Gluconacetobacter diazotrophicus* que han mostrado un efecto agrobiológico positivo sobre diferentes cultivos de importancia económica de una diversidad de especies de plantas; llegando a ser considerada de que presenta la ventaja desde el punto de vista agroecológico de asociarse a especies vegetales con altos contenidos de azúcares, obteniéndose notables beneficios en relación a la ganancia de nitrógeno en las plantas como consecuencia de la capacidad nitro fijadora del microorganismo e incrementos en el rendimiento debido a la capacidad de producción de sustancias fisiológicamente activas que igualmente lo caracteriza (Cuellar, 2018). Por ese motivo, el uso de fertilizantes biorracionales basados en microorganismos impulsores de crecimiento vegetal como es la bacteria *Gluconacetobacter diazotrophicus* ha sido una alternativa muy eficiente y contundente para combatir la baja producción de los cultivos gracias a sus propiedades bioquímicas que la hacen interesantes para controlar plagas y estimular el crecimiento vegetal (Ríos, 2007); (Beltrán P, 2014).

1.4 Preguntas de investigación

¿Cuál es la incidencia de la bacteria *Gluconacetobacter diazotrophicus* en el número de macollos, altura de planta, longitud de espiga, porcentaje de granos llenos y peso de 1000 granos en del cultivo de arroz?

¿Cuál es el resultado del análisis económico de los tratamientos en función de los rendimientos?

¿Tiene algún efecto la bacteria *Gluconacetobacter diazotrophicus* en la cantidad de arroz producido?

1.5 Determinación del tema

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INOCULACIÓN DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO (*Gluconacetobacter diazotrophicus*) EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE ARROZ, CANTÓN YAGUACHI, PROVINCIA DEL GUAYAS

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

Evaluar la eficacia de la bacteria fijadora de nitrógeno (*Gluconacetobacter diazotrophicus*) en el rendimiento de la producción de arroz, provincia del Guayas.

1.6.2 Objetivos específicos

- Evaluar la incidencia de la bacteria fijadora de nitrógeno (*Gluconacetobacter diazotrophicus*) en el número de macollos, altura de planta, longitud de espiga, porcentaje de granos llenos y peso de 1000 granos en del cultivo de arroz.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en función de los rendimientos.
- Identificar la dosis más eficiente para la producción del cultivo de arroz de los tratamientos evaluados.

1.7 Hipótesis

El uso de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Gluconacetobacter diazotrophicus*) como fuente de fertilización, incidirá en la productividad del cultivo de arroz, en la zona del cantón Yaguachi.

1.8 Declaración de las variables

Tabla 1

VARIABLE	INDEPENDIENTE Causa	BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO (<i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i>)
	DEPENDIENTE Efecto	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INOCULACIÓN

Nota: Esquema de variables.

1.9 Justificación

El cultivo de arroz tiene importancia económica y social. El consumo de esta gramínea genera un movimiento económico superior a los 146 millones de dólares que empieza con el productor arrocero, luego el comerciante rural, pilador y/o agroindustrial, luego el comerciante mayorista y al final el consumidor (Viteri, 2016)

A inicios de la nueva década según el Ministerio de Agricultura y Ganadería en nuestro país se siembran 308,211 ha, con una superficie cosechada de 308,211 ha, aproximadamente con una producción general de 1`546.523,0 toneladas y un

rendimiento de 5,02 t/ha (MAG, 2020).

De total relevancia es conocer que el sector arrocerero representa alrededor del 12% del Valor Agregado Bruto Agropecuario en el país con un promedio de \$1.008,68 millones de dólares, el consumo interno domestico de la gramínea representa un 96% y el resto 4% se destina a exportación alrededor de \$40,35 millones de dólares (MAG, 2020).

Como dato importante el nitrógeno es el elemento mineral más importante para el crecimiento y desarrollo de los cultivos y no usarlo afecta directamente a la producción final, debido a que constituye principalmente en la estructura de las proteínas y por tanto en el crecimiento celular (Robertson & Vitousek, 2009).

El proceso de fijación biológica de nitrógeno es uno de los procedimientos biogeoquímicos más relevantes en la naturaleza debido a que permite el reúso del nitrógeno atmosférico y lo hace aprovechable para las plantas. Este procedimiento es llevado a cabo por bacterias de vida libre o en simbiosis con plantas (Burriss, 1945).

Se ha sugerido así, la idea de emplear procesos de ingeniería genética, con el fin de expresar la información génica, de estas bacterias benéficas, en la planta y aunque son algunos los alcances obtenidos, al menos en el Ecuador no sería posible la modificación de plantas para su comercialización, por lo que es de interés el encontrar de un microorganismo que se encuentre en el interior del vegetal y que tenga la oportunidad de ser inoculado en cultivos de relevancia económica (Shankaraiah, 2001).

Es así que la presente investigación propuso la aplicación de bacterias endófitas *Gluconacetobacter diazotrophicus* en el cultivo de arroz con dosis establecidas y en diferentes etapas del cultivo. Una vez en el suelo, esta simbiosis disminuirá su impacto ambiental, la incidencia de enfermedades, la erosión del suelo, elevará el rendimiento agro productivo de la industria arrocera y/o reemplazará las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados.

1.10 Alcance y limitaciones

1.10.1 Alcances

1.10.1.1 Mejora la concentración del nitrógeno en las plantas: el incremento de nitrógeno en la planta puede ayudar a mejorar la fotosíntesis.

1.10.1.2 Aumento de la eficiencia en el uso de nitrógeno: el aumento de la eficiencia en el uso del nitrógeno puede disminuir la necesidad de fertilizantes nitrogenados y bajar los costos de producción.

1.10.2 Limitaciones

1.10.2.1 Dependencias de las condiciones ambientales: pueden depender de las siguientes condiciones como la temperatura, humedad, y acidez del suelo.

1.10.2.2 Dependencia de la cepa de la bacteria: algunas bacterias pueden ser más efectivas que otras en la fijación de nitrógeno y en crecimiento de las plantas.

CAPITULO II: Marco teórico referencial

2.1 Antecedentes

El cambio climático causa graves impactos en la agricultura, el medio ambiente y la salud humana en todo el mundo. Los agroecosistemas se ven afectados por características del suelo como la materia orgánica, el procesamiento, reutilización y recuperación tomando medidas de reciclaje y la disponibilidad de nutrientes, la humedad y la disponibilidad de agua, lo que lleva a una baja productividad (Gora, 2019). Se espera que la población mundial alcance los 11 billones para finales de siglo, y se espera que el mayor crecimiento se produzca en los países en desarrollo de los trópicos. Este crecimiento demográfico aumentará el consumo per cápita y requerirá una mayor producción de alimentos. Este desafío nos obliga a buscar alternativas más eficientes en la producción de alimentos, reducir el desperdicio y optimizar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Laurance, 2014).

Incrementar el rendimiento de los cultivos es imperativo en América Latina porque el uso excesivo de fertilizantes químicos sintéticos reduce la fertilidad del suelo, afectando sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Bhatt, 2019). Se ha demostrado que el uso de microorganismos en la agricultura es útil para reducir los problemas asociados con el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas químicos (Russo, 2012), porque las bacterias del suelo desempeñan un papel importante de los nutrientes en el ciclo microbiano (Ingham, 1985).

El nitrógeno es un elemento mineral esencial para el crecimiento de las plantas, desarrollo de los cultivos y tiene un impacto directo en la producción final, ya que desempeña un papel clave en la estructura de las proteínas y, por tanto, en el crecimiento celular (Robertson, 2009).

La fijación biológica de nitrógeno es uno de los procesos biogeoquímicos más importantes que ocurren en la naturaleza porque permite que las plantas utilicen el nitrógeno atmosférico y les proporciona nitrógeno. Este proceso lo llevan a cabo bacterias que viven libremente o en simbiosis con plantas (Burriss, 1945).

Se descubrió que los biofertilizantes que contienen especies de *Pseudomonas* spp, *Candida* spp, *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens* aplicados en diferentes dosis de fertilizantes nitrogenados aumentaron los rendimientos de grano y paja de arroz (Cong, 2009).

Las bacterias fijadoras de nitrógeno (NFB) son los microorganismos más importantes involucrados en el proceso natural de fijar N₂ de la atmósfera en compuestos de N inorgánicos utilizados por las plantas (Kennedy & Islam, 2021).

Para minimizar el uso de fertilizantes químicos en los campos de arroz, se aplica tecnología de fijación biológica de nitrógeno. Este proceso biológico de fijación de nitrógeno puede ser llevado a cabo por bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre o simbióticas (Raimam, 2007). Estas bacterias interactúan con elementos nitrogenados y mejoran el crecimiento de los cultivos, el rendimiento (Mohammadi, 2012).

La hipótesis propuesta en este estudio es que el uso de la bacteria *Gluconacetobacter diazotrophicus* durante los primeros 15 días del cultivo del arroz creará una relación simbiótica en la planta huésped, ayudándola a obtener N a través de la fijación biológica de N₂ del aire al suelo para reemplazar los fertilizantes químicos nitrogenados. El propósito de este estudio fue evaluar la concentración de nitrógeno de las plantas, su altura, las diferencias en el número de brotes, la proporción de follaje, porcentaje de vaneamiento y el rendimiento con diferentes dosis de fertilizantes nitrogenados y suplementación con *Gluconacetobacter diazotrophicus*, en comparación a los métodos de tratamiento estándar en suelos aluviales de la provincia del Guayas.

2.2 Contenido teórico que fundamenta la investigación

2.2.1 Generalidades del Cultivo de Arroz

2.2.1.1 Origen

El cultivo del arroz *Oryza sativa* L. comenzó hace casi 10.000 años en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical, este es el alimento básico de más de la mitad de la población mundial. Ocupa el segundo lugar en el mundo en términos de superficie cosechada después del trigo. El arroz aporta más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereal (Acevedo *et al.* 2006).

India fue probablemente el primer país en empezar a cultivar arroz debido a que en ella existía mucho arroz silvestre. Pero el desarrollo del cultivo de arroz tuvo lugar en China, desde las llanuras hasta las tierras altas. Probablemente hubo muchas formas de introducir el arroz desde Asia a otras partes del mundo y es el resultado del cultivo y consumo mundial de este grano (Mota, 2014).

En Ecuador, las noticias sobre el arroz aparecieron en 1774, cuando se recogieron datos sobre rendimientos de arroz en las zonas de Yaguachi, Babahoyo y Baba de 30 qq, 100 qq y 200 qq, respectivamente. Curiosamente, en la región de Daule, que hoy es una zona típica productora de arroz, no se menciona el cultivo de este cereal, sino sólo los sistemas de producción ganaderos, de cacao y de algodón (INIAP, 1987).

La Segunda Guerra Mundial provocó el cierre de mercados en los países tradicionalmente productores de arroz, el aumento de los precios de los cereales y la entrada de Ecuador como nuevo productor internacional de este arroz. Además, la crisis del cacao estimuló la rápida expansión del arroz por las zonas tradicionales de la cuenca del Guayas (INIAP, 1987).

2.2.1.2 Clasificación taxonómica

Según Andrade, 1998, el arroz es una Fanerógama, tipo espermatofita, subtipo: Angiosperma:

Nombre Científico: *Oryza sativa* L

Nombre común: Arroz

Clase: Monocotiledóneas

Orden: Glumiflorae

Familia: Gramíneae

Subfamilia: Panicoideas

Tribu: Oryzeae

Subtribu: Oryzineas

Género: *Oryza*

Especie: *sativa*

2.2.1.3 Características morfológicas del arroz

El arroz es una gramínea de tallo redondo y hueco, formado por nudos y entrenudos, hojas planas unidas al tallo mediante vainas y ramas en forma de candelabro. En la unión entre la vaina y la hoja de arroz crece un cuello y aparecen dos estructuras completamente diferentes: una lígula o extensión de color blanca alargada, y dos aurículas, una en cada extremo, tiene forma de hoz peluda, extendiéndose alrededor del tallo. Las malas hierbas no tienen aurículas, pero pueden tener o no hojas de diversas formas, colores y tamaños. La presencia de lígulas y aurículas permite distinguir las plantas de arroz de la maleza en etapas muy tempranas como las plántulas (Olmos, 2006).

2.2.1.3.1 Raíces

Las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas es decir crecen en racimos. Tiene dos tipos de raíces: seminales, que crecen a partir de la radícula y son temporales, y raíces adventicias secundarias, que tienen la capacidad de ramificarse libremente y surgir de los nudos inferiores de los tallos jóvenes. El segundo tipo reemplaza las raíces seminales (Pinheiro, 2010).

Las primeras raíces del cultivo de arroz están constituidas por la raíz embrionaria (radícula) y una corona de raíces seminales, sirviendo principalmente en el anclaje de la plántula en el suelo, siendo temporal. Al principio del ahijamiento, las raíces primarias son sustituidas por las raíces secundarias (raíces adventicias) formadas en los nudos inferiores de los tallos jóvenes, siendo raíces gruesas, fibrosas, profundas y ramificadas, caracterizada por una mayor capacidad absorbente, las raíces alcanzan su máximo desarrollo al final del ahijamiento, dejando de absorber nutrientes cuando el grano se encuentra en estado lechoso. La raíz del arroz presenta una principal característica la de adaptarse en ambientes saturados de agua (anaerobios), debido a que posee canalículos (espacios intercelulares aeríferos), garantizando el aporte de oxígeno desde la parte aérea de la planta (Llunch, 2010).

2.2.1.3.2 Tallo

Según Franco, 2011, el tallo es cilíndrico con nudos y entrenudos y pueden alcanzar de 60 a 120 cm de longitud.

Algo similar a lo que Sánchez A, 2012, indica que el tallo es redondo y compuesto por nudos y entrenudos que se alargan durante la etapa vegetativa hasta la floración, alcanzando una altura de planta de 0,5 a 1,5 metros, a medida que la planta va madurando los entrenudos son huecos, de longitud y grosor variado, siendo más corto y grueso los de la parte basal, presenta paredes que se lignifican a medida que va teniendo mayor edad la planta. Posee cada nudo una hoja en cuya axila se encuentra una yema que puede originar un hijo. El número de hijos es variable en función de la variedad, pero sobre todo de las condiciones edafo-climáticas y de las prácticas de cultivo.

2.2.1.3.3 Hojas

Esta gramínea tiene como principal particularidad que a lo largo del tallo se distinguen la vaina, el limbo, lígula y aurículas, la última hoja de cada tallo se llama hoja bandera, envolviendo su vaina a la panícula, a medida que avanza el ciclo vegetativo de la planta,

las primeras hojas en desarrollo (hojas basales) van secándose, de forma que en floración quedan solo entre cinco y seis hojas verdes (Sánchez A, 2012).

Como se menciona arriba las gramíneas se caracterizan por contar con una lígula que aparece en la parte superior de la vaina en todas las variedades de arroz, alcanza dos centímetros de longitud, es membranoso y se parte a medida que se desarrolla, suele ser incoloro o coloreado de un tono rosa pálido o purpura. La aurícula se encuentra en la unión de la vaina y la lámina, en la cara convexa de cada una de ellas, por lo general se presentan dientes largos y delgados, el color va relacionado con la coloración del nudo (Rimache, 2010).

2.2.1.3.4 Flores

Se trata de hermafroditas de color verde blanquecino dispuestas en espiguillas cuyo conjunto después de la floración constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante (Fuentes, 2014).

2.2.1.3.5 Inflorescencia

Como se la conoce, es una panícula determinada situada sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula, y posee en dos lemas estériles, la raquilla y el flósculo (Fuentes, 2014).

De La Cruz, 2013, sostiene que la panícula es un grupo de espiguillas nacidas en el nudo superior del tallo. La espiga individual, presenta dos "glumas externas" (lemmas estériles) muy pequeñas, y todas las demás partes florales se encuentra entre ellas o por encima de ellas. Se desarrollan sobre el pedicelo, que las conectan con la rama de la panoja. El grano de arroz está constituido por ovario maduro, el lema y la pálea, la raquilla, los lemas estériles y las aristas cuando se encuentra el endospermo. El lema y la pálea, con sus 6 estructuras asociadas, constituyen la cáscara, y pueden retirarse mediante la aplicación de una presión giratoria.

2.2.1.3.6 Grano

La semilla de arroz es el ovario maduro que contiene al ovulo madurado y está cubierto con firmeza por la lemma y la palea fértil, pero no trabaja con ellas. La cascara del grano maduro está formada por una cubierta membranosa compuesta por la pared del ovulo o pericarpio, el tegumento interior y la nucela que están apretados entre sí en forma plana y algo compacta, el grano es ovalado oblongo, por lo general liso y brillante, blanquizo o blanco traslúcido, con o sin porción abdominal blanca, durante el proceso de maduración la espiguilla se vuelve más corta y turgente (Rimache, 2010).

El grano de arroz quitada la cascara (cariósipide) con el pericarpio pardusco (piel de color marrón claro) se conoce como arroz café; el grano de arroz sin cáscara con un pericarpio o piel roja, es el arroz rojo (Fuentes, 2014).

Tabla 2

Respuestas del arroz a la variación de temperatura en diferentes estados de desarrollo

Etapas de Desarrollo	Temperaturas Críticas (°C)		
	Baja	Alta	Óptima
Germinación	10	45	20 -- 35
Emergencia y Establecimiento	12 -- 13	35	25 -- 30
Enraizamiento	16	35	25 -- 28
Elongación de Hojas	7 -- 12	45	31
Macollamiento	9 -- 16	33	25 -- 31
Iniciación de Panículas	15	38	
Diferenciación de Panículas	15 -- 20	35	
Antesis	22	30	30 -- 33
Maduración	12 -- 18		20 -- 25

Fuente: Dávila, 2014

2.2.1.4 Variedades más comunes del cultivo de arroz en el Ecuador.

Existen variedades superiores de arroz que permiten a los agricultores superar sus producciones de manera más productiva a costos unitarios más bajos. Las nuevas variedades de arroz también son amigables para el medio ambiente porque reducen el uso de pesticidas y disminuyen la necesidad de utilizar nuevas tierras para la producción de arroz. Algunas variedades de arroz se presentan en la Tabla 1. (Barragán, 2003).

Tabla 3

Variedades de Arroz

INIAP 11	SFL - 09
INIAP 14	SFL - 11

Fuente: INDIA, 2012

Gonzales Huiman, 2016, comenta que en general el ciclo vegetativo y reproductivo de las diferentes especies de arroz que se cultivan actualmente varía de 120 a 140 días desde el inicio que es la germinación hasta a la cosecha del grano que es cuando se

colecta todo lo sembrado, pero sin embargo actualmente se encuentran variedades de arroz con 105 días a la cosecha que serían rápidos con rendimientos aceptables. Normalmente cuando las temperaturas son bajas durante la fase vegetativa, el período de desarrollo del cultivo puede alargarse al bajar su proceso de fotosíntesis por unos días más hasta 5 meses (150 días).

2.2.1.5 SFL 11

INDIA, 2016, comenta que, la variedad SFL-11 se cultiva en suelos de fácil absorción de agua o fácil drenaje. Guayas, Manabí, Los Ríos y El Oro. El ciclo de crecimiento es de 127 a 131 días para siembra de voleo, 117 a 140 días para trasplante, altura de la planta 126 cm, semillas largas, 67% de semilla entera intacta al pilar, lactancia de la semilla de 7 a 8 semanas, desgrane intermedio. El número de plantas para siembra directa (sembradora) es de 80 kg/ha de semilla certificada, para siembra directa (voleo) es de 100 kg/ha de semilla y para siembra de plántula trasplante es de 45 kg/ha de semilla. Además, aplicar 150-200 g de semillas/m² al lecho. Tomando en cuenta que las condiciones sean regulares, los rendimientos esperados son de 4.300 a 8.000 kg/ha en condiciones de riego y de secano (cascarilla de arroz con un 14 % de humedad) y de 5.000 a 9.000 kg/ha en condiciones de riego.

2.2.1.6 Importancia económica y distribución geográfica

En el país, la mayor superficie de cultivo de arroz se encuentra en la costa, pero también se cultiva en las estribaciones de los Andes y la cuenca del Amazonas, pero en pequeñas cantidades. Sólo las dos provincias, Guayas y Los Ríos representan el 83% de la superficie de pastos del Ecuador. Otras provincias importantes en cuanto a cultivo son Manabí con 11%, Esmeraldas, Loja y Bolívar 1% cada una; El 3% restante se trasladó a otras provincias (Ormaza, 2011).

Haciendo de este cultivo uno de las más importantes del país; mientras que, en la comunidad andina, Ecuador es el país con mejores factores ambientales para el cultivo de arroz (Hurtado, 2007), lo que demuestra que el arroz se adapta a muchas condiciones diferentes del suelo. Sin embargo, las condiciones ideales para una buena cosecha son: pH 6,0–7,0, buen contenido de materia orgánica (más del 40%), terreno plano, capa superficial del suelo profunda (más de 25 cm) y buena capacidad de drenaje superficial. La temperatura crítica para el arroz suele ser inferior a 20°C y superior a 30°C y varía según la etapa de desarrollo de la planta de arroz. con una mayor superficie sembrada con este cultivo (Livinsthone, 2006).

Figura 1

Principales productores mundiales de arroz elaborado



Fuente: Estadística, 2019

2.2.1.7 Preparación del terreno

La preparación del suelo se realiza en condiciones de suelo seco e inundado. En el primer caso se utiliza una combinación de arado, romplow, rastra vertical y rastra horizontal, en el segundo caso se utiliza el "fangueo", que consiste en compactar el suelo previamente inundado con una cultivadora o tractor equipado con cestas de hierro que reemplazan a las llantas (Secretaría de Agricultura, 2003).

2.2.1.8 Métodos de siembra

El arroz se cultiva de dos formas: directa e indirecta. El sistema de siembra directa consiste en colocar las semillas directamente en el suelo sin ninguna manipulación previa a la siembra. Por otro lado, la siembra indirecta consiste en colocar semillas en un vivero o parterre con el único fin de crear plántulas. Después de pasar un tiempo en el vivero, estas plántulas se trasladan al campo definitivo (Tinoco R, 2009).

Ecuador utiliza los siguientes métodos de siembra: Siembra directa con máquina (sembradora), la distancia entre hileras es de 0,18 m, la siembra de semillas en suelo seco se puede realizar de muchas maneras (Heros, 2013).

- Voleo manual: en la que el operador debe tener experiencia suficiente en la distribución uniforme de las semillas en el suelo.

- Al voleo con maquina: Impulsado por una máquina accionada por descarga eléctrica del eje del tractor o tracción manualmente.
- Con sembradora fina o sembradora múltiple de granos pequeños o cerealera.

El trasplante se utiliza cuando el método de trasplante requiere de 30 a 50 kg de semilla para crear un lecho para una hectárea. Distancia de plantación de plántulas: 0,30 x 0,20 m; 0,25x0,25m.

2.2.1.8.1 Requerimientos edafoclimáticos del arroz.

Donde se obtienen los mejores resultados vienen siendo en los climas húmedos tropicales, cultivándose también en las regiones húmedas de los subtrópicos, en climas templados y mediterráneos, se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2 500 msnm. El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13 °C, considerándose su óptimo entre 30 y 35 °C, y lo negativo por encima de 40 °C donde no se produce la germinación. El desarrollo del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo exigible de 7 °C, teniendo en cuenta que su óptimo se encuentra en los 23 °C, con temperaturas superiores a ésta, las plantas aceleran su crecimiento, pero los tejidos se hacen demasiado blandos, susceptibles e inconsistentes, siendo más vulnerables a los ataques de enfermedades. El espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días, el mínimo de temperatura para florecer se considera de 15 °C, el óptimo de 30 °C, por encima de 50 °C no se produce la floración (Merci, 2011).

Existen temperaturas que afectan a la planta de arroz, que están generalmente por debajo de 20 °C y superiores a 30 °C, variando según el estado de desarrollo de la planta. La temperatura es fundamental para el crecimiento, floración y productividad del cultivo de arroz, cada etapa fenológica tiene su temperatura crítica, óptima, mínima y media, este cultivo por lo general depende de temperaturas relativamente elevadas para la germinación y maduración, uniformemente creciente antes de la floración (antesis) (Moran, 2012).

Los rayos solares son la fuente de energía para el proceso fotosintético y la evapotranspiración, siendo fundamental para obtener buenos rendimientos, la sombra durante las etapas reproductivas tiene serios efectos sobre el número de espiguillas. Los arroces con tallos y hojas erectas que evitan el sombreado recíproco y así interceptan más luz solar, tienen una mejor fotosíntesis terminando con resultados favorables. Para potencializar el rendimiento bajo un régimen de manejo óptimo, la época de siembra debe ser seleccionada de modo que el cultivo reciba altos niveles de radiación solar en las etapas reproductivas y de maduración (FAO, 2009).

2.2.1.8.2 Potencial de hidrógeno (pH).

El arroz en nuestro medio tiene como necesidad para desarrollarse adecuadamente de suelo arcilloso, franco arcilloso o franco limoso, con buen drenaje y un pH de 6,5 a 7,5 (Villavicencio, 2008).

Todos los suelos en general varían su pH hacia la neutralidad pocas semanas después de la inundación, el pH de los suelos ácidos aumenta con la inundación, mientras que para suelos alcalinos ocurre algo diferente, el pH óptimo para el arroz es 6,6; pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica y la disponibilidad de fósforo son altas. Además, las cantidades de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos están por debajo del nivel tóxico (Infoagro, 2010).

2.2.1.9 Manejos de riego

Existen muchos sistemas diferentes de producción de arroz basados en el método apropiado para satisfacer de manera más efectiva las necesidades de agua al cultivo. A nivel comercial, el arroz se cultiva en zonas de regadío y de secano. Cuando se cultivan plantas bajo riego, la gente suele utilizar un sistema de riego por inundación para mantener las plantas sumergidas entre 2 y 4 pulgadas de agua (O., 2015).

Esta planta no sufre daños por ahogamiento porque se considera una gramínea semiacuática (Olmos, 2006). Según Jara E, 2014, este sistema de producción arroja un rendimiento promedio de grano de 6,5 a 7 toneladas/ha en parcelas experimentales.

Otro sistema de producción popular es el llamado sistema de secano. El principio del arroz de secano es utilizar el agua de lluvia para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos. Este cultivo requiere una precipitación mínima anual de 1500 mm o un suministro de agua en invierno de al menos 1000 mm (SAG, 2003). Sin embargo, si el agua de lluvia no proporciona a la planta la cantidad mínima de lluvia, se puede complementar el requerimiento de agua agregando agua de una fuente suplementaria. En este caso, el sistema de producción de secano se denomina secano favorecido. En Honduras, los rendimientos del arroz de secano oscilan entre 2,7 y 3,5 toneladas/ha (Jara E, 2014.).

El riego por goteo es un sistema tradicional utilizado para cultivar maíz, sorgo, caña de azúcar, soya, frijol y otros cultivos, pero actualmente no existe investigación ni producción comercial de arroz utilizando este sistema de riego. Al implementar un sistema de riego por goteo para arroz, el suelo debe estar 100% saturado con agua. (C., 2017). Las razones para utilizar el riego por goteo en la agricultura se basan en tres

argumentos principales. Bajos suministros de agua y altos costos del agua, altas emisiones contaminantes del arroz inundado y entre 10 y 20 veces más absorción de arsénico, un metal pesado y tóxico que se acumula en el arroz inundado que en otros granos de otras tazas (Bastías JM, 2016).

2.2.1.10 Tipos de fertilización que requiere el cultivo

Los principales factores tecnológicos que contribuyen al aumento de la productividad logrado en las últimas décadas incluyen el uso intensivo de fertilizantes. Aunque el mejoramiento genético ha aumentado el potencial de producción de los cultivos, el uso de fertilizantes combinado con riego y control químico ha ayudado a aprovechar este potencial. Sin fertilizantes, el rendimiento de las variedades o cultivares mejorados será menor que el rendimiento de las variedades tradicionales (criollas). Con esta adición, es difícil separar el efecto de los fertilizantes en los cultivos de otras tecnologías utilizadas. Sin embargo, se estima que alrededor del 44% del aumento del rendimiento de cereales observado entre 1961 y 1990 se debió al uso de nitrógeno; Este efecto es más fuerte en los países en desarrollo (Byrnes & Bumb, 1988).

De hecho, es el principal elemento mineral utilizado en los fertilizantes agrícolas, y su uso en la agricultura mundial ha aumentado un 36% en los últimos 20 años, mientras que el uso de fósforo (P) ha aumentado sólo un 4% y potasio (K) permanecen relativamente estables (FAOSTAT., 2001).

El N es un componente esencial de los aminoácidos, los ácidos nucleicos y la clorofila. Promueve un crecimiento rápido (aumenta el tamaño de la planta y el número de macollos), aumenta el tamaño de las hojas, el número de espiguillas por panoja, el porcentaje de espiguillas completas y el contenido de proteínas en las semillas.

Se necesita N durante toda la temporada de crecimiento, pero la mayor necesidad ocurre durante las etapas tempranas de la panoja y mediados de macollamiento. Es necesaria una suplementación suficiente de nitrógeno durante la maduración de las semillas para ralentizar el envejecimiento de las hojas, favorecer la fotosíntesis durante la producción de semillas y aumentar el contenido de proteínas en el grano.

El N se mueve a través de la planta a medida que pasa de las hojas más viejas a las más jóvenes, y los síntomas de deficiencia de N a menudo aparecen primero en las hojas inferiores (Dobermann y T. Fairhurst, 2005).

2.2.1.11 Necesidades nutricionales

El arroz tiene los siguientes requerimientos nutricionales: macronutrientes que incluyen N, P, K, Ca, Mg y S y micronutrientes que incluyen Bo, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn. El nitrógeno es el elemento que tiene mayor impacto cuando está presente en cantidades inadecuadas, niveles excesivos de nitrógeno provocan un crecimiento excesivo de las plantas y una floración deficiente, así como un excesivo acame (Mota S. , 2014).

2.2.1.12 Tipos de fijación de nitrógeno

Existen dos tipos de fijación de nitrógeno:

2.2.1.12.1 Abiótica

La fijación abiótica incluye procesos químicos espontáneos que producen óxidos debido a la combustión de compuestos orgánicos. Una forma de fijación abiótica se produce mediante descarga eléctrica u oxidación inducida por rayos, que produce óxidos de nitrógeno. Otro proceso abiótico de fijación de nitrógeno es la producción de cianamida. Este proceso se logra transfiriendo nitrógeno atmosférico a través de cianuro de calcio caliente (Restrepo., 2006).

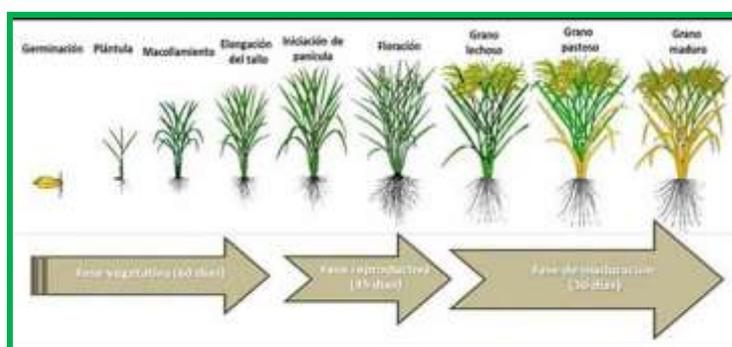
2.2.1.12.2 Biológica

La fijación biológica de nitrógeno la llevan a cabo varios organismos que pueden utilizar directamente el nitrógeno atmosférico a través de bacterias. Las bacterias en simbiosis con la planta huésped fijan nitrógeno del aire, es decir, producen compuestos solubles en plantas, como el amoníaco. Luego, el amoníaco ingresa a la cadena alimentaria mediante combinación con aminoácidos y proteínas (Zeiger., 2006).

2.2.1.13 Fases Fenológicas

Figura 2

Fase vegetativa del cultivo de arroz



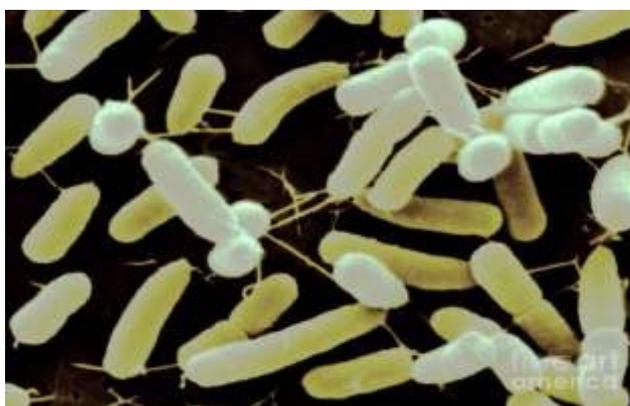
Fuente: Modificado de www.irri.org

2.2.2 Características de la Bacteria

Nombre comercial:	Por definir
Composición:	<i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> 1x10 ⁹ CFU/g
Estado físico:	Polvo Mojable de color blanco crema
Dosis a probar	200gr -300gr – 450gr – 600gr
Fabricante y/o formulador	AgriLife
País de origen	India

Figura 3

Bacteria Gluconacetobacter diazotrophicus



Fuente: SCIMAT, Abril, 2016

2.2.2.1 Modo y mecanismo de acción

Gluconacetobacter diazotrophicus (figura 3) es una bacteria endofítica que, como parte de sus propiedades metabólicas, posee mecanismos directos e indirectos para estimular el crecimiento de las plantas. La acción estimula el crecimiento de "*Gluconacetobacter diazotrophicus*" se asocia con diversas características del microorganismo, que enfatizan la fijación biológica de nitrógeno y la capacidad de producir diversas fitohormonas, principalmente ácido indolacético (Restrepo GM, 2017).

La solubilización de minerales como fósforo, zinc, hierro y manganeso también puede contribuir a estimular el crecimiento bacteriano en las plantas, además de tener un efecto antagónico, que se ha demostrado que está asociado con muchos tipos diferentes de patógenos vegetales.

La diversidad y número de bacterias de la rizosfera es muy alta, provocando una intensa competencia por los nutrientes en este ambiente (rizosfera), y por tanto, su disponibilidad es limitada. Sobre esta base, se concluye que las bacterias endófitas

pueden tener cierta ventaja competitiva sobre las bacterias de la rizosfera, debido a la mayor disponibilidad de nutrientes en las plantas y al número de microorganismos endófitos menor que las bacterias de la rizosfera (James, 2000).

Por otro lado, las bacterias endofíticas están mejor protegidas que las bacterias de la rizosfera contra condiciones ambientales desfavorables (Reinhold-Hurek, 1998). Debido a que las bacterias endofíticas están en estrecho contacto con las plantas, pueden proporcionar beneficios más directos al huésped que las bacterias de la rizosfera. Por ejemplo, pueden liberar fitohormonas en las plantas y/o protegerlas de los efectos de patógenos vegetales.

Se ha demostrado que ciertas fitohormonas, como el ácido indolacético, producidas por microorganismos de la rizosfera pueden aumentar la superficie de las raíces, ayudando a las plantas a absorber mejor los nutrientes (Okon, 1994).

La protección puede resultar de efectos antagónicos debido a la producción de sustancias que inhiben el crecimiento de patógenos (Muthukumarasamy, 2000) o de la inducción de respuestas similares de defensa de las plantas contra patógenos intracelulares. a lo que se observa en algunas rizobacterias (Pieterse, 1999).

También se cree que el interior de las plantas es un ambiente favorable para la ocurrencia de FBN porque este ambiente es bajo en oxígeno y relativamente rico en fuentes de carbono (James E. K., 1998). Por lo tanto, las bacterias endofíticas diazotróficas pueden fijar N_2 y liberarlo directamente en las plantas (Döbereiner J. V., 1993), satisfaciendo parcialmente sus necesidades de nitrógeno (Boddey, 1995).

Los géneros *Acetobacter*, *Gluconacetobacter* y *Acidomonas* son capaces de oxidar completamente el etanol y el lactato a CO_2 y H_2O (Swings, 1992). Aunque el género *Gluconacetobacter* comparte la capacidad de oxidar etanol con otros miembros de la familia Acetobacteraceae, es el único género actualmente reconocido dentro de la familia que contiene especies capaces de fijar nitrógeno atmosférico (Swings, 1992).

El crecimiento óptimo de *Gluconacetobacter. diazotrophicus* se produce a una temperatura de $30^\circ C$ en un medio que contiene un 10% de sacarosa y un pH de 5,5. Sin embargo, estas bacterias pueden crecer en concentraciones de sacarosa de hasta el 30% (Cavalcante, 1988).

Las especies de *Gluconacetobacter. diazotrophicus* pueden utilizar glucosa, fructosa o sacarosa como única fuente de carbono, produciendo ácidos a partir de estos sustratos (Fuentes-Ramírez, 2001).

El descubrimiento de bacterias endofíticas capaces de fijar N_2 , como *Gluconacetobacter diazotrophicus* (1988), abrió un nuevo capítulo en el estudio de la fijación de nitrógeno y las interacciones planta-bacteria en plantas no leguminosas. La colonización endofítica de la caña de azúcar por *Gluconacetobacter diazotrophicus* proporciona un sistema modelo para la asociación beneficiosa entre especies bacterianas monocotiledóneas y diazotróficas. La investigación sobre bacterias endofíticas fijadoras de N_2 ha cobrado ahora un impulso significativo gracias a conocimientos innovadores sobre el potencial agrobiotecnológico de *Gluconacetobacter diazotrophicus*. Las características consideradas incluyen el hábitat endofítico y la capacidad de fijar N_2 en presencia de nitrato (Cavalcante y Dobereiner, 1988), así como el crecimiento superior de *Gluconacetobacter diazotrophicus* en condiciones in vitro similares a las de la caña de azúcar (Boddey R. M., 1991).

Esto significa que en el caso de *Gluconacetobacter diazotrophicus* criándose dentro de plantas de caña de azúcar, la competencia por nutrientes por un lado será menor que en el ambiente de la rizosfera, por otro lado, puede haber una abundante fuente de carbono, producto de este proceso de fotosíntesis por FBN, incluso cuando las plantas sean fertilizadas con este elemento. El nitrógeno producido por la PBN se liberará directamente en los tejidos vegetales, que lo utilizarán para satisfacer al menos parte de sus requerimientos en términos de síntesis de macromoléculas esenciales.

El potencial de la biotecnología agrícola se amplió cuando *Gluconacetobacter diazotrophicus* es capaz de liberar eficientemente el 50% del nitrógeno fijado (Cojho, 1993) y también produce diversas auxinas, especialmente ácido indolacético y citoquinina (Jiménez-Salgado, 1994), las cuales pueden tener efectos directos sobre la fisiología de las plantas e influir en el crecimiento de la caña de azúcar.

En el caso de la caña de azúcar, en Brasil (a diferencia de otros países del mundo) la mayoría de las variedades de caña de azúcar responden mal a los fertilizantes nitrogenados, el potencial FBN de las variedades más eficientes alcanza el 70% de las necesidades del cultivo (Urquiaga, 1992). Aunque se han identificado otros microorganismos como bacterias fijadoras de N_2 , que parecen ser endógenos de la caña de azúcar, ninguno, con excepción de *Gluconacetobacter diazotrophicus*, ha demostrado la capacidad de proporcionar una porción significativa en el cálculo de la cantidad de nitrógeno que necesitan las plantas.

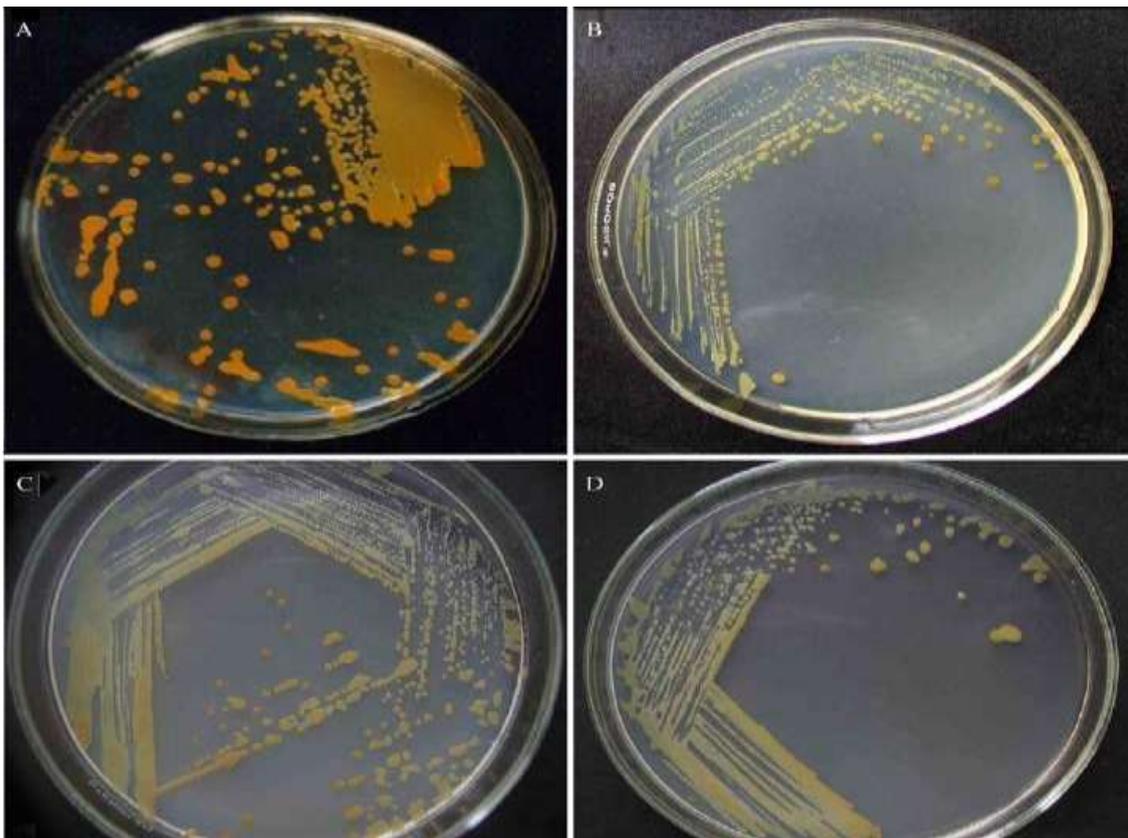
(Sevilla, 1998) demostraron que *Gluconacetobacter diazotrophicus* promueve el crecimiento de la caña de azúcar a través de la fijación de N_2 y otro mecanismo, sugiriendo que la síntesis de ácido indolacético es el factor responsable. A diferencia de

los datos publicados por Sevilla y colaboradores (Sevilla M. a., 1999), los resultados de un experimento en invernadero realizado durante 6 meses no mostraron ningún efecto sobre el crecimiento de plantas de caña de azúcar micropropagadas inoculadas con siete cepas diferentes de *Gluconacetobacter diazotrophicus*, con excepción de las plántulas inoculadas con una de las cepas (PAL 3), mostrando mayor altura estadísticamente significativa en comparación con las plántulas testigo (Caballero-Mellado, 1995).

Las diferencias entre los resultados observados en los experimentos de vacunación informados pueden deberse a diferentes condiciones experimentales. (figura 4)

Figura 4

Aislamiento de bacterias endofíticas *Gluconacetobacter diazotrophicus* luego de 72 h



Fuente: ResearchGate, febrero, 2004

2.2.2.2 Condiciones que afectan la fijación de nitrógeno en *Gluconacetobacter diazotrophicus*

Ciertas condiciones ambientales en las que prosperan las bacterias diazótrofos pueden afectar su capacidad para fijar nitrógeno, como la presencia de oxígeno y amonio. Se ha observado que el efecto del oxígeno sobre la actividad de la nitrogenasa depende del suministro de carbono y de la tasa de respiración celular (Kirchhof, 1997). Los estudios han confirmado que grandes dosis de fertilizantes nitrogenados aplicados a la caña de azúcar afectan a las poblaciones de *Gluconacetobacter diazotrophicus* que se encuentran en diversos cultivares de caña de azúcar cultivados en Brasil e India (Muthukumarasamy R. G., 1999).

Se encontró que el nitrógeno aplicado en forma de NH_4NO_3 afecta la capacidad de *Gluconacetobacter diazotrophicus* para colonizar las plantas. El nitrógeno no parece tener un efecto directo sobre las bacterias, sino que actúa a través de la planta debido a los importantes cambios que provoca en su fisiología (Fernández, 1995). Por ejemplo, se han observado variaciones en la concentración de sacarosa en la caña de azúcar dependiendo de la variedad y forma de nitrógeno utilizado (Pelaez Abellan, 1994).

CAPÍTULO III: Diseño metodológico

3.1 Tipo y diseño de investigación

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). Conformado por 10 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones. (figura 5)

3.1.1 Croquis del diseño de campo

Figura 5

Croquis

Nota. Croquis del ensayo autores Tovar y Ronquillo, 2024

3.2 La población y la muestra

La población tiene un área total de 900 metros cuadrados formadas de 30 unidades experimentales como muestras.

3.2.1 Características de la población

Se sembró la variedad de arroz SFL-11 por sistema de siembra indirecta (trasplante), realizando labores complementarias para mantener el desarrollo fisiológico de las plantas.

3.2.2 Delimitación de la población

Diseño	Indicaciones
Área total del ensayo	15 m de ancho por 60 m de largo: 900 m ²

Es el resultado de la multiplicación del número de unidades experimentales por el área de unidades experimentales.

Numero de tratamientos	10
Numero de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	30

Cada unidad experimental es considerada como tratamiento individual.

Área de cada UE	5 m de ancho por 6m de largo:30 m ²
------------------------	--

El área de cada unidad experimental está dada por 5 metros de ancho por 6 metros de fondo.

Área útil de cada UE	4m de ancho por 5m de largo:20 m ²
-----------------------------	---

El área neta, es considerada como el área real evaluada dejando fuera los bordes que pudiesen estar alterados por el efecto deriva de los ensayos aledaños.

Distancia entre bloques	1m
Distancia entre hileras	0,30 m
Distancia entre plantas	0,20 m
Numero de plantas por UE	480
Total de plantas del ensayo	14400

Es el resultado de la multiplicación del número de plantas por unidad experimental por el número de unidades experimentales.

3.2.3 Tipo de muestra

Tabla 4
Tipo de muestra

		1ERA APLIC 5 DIAS DESPUES DEL TRANSPLANTE	2DA APLIC 15 DIAS DESPUES DE LA 1ERA APLIC	3ERA APLIC 20 DIAS DESPUES DE LA 2DA APLIC
T1	BFN	100	100	100
	UREA	100	50	50
T2	BFN	150	150	150
	UREA	100	50	50
T3	BFN	100	100	
	UREA	100	100	0
T4	BFN	150	150	
	UREA	100	100	0
T5	BFN			
	UREA	100	50	50
T6	BFN			
	UREA	100	100	
T7	BFN	100	100	100
	UREA			
T8	BFN	150	150	150
	UREA			
T9	BFN	200	200	200
	UREA			
T10		ABS	ABS	ABS

Nota. Tabla de muestras y aplicaciones autores Tovar y Ronquillo, 2024

3.2.4 Tamaño de la muestra

Para el tamaño de la muestra se seleccionaron 20 metros cuadrados en el parte central de las parcelas con el fin de evitar el efecto borde.

3.2.5 Proceso de selección de la muestra

Para la selección de las muestras se tomó 1 metro cuadrado del centro de cada tratamiento, tomando un total de 30 metros cuadrados de toda la unidad experimental.

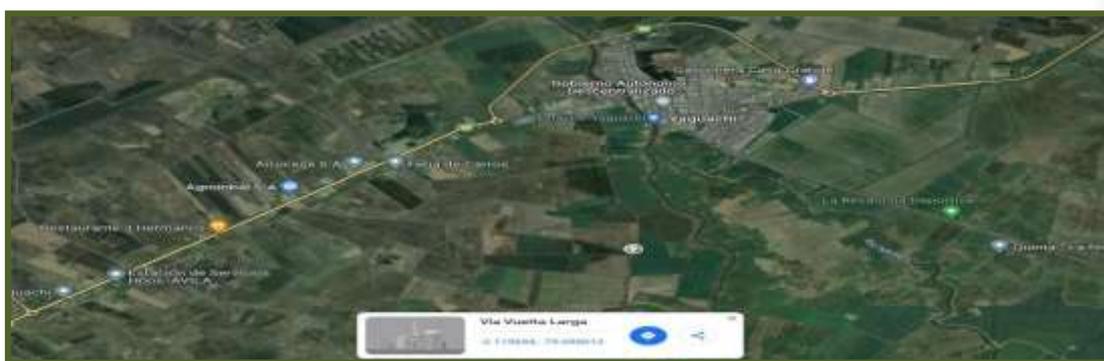
3.3 Los métodos y las técnicas

3.3.1 Ubicación del cultivo.

El presente trabajo de investigación se realizó para el sector rural, km 2 en la vía Yaguachi – Vuelta larga perteneciente al cantón Yaguachi ubicado en la región Costa, (figura 6) en el centro este de la provincia del Guayas a los 20 días del mes de septiembre del 2023. El lote está a una altura de 8 msnm, con una temperatura promedio de 31^o y con una precipitación anual promedio de 1750mm, en el cual tendrá como objetivo evaluar la sustentabilidad ambiental, económica y social del sistema productivo del arroz con el uso de la bacteria *Gluconacetobacter diazotrophicus* en la zona de Yaguachi provincia del Guayas. Esto conllevará a la generación de alternativas que permitan mejorar la productividad, recuperar los suelos degradados y también reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Figura 6

Ubicación del ensayo



Nota. Mapa de ubicación, Google Maps

3.3.2 Fase de campo

El manejo del cultivo de arroz se lo realizará de forma convencional, tal como lo realizan los productores de la región. El lote original de sabana nativa será dividido en 30 parcelas experimentales de 30m² cada una. Para la preparación del suelo se realizará 2 pases de romplow para oxigenar e incorporar toda la materia orgánica presente en el lote, luego se llenará con agua para proceder al fangueo y nivelación del suelo. Luego al cabo de 5 días se realizará la demarcación de las unidades experimentales mediante parrillas (muros de tierra) con el fin de al aplicar los tratamientos no exista contaminación en los mismos, 2 días luego se procederá al trasplante de arroz. Una vez trasplantado el arroz pasado 5 días aún con lámina de agua se realizará la aplicación de los

herbicidas para que las malezas no afecten en la absorción del N por las plantas de arroz.

3.3.3 Etapa de aplicación y evaluaciones

La aplicación de los tratamientos se la realizará en etapa de plántula, 5 días después de la aplicación de los herbicidas para el control de malezas, con el fin de que se optimice el trabajo de las bacterias fijadoras de nitrógeno y que el cultivo empiece su macollamiento desde el inicio.

Las evaluaciones estarán proyectadas a los 60 y 110 días (tabla 5) después de la siembra en donde a los 60 días se realizarán evaluaciones de altura de planta, número de macollos por m² y porcentaje de concentración de N en la planta; y a los 110 días se tomarán los datos de altura de planta final, número de macollos por m², longitud de espiga, número de granos llenos y peso de espiga.

Tabla 5
Protocolo de Trabajo

ACTIVIDAD	Mes	S	S	S	S	O	O	O	O	O	N	N	N	N	D	D	D	D	E	E	E	E	
	Semana	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4
Elaboración de protocolo		x																					
Revisión de protocolo		x																					
Visita preliminar en campo		x	x																				
Implementación de ensayo			x																				
Siembra del cultivo				x																			
Aplicación de tratamientos					x																		
1era evaluación												x											
2da evaluación																					x		
Cosecha																						x	

Nota. Protocolo de Trabajo autores Tovar y Ronquillo, 2024

3.4 Procesamiento estadístico de la información.

Para el análisis de los resultados de la bacteria *Gluconacetobacter diazotrophicus* aplicados en el cultivo de arroz, se realizó mediante el programa estadístico infoStat versión 2020, los cuales proporcionan información clara y ordenada en relación a las concentraciones de cada tratamiento. Dentro del programa estadístico InfoStat se desarrolló un análisis de diseño completamente al azar (DCA).

CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados

4.1 Análisis de los resultados

4.1.1 Análisis de los resultados de números de macollos por planta

4.1.1.1 Análisis de los resultados de número de macollos de la primera evaluación

Mediante la prueba de Shapiro -Wilk se determinó que los datos son paramétricos con un p-valor mayor a 0,05, para posterior realizar las pruebas de ANOVA.

En el análisis de varianza se relacionan los diferentes tipos de tratamientos para determinar cuál sería el más apropiado con relación el número de macollos por planta en el mismo análisis se presenta un Fisher de 10,33 con un p-valor menor al 0,001, lo cual indica la diferencia estadísticamente significativa en la concentración utilizada en el tratamiento, es decir al menos un tratamiento es diferente.

Tabla 6

Análisis de varianza de número de macollos de la primera evaluación

F.V.	SC	G I	CM	F	Valor p
Modelo	1758,59	9,0	195,40	10,33	<0,0001
TRATAMIENTO	1758,59	9,0	195,40	10,33	<0,0001
Error	2649,20	140,0	18,92		
Total	4407,8	149			

Nota. Tabla de análisis de varianza (sc tipo1) autores Tovar y Ronquillo, 2024

En la prueba ANOVA post hoc de Duncan con 5% de significancia se muestran 10 tratamientos, el análisis de varianza para la variable macollos primera evaluación a los 60 Días después de la siembra (Tabla 7) indica que se presenta diferencias estadísticas entre tratamientos, el tratamiento que presenta mayor número de macollos por planta es el tratamiento T5 con una media de 29,1 macollos por planta que corresponde al tratamiento que lleva solo urea (200kg en 3 aplicaciones), seguido de los tratamientos T1 y T2 que si llevan BFN en cantidades de 300gr y 450gr en 3 aplicaciones y el tratamiento T10 (Testigo absoluto) el cual obtuvo menor número de macollos.

Tabla 7

Análisis de varianza de número de macollos de la primera evaluación

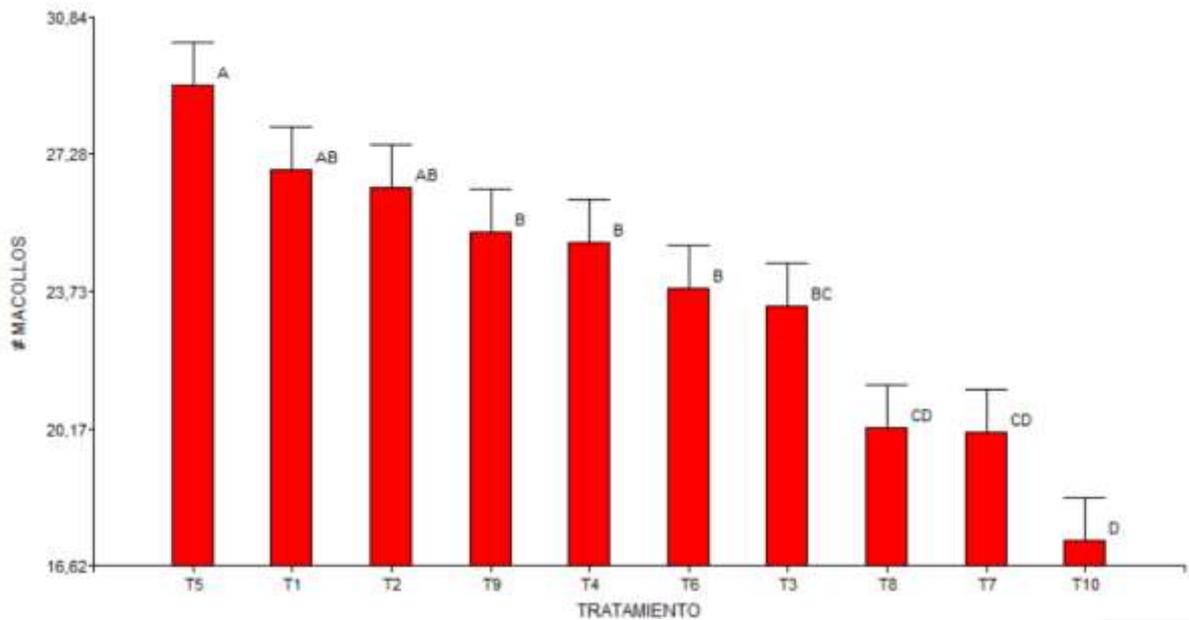
TRATAMIENTOS	Casos	Medias	Grupos Homogéneos
T5	15	29,1	A
T1	15	26,9	A B
T2	15	26,4	A B
T9	15	25,3	B
T4	15	25,0	B
T6	15	23,8	B
T3	15	23,3	B C
T8	15	20,2	C D
T7	15	20,1	C D
T10	15	17,3	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Nota. Análisis de prueba ANOVA post hoc de DUNCAN autores Tovar y Ronquillo, 2024

Figura 7

Gráfica de resultados de número de macollos en cada tratamiento primera evaluación



Nota. Análisis estadístico autores Tovar y Ronquillo, 2024

4.1.1.2 Análisis de resultados de número de macollos por planta de la segunda evaluación.

Mediante la prueba de Shapiro -Wilk se determinó que los datos son paramétricos con un p-valor mayor a 0,05, para posterior realizar las pruebas de ANOVA.

En el análisis de varianza se relacionan los diferentes tipos de tratamientos para determinar cuál sería el más apropiado con relación el número de macollos por planta. En el mismo análisis se presenta un Fisher de 3,16 con un p-valor mayor al 0,001, lo cual indica que no hay diferencia estadísticamente significativa en la concentración utilizada en los tratamientos.

Tabla 8

Análisis de varianza de número de macollos de la segunda evaluación

F.V.	SC	GI	CM	F	Valor p
Modelo	742,80	9,0	82,53	3,16	0,0012
TRATAMIENTO	742,80	9,0	82,53	3,16	0,0012
Error	6797,18	260,0	26,14		
Total	7540,0	269			

Nota. Tabla de análisis de varianza (sc tipo1) autores Tovar y Ronquillo, 2024

Y en este trabajo en la prueba ANOVA post hoc de Duncan con 5% de significancia se muestran 10 tratamientos, el análisis de varianza para la variable macollos segunda evaluación a los 110 días después de la siembra (Tabla 9) indica que no presenta diferencias estadísticas entre tratamientos, pero si existe tratamiento que presenta mayor número de macollos por planta que es el tratamiento T2 con una media de 24,9 macollos por planta que corresponde al tratamiento que lleva (BFN 450gr en 3 aplicaciones + urea 200 en 3 aplicaciones), seguido del tratamiento T4 (BFN 300gr en 2 aplicaciones + UREA 200kg en 2 aplicaciones) y el tratamiento T7 (BFN 300gr en 3 aplicaciones) obtuvo el menor número de macollos de todos los tratamientos.

Tabla 9

Análisis de prueba ANOVA en relación a número de macollos de la segunda evaluación

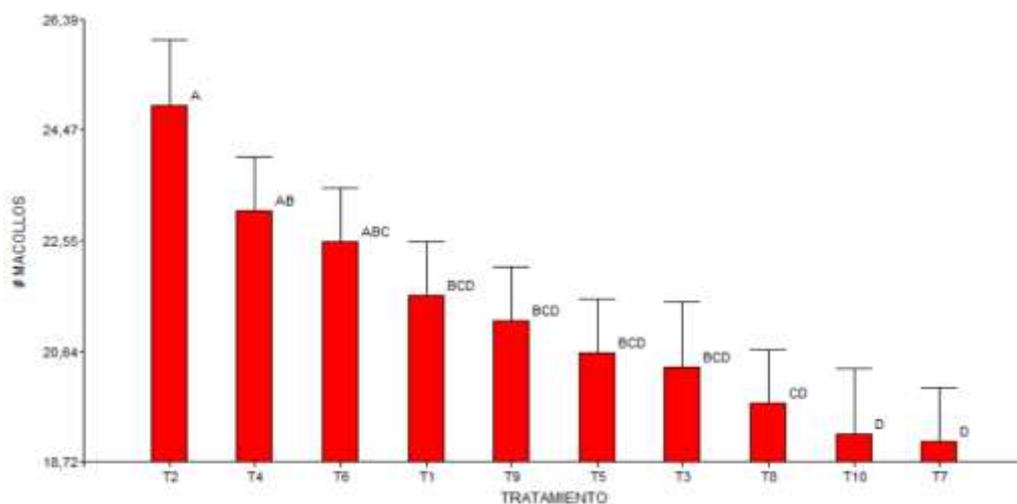
Test: Duncan Alfa =0,05 Error: 26,1430 gl: 260			
TRATAMIENTOS	Casos	Medias	Grupos Homogéneos
T2	20	24,9	A
T4	30	23,1	A B
T6	30	22,5	A B C
T1	30	21,6	B C D
T9	30	21,2	B C D
T5	30	20,6	B C D
T3	20	20,4	B C D
T8	30	19,7	C D
T10	20	19,2	D
T7	30	19,1	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Nota. Análisis de prueba ANOVA post hoc de DUNCAN autores Tovar y Ronquillo, 2024

Figura 8

Gráfica de resultados de número de macollos en cada tratamiento segunda evaluación



Nota. Análisis estadístico autores Tovar y Ronquillo, 2024

El número de macollos es un factor importante que influye en el rendimiento del arroz. En condiciones normales, el número de macollos está influenciado por las prácticas agrícolas y el medio ambiente (Huang, y otros, 2013). Un estudio reciente informó que la aplicación de fertilizantes nitrogenados aumentó el número de macollos en el cultivo

de arroz (Zhong, Peng, Sanico, & Liu, 2003). Sin embargo, otro estudio indicó que la reducción del fertilizante N no afectó a los macollos de arroz (Sathiya & Ramesh, 2009).

4.1.2 Análisis de los resultados de altura de planta

4.1.2.1 Análisis de los resultados de altura de planta de la primera evaluación.

Mediante la prueba de Shapiro -Wilk se determinó que los datos son paramétricos con un p-valor mayor a 0,05, para posterior realizar las pruebas de ANOVA.

En el análisis de varianza se relacionan los diferentes tipos de tratamientos para determinar cuál sería el más apropiado con relación a altura de planta. En el mismo análisis se presenta un Fisher de 2,71 con un p-valor mayor al 0,001, lo cual indica que no hay diferencia estadísticamente significativa en la concentración utilizada en los tratamientos.

Tabla 10

Análisis de varianza de altura de planta de la primera evaluación

F.V.	SC	GL	CM	F	Valor p
Modelo	1333,61	9,0	148,18	2,71	0,006
TRATAMIENTO	1333,61	9,0	148,18	2,71	0,006
Error	7666,53	140,0	54,76		
Total	9000,0	149			

Nota. Tabla de análisis de varianza (sc tipo1) autores Tovar y Ronquillo, 2024

En la prueba ANOVA post hoc de Duncan con 5% de significancia se muestran 10 tratamientos, el análisis de varianza para la variable altura de planta primera evaluación a los 60 días después de la siembra (Tabla 11) indica que no presenta diferencias estadísticas entre tratamientos, pero si existe tratamiento que presenta mayor altura de planta que es el tratamiento T5 con una media de 101,4cm de altura que corresponde al tratamiento que lleva (UREA 200kg en 3 aplicaciones) seguido del tratamiento T6 con solo (UREA 200kg en 2 aplicaciones) y el tratamiento T7 (BFN 300g en 3 aplicaciones) obtuvo la menor altura de todos los tratamientos.

Tabla 11

Análisis de prueba ANOVA en relación a la altura de planta de la primera evaluación

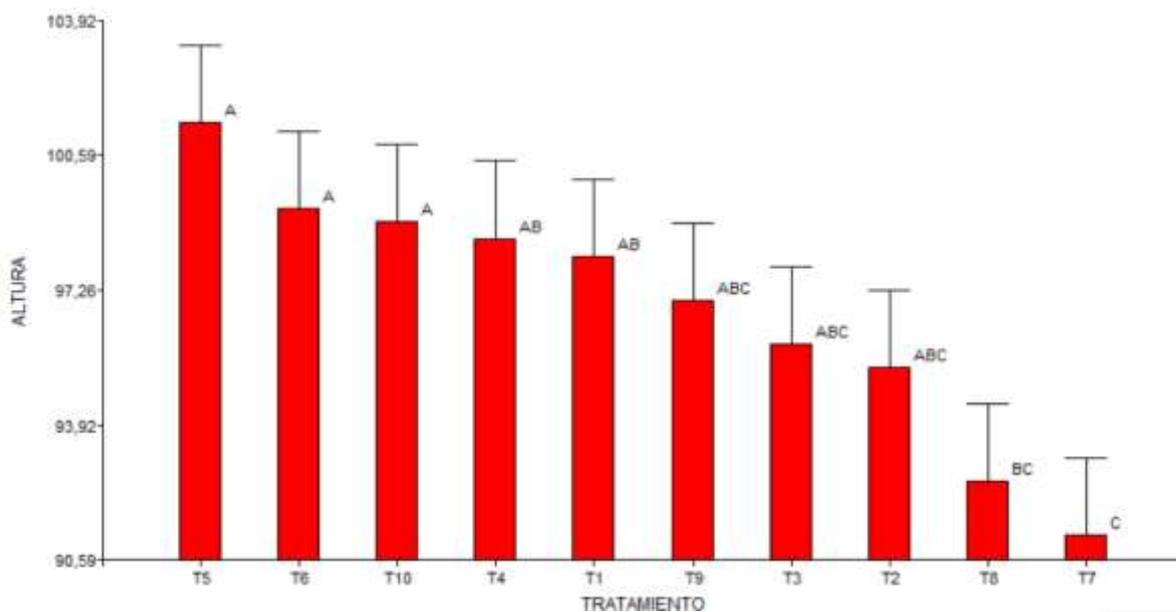
Test: Duncan Alfa =0,05 Error: 54,7610 gl: 140			
TRATAMIENTOS	Casos	Medias	Grupos Homogéneos
T5	15	101,4	A
T6	15	99,27	A
T10	15	98,93	A
T4	15	98,53	A B
T10	15	98,07	A B
T9	15	97	A B C
T3	15	95,93	A B C
T2	15	95,33	A B C
T8	15	92,53	B C
T7	15	91,2	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Nota. Análisis de prueba ANOVA post hoc de DUNCAN autores Tovar y Ronquillo 2024

Figura 9

Gráfica de resultados de la altura en cada tratamiento de la primera evaluación



Nota. Análisis estadístico autores Tovar y Ronquillo, 2024

4.1.2.2 Análisis de los resultados de altura de planta de la segunda evaluación.

Mediante la prueba de Shapiro -Wilk se determinó que los datos son paramétricos con un p-valor mayor a 0,05, para posterior realizar las pruebas de ANOVA.

En el análisis de varianza se relacionan los diferentes tipos de tratamientos para determinar cuál sería el más apropiado con relación a altura de planta, en el mismo análisis se presenta un Fisher de 11,44 con un p-valor menor al 0,001, lo cual indica la diferencia estadísticamente significativa en la concentración utilizada en el tratamiento, es decir al menos un tratamiento es diferente.

Tabla 12

Análisis de varianza de altura de planta de la segunda evaluación

F.V.	SC	GI	CM	F	Valor p
Modelo	7813,87	9,0	868,21	11,44	0,0001
TRATAMIENTO	7813,87	9,0	868,21	11,44	0,0001
Error	19729,98	260,0	75,88		
Total	27543,9	269			

Nota. Tabla de análisis de varianza (sc tipo1) autores Tovar y Ronquillo, 2024

En la prueba ANOVA post hoc de Duncan con 5% de significancia se muestran 10 tratamientos, el análisis de varianza para la variable altura de planta segunda evaluación a los 110 días después de la siembra (Tabla 13) indica que se presenta diferencias estadísticas entre tratamientos, el tratamiento que presenta mayor altura de planta es el tratamiento T5 con una media de 110,53 cm de altura que corresponde al tratamiento que lleva (UREA 20kg en 3 aplicaciones) seguido del tratamiento T6 (200g en 2 aplicaciones) y el tratamiento T10 (testigo absoluto) obtuvo menor altura de planta.

Tabla 13

Análisis de prueba ANOVA en relación a la altura de planta de la segunda evaluación

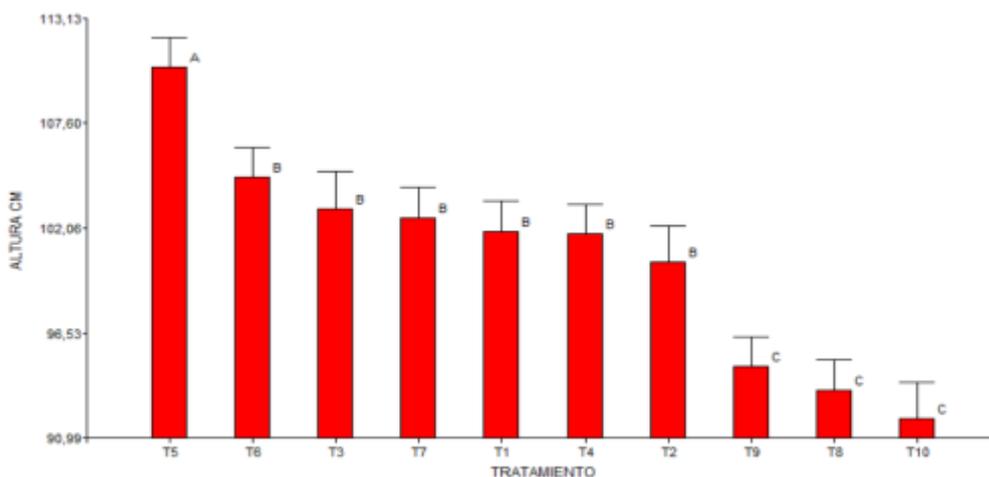
Test: Duncan Alfa =0,05 Error: 75,8846 gl: 260			
TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T5	30	110,5	A
T6	30	104,7	B
T3	30	103,1	B
T7	30	102,6	B
T1	30	101,9	B
T4	30	101,7	B
T2	30	100,3	B
T9	30	94,7	C
T8	30	93,5	C
T10	30	92,0	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Nota. Análisis de prueba ANOVA post hoc de DUNCAN autores Tovar y Ronquillo, 2024

Figura 10

Gráfica de resultados de la altura en cada tratamiento, segunda evaluación



Nota. Análisis estadístico autores Tovar y Ronquillo, 2024

El análisis de desarrollo de plantas del suelo es otro índice importante que refleja el contenido de clorofila de las hojas. Este contenido en el interior de las hojas, hace que realice una mejor asimilación fotosintética y rendimiento de las plantas (Ghosh, Swain, Jha, Tewari, & Bohra, 2020).

4.1.3 Análisis de longitud de espiga por metro cuadrado

Mediante la prueba de Shapiro -Wilk se determinó que los datos son paramétricos con un p-valor mayor a 0,05, para posterior realizar las pruebas de ANOVA.

En el análisis de varianza se relacionan los diferentes tipos de tratamientos para determinar cuál sería el más apropiado con relación a longitud de espiga, en el mismo análisis se presenta un Fisher de 4,96 con un p-valor menor al 0,001, lo cual indica la diferencia estadísticamente significativa en la concentración utilizada en el tratamiento, es decir al menos un tratamiento es diferente.

Tabla 14

Análisis de varianza de longitud de la espiga por metro cuadrado

F.V.	SC	GI	CM	F	Valor p
Modelo	318,20	9,0	35,36	4,96	<0,0001
TRATAMIENTO	318,20	9,0	35,36	4,96	<0,0001
Error	1853,95	260,0	7,13		
Total	2172,2	269			

Nota. Tabla de análisis de varianza (sc tipo1) autores Tovar y Ronquillo, 2024

En la prueba ANOVA post hoc de Duncan con 5% de significancia se muestran 10 tratamientos, el análisis de varianza para la variable altura de planta a los 110 días después de la siembra (Tabla 15) indica que se presenta diferencias estadísticas entre tratamientos, el tratamiento que presenta mayor longitud de espiga es el tratamiento T6 con una media de 23,03 cm de longitud que corresponde al tratamiento que lleva (UREA 200kg en 2 aplicaciones), seguido del tratamiento T1 (BFN 300g en 3 aplicaciones + UREA 200kg en 3 aplicaciones) y el tratamiento T10 (testigo absoluto) obtuvo menor longitud de espiga.

Tabla 15

Análisis de prueba ANOVA en relación a la longitud de la espiga por metro cuadrado

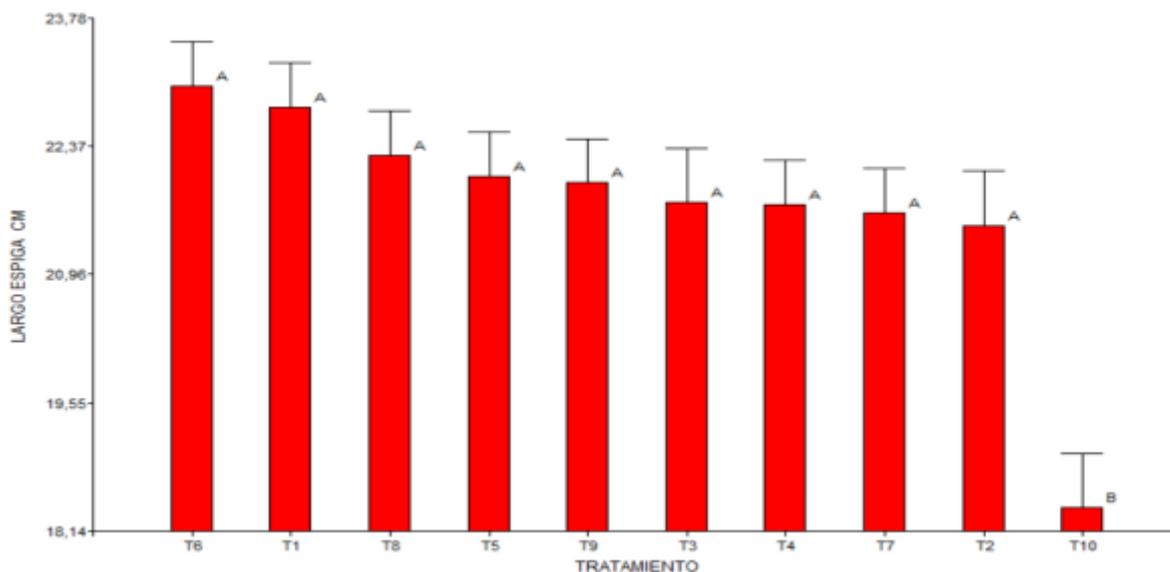
TRATAMIENTOS	Casos	Medias	Grupos Homogéneos
T6	30	23,0	A
T1	30	22,8	A
T8	30	22,3	A
T5	30	22,0	A
T9	30	22,0	A
T3	20	21,8	A
T4	30	21,7	A
T7	30	21,6	A
T2	20	21,5	A
T10	20	18,4	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Nota. Análisis de prueba ANOVA post hoc de DUNCAN autores Tovar y Ronquillo, 2024

Figura 11

Gráfica de resultados de largo espiga por metro cuadrado en cada tratamiento



Nota. Análisis estadístico autores Tovar y Ronquillo, 2024

4.1.4 Análisis de porcentaje de granos vanos

Mediante la prueba de Shapiro -Wilk se determinó que los datos son paramétricos con un p-valor mayor a 0,05, para posterior realizar las pruebas de ANOVA.

En el análisis de varianza se relacionan los diferentes tipos de tratamientos para determinar cuál sería el más apropiado con relación a porcentaje de granos vanos, en el mismo análisis se presenta un Fisher de 19,92 con un p-valor menor al 0,001, lo cual indica la diferencia estadísticamente significativa en la concentración utilizada en el tratamiento, es decir al menos un tratamiento es diferente.

Tabla 16

Análisis de varianza de porcentaje de granos vanos

Variable	N	R2	R2 Aj	CV		
% DE GRANO VACIO	270	0,41	0,39	27,62		
F.V.	SC	GI	CM	F	Valor p	
Modelo	0,25	9,0	0,03	19,92	<0,0001	
TRATAMIENTO	0,25	9,0	0,03	19,92	<0,0001	
Error	0,37	260,0	1,4E-03			
Total	0,6	269				

Nota. Tabla de análisis de varianza (sc tipo1) autores Tovar y Ronquillo, 2024

En la prueba ANOVA post hoc de Duncan con 5% de significancia se muestran 10 tratamientos, el análisis de varianza para la variable porcentaje de granos vanos a los 110 días después de la siembra (Tabla 17) indica que se presenta diferencias estadísticas entre tratamientos, el tratamiento que presenta mayor porcentaje de granos vanos es el tratamiento T10 con una media de 0,20 porcentaje de granos vanos que corresponde al tratamiento (testigo absoluto), seguido del tratamiento T4 (BFN 300g en 2 aplicaciones + UREA 200kg en 2 aplicaciones) y el tratamiento T6 (UREA 200kg en 2 aplicaciones) obtuvo menor porcentaje de granos vanos.

Tabla 17

Análisis de prueba ANOVA en relación a porcentajes de granos vanos

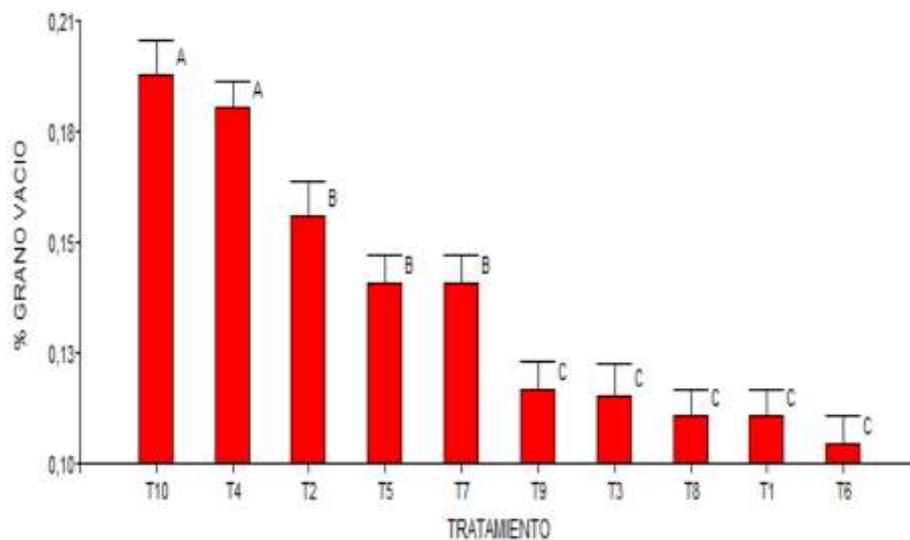
Test: Duncan Alfa =0,05 Error: 0,0014 gl: 260			
TRATAMIENTOS	Casos	Medias	Grupos Homogéneos
T10	20	0,20	A
T4	30	0,19	A
T2	20	0,16	B
T5	30	0,14	B
T7	30	0,14	B
T9	30	0,12	C
T3	20	0,12	C
T8	30	0,11	C
T10	30	0,11	C
T6	30	0,10	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Nota. Análisis de prueba ANOVA post hoc de DUNCAN autores Tovar y Ronquillo, 2024

Figura 12

Gráfica de resultados de porcentaje grano vacío en cada tratamiento



Nota. Análisis estadístico autores Tovar y Ronquillo, 2024

4.1.5 Análisis de porcentaje de granos llenos

Mediante la prueba de Shapiro -Wilk se determinó que los datos son paramétricos con un p-valor mayor a 0,05, para posterior realizar las pruebas de ANOVA.

En el análisis de varianza se relacionan los diferentes tipos de tratamientos para determinar cuál sería el más apropiado con relación a porcentaje de granos llenos, en el mismo análisis se presenta un Fisher de 19,92 con un p-valor menor al 0,001, lo cual indica la diferencia estadísticamente significativa en la concentración utilizada en el tratamiento, es decir al menos un tratamiento es diferente.

Tabla 18

Análisis de varianza de granos llenos.

Variable	N	R2	R2 Aj	CV		
% DE GRANO LLENO	270	0,41	0,39	4,36		
F.V.	SC	GI	CM	F	Valor p	
Modelo	0,25	9,0	0,03	19,92	<0,0001	
TRATAMIENTO	0,25	9,0	0,03	19,92	<0,0001	
Error	0,37	260,0	1,4E-03			
Total	0,6	269				

Nota. Tabla de análisis de varianza (sc tipo1) autores Tovar y Ronquillo, 2024

En la prueba ANOVA post hoc de Duncan con 5% de significancia se muestran 10 tratamientos, el análisis de varianza para la variable porcentaje de granos llenos a los 110 días después de la siembra (Tabla 19) indica que se presenta diferencias estadísticas entre tratamientos, el tratamiento que presenta mayor porcentaje de granos llenos es el tratamiento T6 con una media de 0,90 porcentaje de granos llenos que corresponde al tratamiento que lleva (UREA 200kg en 2 aplicaciones), seguido del tratamiento T1 (BFN 300g en 3 aplicaciones + UREA 200kg en 3 aplicaciones) y el tratamiento T10 (testigo absoluto) obtuvo menor porcentaje de granos llenos.

Tabla 19

Análisis de prueba ANOVA en relación a porcentaje de granos llenos

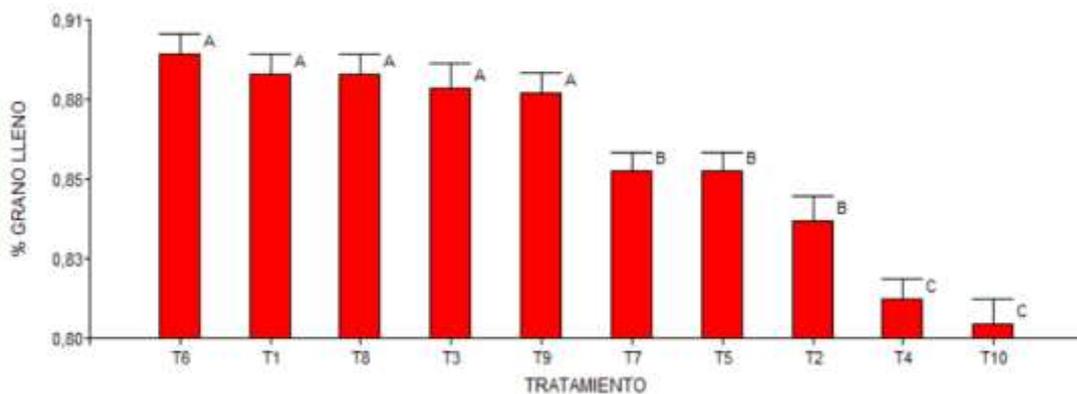
Test: Duncan Alfa =0,05 Error: 0,0014 gl: 260			
TRATAMIENTOS	Casos	Medias	Grupos Homogéneos
T6	30	0,90	A
T1	30	0,89	A
T8	30	0,89	A
T3	20	0,89	A
T9	30	0,88	A
T7	30	0,86	B
T5	30	0,86	B
T2	20	0,84	B
T4	30	0,81	C
T10	20	0,81	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Nota. Análisis de prueba ANOVA post hoc de DUNCAN autores Tovar y Ronquillo, 2024

Figura 13

Gráfica de resultados de porcentaje grano lleno en cada tratamiento



Nota. Análisis estadístico autores Tovar y Ronquillo, 2024

4.1.6 Análisis de peso de 1000 granos

Mediante la prueba de Shapiro -Wilk se determinó que los datos son paramétricos con un p-valor mayor a 0,05, para posterior realizar las pruebas de ANOVA.

En el análisis de varianza se relacionan los diferentes tipos de tratamientos para determinar cuál sería el más apropiado con relación a peso de 1000 granos, en el mismo análisis se presenta un Fisher de 62307,80 con un p-valor menor al 0,001, lo cual indica la diferencia estadísticamente significativa en la concentración utilizada en el tratamiento, es decir al menos un tratamiento es diferente.

Tabla 20

Análisis de varianza de longitud de peso de 1000 granos

F.V.	SC	Gl	CM	F	Valor p
Modelo	5219,77	9	579,97	62307,80	<0,0001
TRATAMIENTO	5219,77	9	579,97	62307,80	<0,0001
Error	2,34	251	0,01		
Total	5222,11	260			

Nota. Tabla de análisis de varianza (sc tipo1) autores Tovar y Ronquillo, 2024

En la prueba ANOVA post hoc de Duncan con 5% de significancia se muestran 10 tratamientos, el análisis de varianza para la variable peso de 1000 granos a los 110 días después de la siembra (Tabla 21) indica que se presenta diferencias estadísticas entre tratamientos, el tratamiento que presenta mayor porcentaje de peso es el tratamiento T6 con una media de 0,90gr peso de 1000 granos que corresponde al tratamiento que lleva (UREA 200kg en 2 aplicaciones) seguido del tratamiento T5 (UREA 200kg en 3 aplicaciones) y el tratamiento T10 (testigo absoluto) obtuvo menor peso de 1000 granos.

Peso de 1000 granos. Se realizará según metodología ISTA (Association, 2005).

Tabla 21

Análisis de prueba ANOVA en relación a peso de 1000 gramos

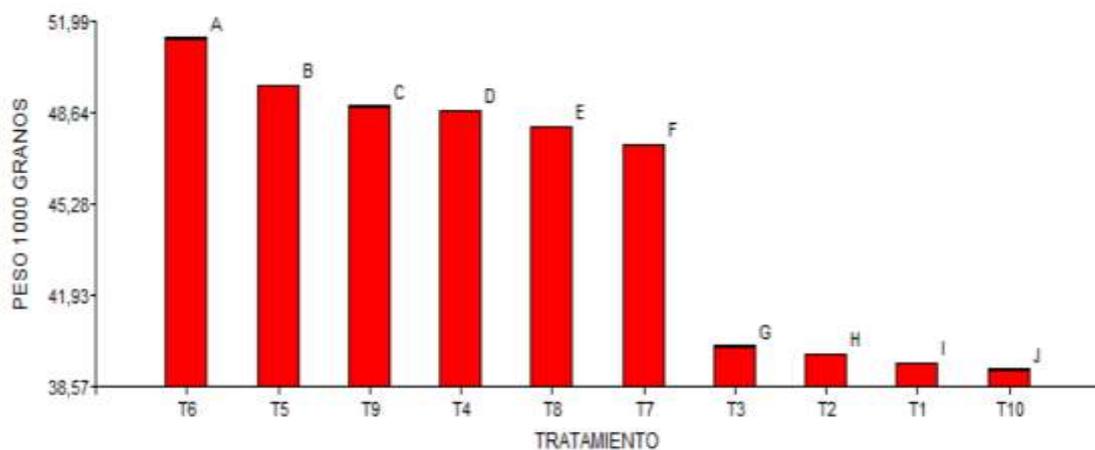
TRATAMIENTOS	Casos	Medias	Grupos Homogéneos
T6	30	51,37	A
T5	30	49,60	B
T9	30	48,87	C
T4	30	48,70	D
T8	30	48,10	E
T7	30	47,47	F
T3	20	40,05	G
T2	20	39,75	H
T1	30	39,40	I
T10	11	39,18	J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Nota. Análisis de prueba ANOVA post hoc de DUNCAN autores Tovar y Ronquillo, 2024

Figura 14

Gráfica de resultados de peso 1000 granos en cada tratamiento



Nota. Análisis estadístico autores Tovar y Ronquillo, 2024

4.1.7 Análisis de rendimiento por cada tratamiento.

Mediante la prueba de Shapiro -Wilk se determinó que los datos son paramétricos con un p-valor mayor a 0,05, para posterior realizar las pruebas de ANOVA.

En el análisis de varianza se relacionan los diferentes tipos de tratamientos para determinar cuál sería el más apropiado con relación a rendimiento por tratamiento, en el mismo análisis se presenta un Fisher de 18,63 con un p-valor menor al 0,001, lo cual indica la diferencia estadísticamente significativa en la concentración utilizada en el tratamiento, es decir al menos un tratamiento es diferente.

Tabla 22

Análisis de varianza de rendimiento por cada tratamiento.

Variable	N	R2	R2 Aj	CV		
SACOS HA	270	0,39	0,37	10,42		
F.V.	SC		gl	CM	F	Valor p
Modelo	10181,52		9,0	1131,28	18,63	<0,0001
TRATAMIENTO	10181,52		9,0	1131,28	18,63	<0,0001
Error	15787,48		260,0	60,72		
Total	25969,0		269			

Nota. Tabla de análisis de varianza (sc tipo1) autores Tovar y Ronquillo, 2024

En la prueba ANOVA post hoc de Duncan con 5% de significancia se muestran 10 tratamientos, el análisis de varianza para la variable rendimiento por tratamiento a los 110 días después de la siembra (Tabla 23) indica que se presenta diferencias estadísticas entre tratamientos, el tratamiento que presenta mayor rendimiento es el tratamiento T5 con una media de 81,87 g que corresponde al tratamiento que lleva (UREA 200kg en 3 aplicaciones) seguido del tratamiento T8 (BFN 450gr en 3 aplicaciones) y el tratamiento T10 (testigo absoluto) obtuvo menor rendimiento.

El análisis de desarrollo de plantas del suelo (SPAD) es otro índice importante que refleja el contenido de clorofila de las hojas con un mayor contenido de clorofila, lo que conduce a una mejor asimilación fotosintética y rendimiento de las plantas (Ghosh, Swain, Jha, Tewari, & Bohra, 2020) y rendimiento de arroz (Nawaz, y otros, 2017).

Esta capacidad de la bacteria para suministrar N fijo a la planta huésped (Hala, 2020), sin la formación de nódulos, podría promover el crecimiento de la planta en términos de

mayor número de macollos, contenido de clorofila (SPAD) y rendimiento (Chawla, Phour, Suneja, Sangwaan, & Goyal, 2014).

Teniendo en cuenta la potencialidad metabólica de *Gluconacetobacter diazotrophicus* (Döbereiner, Reis, & Paula, 1993), resulta sumamente interesante estudiar la posibilidad de elaborar bio-preparados a base de la bacteria, que estimulen el crecimiento, desarrollo y rendimiento de diferentes cultivos.

Tabla 23

Análisis de prueba ANOVA en relación cada tratamiento

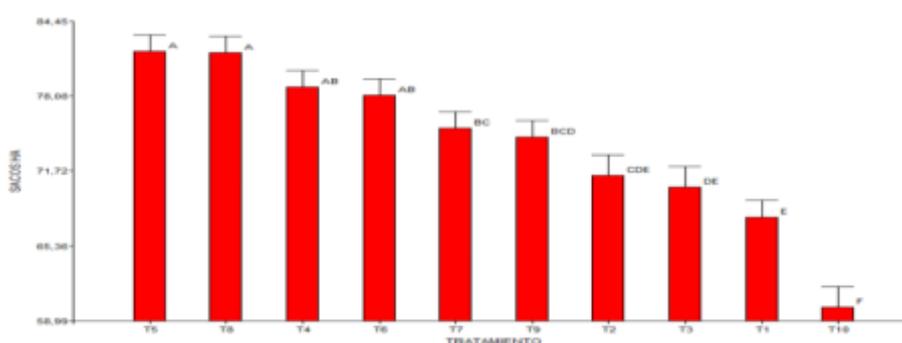
Test: Duncan Alfa =0,05 Error: 26,1430 gl: 260			
TRATAMIENTOS	Casos	Medias	Grupos Homogéneos
T5	30	81,9	A
T8	30	81,8	A
T4	30	78,8	A B
T6	30	78,1	A B
T7	30	75,3	B C
T9	30	74,6	B C D
T2	20	71,4	C D E
T3	20	70,4	D E
T1	30	67,8	E
T10	20	60,2	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Nota. Análisis de prueba ANOVA post hoc de DUNCAN autores Tovar y Ronquillo, 2024

Figura 15

Gráfica de resultados de sacos obtenidos en cada tratamiento



Nota. Análisis estadístico autores Tovar y Ronquillo, 2024

4.1.8 Análisis costo de aplicación

Tabla 24

		1era APLICACIÓN	2da APLICACION	3era APLICACIÓN	TOTAL TRATAMIENTO
T5 APLICACION DE UREA POR HECTAREA	DOSIS(KG)	100	50	50	
	SACO UREA 50KG(\$34)	\$68,00	\$34,00	\$34,00	\$136,00
	FLETE	\$8,00	\$4,00	\$4,00	\$16,00
	COSTO APLICADOR	\$12,00	\$12,00	\$12,00	\$36,00
	TOTAL APLICACIÓN	\$88,00	\$50,00	\$50,00	\$188,00

		1era APLICACIÓN	2da APLICACION	3era APLICACIÓN	TOTAL TRATAMIENTO
T8 APLICACION DE BFN POR HECTAREA	DOSIS(g)	150	150	150	
	BFN 100gr (\$11)	\$16,50	\$16,50	\$16,50	\$49,50
	FLETE	\$4,00			\$4,00
	COSTO APLICADOR	\$12,00	\$12,00	\$12,00	\$36,00
	TOTAL APLICACIÓN	\$32,50	\$28,50	\$28,50	\$89,50
	BENEFICIO				\$98,50

Nota: Análisis de costo de aplicación de tratamientos T5 y T8. autores Tovar y Ronquillo, 2024

4.1.9 Análisis costo rendimiento

Tabla 25

RENDIMIENTO			
	TRATAMIENTO T5	TRTAMIENTO T8	DIFERENCIA
RENDIMIENTO EN SACAS	81.87	81.87	
COSTO DE SACAS	\$ 50,00	\$ 50,00	
TOTAL RENDIMIENTO	\$ 4.093,50	\$ 4.088,50	\$ 5,00

Nota : Análisis de rendimiento de aplicación de tratamientos T5 y T8. autores Tovar y Ronquillo, 2024

La dosis más eficiente dentro de los tratamientos trabajados resultó ser Urea a dosis de 200kg por hectárea en tres aplicaciones: una de 100kg y las otras dos de 50kg cada una, que corresponden al tratamiento T5. (Tabla 24)

4.2 Verificación de Hipótesis

Con síntesis de hipótesis global siendo esta, “El uso de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Gluconacetobacter diazotrophicus*) como fuente de fertilización, incidirá en la productividad del cultivo de arroz, en la zona del cantón Yaguachi” Si tiene efecto en la productividad pues el tratamiento T8 que lleva solo *Gluconacetobacter diazotrophicus* es el segundo mejor resultado obtenido en esta investigación.

CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos podemos concluir que, pese a que se realizaron aplicaciones de bacterias fijadoras de nitrógeno de manera independiente y en mezcla con urea, el mejor resultado fue el del tratamiento T5 donde se realizó solo aplicación de urea a razón de 200kg por ha y estas dosis fueron aplicadas en 3 aplicaciones una de 100kg y otras 2 de 50kg, obteniendo como mejor resultado 81.87 sacas por ha.; seguido ahora si del tratamiento T8 que lleva solo la *Gluconacetobacter diazotrophicus* a dosis 450g en 3 aplicaciones de 150g cada una con un resultado de 81.77 sacas por ha. y que el tratamiento con rendimientos más bajos fue el de testigo absoluto.

El uso de *Gluconacetobacter diazotrophicus* en el tratamiento T2 obtuvo el mejor resultado en la variable **número de macollos** estando en combinación con urea obteniendo una media de 24.9 macollos por planta. Para la variable **altura de planta** *Gluconacetobacter diazotrophicus* en mezcla con urea obtuvo el tercer lugar con una media de 103.1cm de altura. Para la variable **longitud de espiga** *Gluconacetobacter diazotrophicus* en mezcla con urea obtuvo el segundo lugar con una media de 22.8 cm de largo. Para la variable **porcentaje de granos llenos** *Gluconacetobacter diazotrophicus* en mezcla con urea así mismo obtuvo el segundo lugar con una media de 89% de granos llenos. Para la variable de **peso de 1000 granos de arroz** *Gluconacetobacter diazotrophicus* de manera independiente obtuvo el tercer lugar con una media de 48.87g de peso.

Para el análisis económico primero se sacaron los costos de aplicación de los tratamientos (tabla 23) donde se evidencia que el tratamiento T5 fue mayor el costo en comparación con el tratamiento T8 con una diferencia en los costos de \$98,50. Segundo en el análisis de rendimiento de los tratamientos (tabla 24) se obtuvo una diferencia de \$5 entre los tratamientos T5 y T8.

Con esto podemos concluir que el Tratamiento T8 que lleva solo *Gluconacetobacter diazotrophicus* a dosis 450g en 3 aplicaciones de 150g cada una y pese a no haber sido el tratamiento con el mejor rendimiento, es el más conveniente en la relación costo-beneficio versus el tratamiento T5 con una diferencia de \$93,50.

5.2 Recomendaciones

El uso de estas bacterias fijadoras de nitrógeno (*Gluconacetobacter diazotrophicus*) en el cultivo de arroz nos podría ayudar a:

Aumentar de la disponibilidad de nitrógeno: Las bacterias fijadoras de nitrógeno pueden suministrar nitrógeno directamente a las plantas de arroz, reduciendo así la necesidad de fertilizantes químicos.

Mejorar la calidad del suelo: Estas bacterias también ayudan a mejorar la estructura, la microfauna y por ende fertilidad del suelo, promoviendo un entorno favorable para el crecimiento de las plantas.

Reducir la contaminación ambiental: Al disminuir la aplicación de fertilizantes convencionales o sintéticos, se baja las cargas químicas, no variaría en gran manera el pH del suelo y se reducen los riesgos de contaminación del agua y la emisión de gases de efecto invernadero.

Como últimas pero principales ventajas que obtendríamos al aplicar las bacterias fijadoras de nitrógeno (*Gluconacetobacter diazotrophicus*), estarían la disminución de los costos de producción, porque se estarían bajando el consumo de fertilizantes convencionales y sintéticos, se optimizaría el recurso humano al aplicarlo, no se necesitaría de mucha logística para el transporte de este desde almacén hasta campo.

Se sugiere que se realicen más trabajos de investigación o se le dé continuidad al mismo para levantar más información sobre las bacterias fijadoras de nitrógeno en Ecuador.

Bibliografía

- Alcivar, S. y. (2007). *Nutrición mineral del cultivo de arroz*. Virgen de Fátima: INIAP.
- América Paulina Rivera-Urbalejo, D. J.-H.-T.-G. (2019). Aplicaciones potenciales de *Gluconacetobacter diazotrophicus* para incrementar los rendimientos agrícolas. *ResearchGate*, 13.
- Andrade, F. (1998). *Taxonomía y Morfología de la planta de arroz (Oriza sativa)*. Guayaquil: ESPOL.
- Association, T. I. (2005). *International Rules for Seed Testing*. Weight Determination.
- Badawi, M. H., & El-Henawy, H. M.-A. (2013). Biomangement of *Fusarium solani* and *Rhizoctonia solani* causing root and damping-off diseases in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) via innovative rhizobacterial formulations. . *Journal of Applied Sciences Research*, p.321-329.
- Barragán, E. (2003). *Proyecto para la creación de una empresa agrícola en la zona de Samborondón a la producción y comercialización de arroz y sus subproductos para el mercado de Cuenca*. Samborondón: dspace Espol.
- Bastías JM, B. T. (2016). Arsenic translocation in rice cultivation and its implication for human health. Chilean J. A. *Chilean Journal of Agricultural Research*, p.114-122.
- Beltrán P, M. E. (2014). *La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal*. , 15(1), 101–113. . Bogotá: Corpoica Cienc. Technol. Agropecuaria.
- Bhatt, M. K. (2019). Influence of long-term chemical fertilizers and organic manures on soil fertility-A. *Universal Journal of Agricultural Research*., p.177-188.
- Boddey, R. M. (1991). Biological nitrogen fixation associated with sugar cane. . *Plant Soil*., p.111-117.
- Boddey, R. M. (1995). Biological nitrogen fixation associated with sugar cane and rice: Contributions and prospects for improvement. . *Plan Soil*, p.195-209.
- Burris, R. H. (1945). Biological nitrogen fixation. *Annual Review of Biochemistry*, p.685-708.
- Byrnes, B. H., & Bumb, B. L. (1988). Population growth, food production and nutrient requirements. *Nutrient Use in Crop Production*, p.1-27.

- C., A. (2017). *Efecto de la humedad de suelo en arroz (Oryza sativa L.) bajo el sistema de riego por goteo, a dos densidades de siembra*. Valle del río Yeguaré: Escuela Agrícola Panamericana.
- Caballero-Mellado, J. L.-R.-R. (1995). Genetic structure of *Acetobacter diazotrophicus* populations and identification of a new genetically distant group. 61:3008-3013. *Appl. Environ. Microbiol.* , p.3008-3013.
- CAN, N. D. (2002). Desarrollo de los sistemas agrícolas en el delta del Mekong de Vietnam: cultivo actual de arroz y problemas involucrados. *Taller Internacional sobre el Medio Ambiente Hídrico GMS*. Bangkok: Alianza para la Sostenibilidad Global y la red académica y de investigación GMS.
- Cavalcante, V. A. (1988). A new acid-tolerant nitrogen fixing bacterium associated with sugarcane. *Plant Soil.*, p.23-31.
- Chawla, N., Phour, M., Suneja, S., Sangwaan, S., & Goyal, S. (2014). *Gluconacetobacter diazotrophicus: An overview*. Research in Environment and Life Sciences.
- Chawla, N., Phour, M., Suneja, S., Sangwaan, S., & Goyal, S. (2014). *Gluconacetobacter diazotrophicus: una visión general*. Investigación en Medio Ambiente y Ciencias de la Vida. *Researchgate*, p.1-10.
- CIAT. (1985). *Arroz: Investigación y Producción. Los macro nutrientes en la nutrición de la planta de arroz*. Palmira: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Cojho, E. H. (1993). Interactions of *Acetobacter diazotrophicus* with an amyolytic yeast in nitrogen-free batch culture. . *FEMS Microbiol. Lett.*, p.23-31.
- Cong, P. T. (2009). Los microorganismos inoculantes promotores del crecimiento de las plantas mejoran la utilización de la urea-N y el rendimiento del grano de arroz con cáscara en el sur de Vietnan. *Revista Europea de Biología del Suelo*, p.52-61.
- Cuellar, C. (2018). *Estabilidad Bioquímica de la Bacteria Gluconacetobacter diazotrophicus conservada por diferentes metodologías de preservación*. Manizales: Universidad Católica de Manizales.
- De La Cruz, J. (2013). *Morfología del Arroz*. Corrientes: Melagro.
- Döbereiner, J. V. (1993). Endophytes diazotrophs in sugar cane, cereals and tuber plants, New horizons in nitrogen fixation. *Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.*, p.671-676.
- Döbereiner, J., Reis, V. M., & Paula, M. A. (1993). *Endophytic diazotroph in sugarcane, cereals and tuber plants*. Netherlands: Klumer Academic Publisher.
- Dobereiner., V. A. (1988). A new acid-tolerant nitrogen-fixing bacterium associated with sugarcane. *Plant and Soil*, p.23-31.
- Dobermann y T. Fairhurst. (2005). *Manejo del Nitrógeno en Arroz*. . Guayaquil: IPNI.

- Dobermann, A. y. (2000). *Trastornos de los nutrientes del arroz y manejo de nutrientes*. 1ª Ed. IRRI (Filipinas). . Filipinas: IRRI 1a Ed.
- FAO. (2009). *Comisión Internacional del Arroz Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Roma: FAO.
- FAOSTAT. (2001). *Statistical databases*. Roma: FAOSTAT. .
- FAR. (1996). *Manual de Fertilidad de los Suelos*. Arlington: FOUNDATION FOR AGRONOMIC RESEARCH. .
- Fernández, M. S. (1995). Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. . *Crit. Rev. Plant Sci.*, p.111-148.
- Fuentes, R. S. (2014). *Material de consulta para estudiantes de técnico medio en Agronomía desde la Gestión de Información*. Pinar del Río: Univeridad de Ciencias Pedagógicas Rafael María de Mendive .
- Fuentes-Ramírez, L. E.-C.-H.-S.-R.-M. (2001). Novel nitrogen-fixing acetic acid bacteria, *Gluconacetobacter johannae* sp. nov., and *Gluconacetobacter azotocaptans* sp. nov., associated with coffe plants. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*
- Ghosh, M., Swain, D. K., Jha, M. K., Tewari, V. K., & Bohra, A. (2020). Optimizing chlorophyll meter (SPAD) reading to allow efficient nitrogen use in rice and wheat under rice-wheat cropping system in Eastern India. *Plant Production Science*, p. 1-16.
- Gonzales Huiman, F. (2016). *Morfología, taxonomía y fisiología del arroz*. . Chiclayo: Producción eco-eficiente del arroz en América Latina.
- Gora, J. S. (2019). Climate Change and Production of Horticultural Crops. *Agricultural Impacts of Climate Change*, p.45-61.
- Guayas., P. C. (2023). *Yaguachi*. Guayaquil.
- HA, P., & BO, N. (2013). Fertilizantes utilizados en relación con la producción de alimentos, la protección del medio ambiente y la mitigación de la emisión de gases de efecto invernadero. . *Agricultura y Desarrollo Rural de Vietnam*, p.1-12.
- Hala, Y. (2020). The effect of nitrogen-fixing bacteria towards upland rice plant growth and nitrogen content. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (pág. v.484).
- Heros, E. (2013). *Guía Técnica del cultivo de Arroz*. Lima.: Agrobanco.
- Huang, M., Yang, C., Ji, Q., Jiang, L., Tan, J., & Li, Y. (2013). Effect of *Gluconacetobacter diazotrophicus* inoculation and reduced nitrogen fertilizer on yield and growth parameters of rice varieties. *Journal of Seed Science.*, p.187-192.

- Huang, S. Z. (2018). *Eficiencia en el uso del nitrógeno en el arroz*. En: Amanullah, Fahad S. (Eds.) *Nitrógeno en la agricultura - Actualizaciones*. Londres: IntechOpen.
- Huang, S. Z. (2018). *Eficiencia en el uso del nitrógeno en el arroz*. En: Amanullah, Fahad S. (Eds.) *Nitrógeno en la agricultura - Actualizaciones*. IntechOpen Ltd., Londres. Reino Unido. págs. 187-208. . *IntechOpen.*, p.187-208.
- Hurtado, A. (2007). *Crecimiento y desarrollo de la planta de arroz*. Lima: CGIAR.
- INDIA. (2016). *Características Agronómicas de la variedad SFL-11*. Ecuador. Ecuador: INDIA.
- INEC. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua* . Quito.
- Infoagro. (2010). *Información sobre el Cultivo de Arroz*. CHILE: INFOAGRO.
- Ingham, R. E. (1985). Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers: effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological monographs*, p.119-140.
- INIAP. (1987). *Manual del Cultivo de Arroz: Origen del Cultivo del arroz*. Guayaquil: INIAP.
- James, E. K. (1998). Infection and colonization of sugar cane and other gramineous plants by endophytic diazotrophs. *17:77-119. Crit. Rev. Plant Sci.*, p.77-119.
- James, E. K. (2000). Nitrogen fixation in endophytic and associative symbiosis. *Field Crops Research.*, p.197-209.
- Jara E, B. A. (2014.). *Comparación de tres sistemas de riego para la producción de arroz con tres densidades de siembra en Zamorano [Tesis]*. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano-Honduras. Honduras.: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Jiménez-Salgado, T. R.-M. (1994). *Detección de citocininas en Acetobacter diazotrophicus aislado de caña de azúcar*. La Habana, Cuba. La Habana.: XVII Reunión Latinoamericana de Rhizobiología.
- Kennedy, I., & Islam, N. (2021). La contribución actual y potencial de la fijación asimbiótica de nitrógeno a las necesidades de nitrógeno en las granjas: una revisión. . *Revista Australiana de Agricultura Experimental.*, p.447-457.
- Kirchhof, G. V. (1997). Occurrence, physiological and molecular analysis of endophytic diazotrophic bacteria in gramineous energy plants. . *Plant Soil*, p.45-55.
- Laurance, W. F. (2014). Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends in Ecology & Evolution*, p.107-116.
- Livinsthone, A. (2006). *Importancia Económica del Arroz*. Guayaquil: Espol.
- Llunch, J. (2010). *2010, Cultivos herbáceos extensivos, Cereales, Valencia, España*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia,.

- M. B. Peoples, D. F. (1995). Fijación biológica de nitrógeno: una fuente eficiente de nitrógeno para la producción agrícola sostenible. *Plant and Soil*, 13.
- MAG. (2020). *Cifras Agroproductivas*. Quito: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Mehnaz, S., & Lazarovits, G. (2017). *Promoción del Crecimiento Vegetal a la Biorremediación. Microorganismos para la sostenibilidad*. Springer: MEHNAZ S.
- Merci, A. (2011). *Requerimientos Edafoclimaticos para el Cultivo de Arroz*. Ejemplos10.
- Mohammadi, K. y. (2012). Biofertilizantes bacterianos para la producción sostenible de cultivos: una revisión. . *ARNP Revista de Ciencias Agrícolas y Biológicas.*, p.307-316.
- Mohanty, S. (2013). *Tendencias en el consumo mundial de arroz*. Metro Manila: Rice Today.
- Moran, J. (2012). *Requerimientos Edafoclimaticos para el Cultivo de Arroz*. Ejemplos10.
- Mota, S. (2014). *SOBRE EL CONCEPTO DE RECURSIÓN Y SUS USOS*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, España.
- Mota, V. A. (2014). *Efecto de distancias de siembra en el rendimiento de cultivares de arroz*. Guayaquil: UCSG.
- Muthukumarasamy, R. G. (1999). Influence of N fertilisation on the isolation of *Acetobacter diazotrophicus* and *Herbaspirillum* spp. from Indian sugarcane varieties. 29:157-164. *Biol. Fertil. Soils*, p.157-164.
- Muthukumarasamy, R. G. (2000). Antagonistic potential of N₂-fixing *Acetobacter diazotrophicus* against *Colletotrichum falcatum* Went. *A causal of red-rot of sugarcane.*, p.1063-1065.
- N. Eskin, K. V. (2014). Progreso de la investigación y perspectiva de la bacteria fijadora de nitrógeno, *Gluconacetobacter diazotrophicus*, en plantas monocotiledóneas. *International Journal of Agronomy*, 13.
- Nawaz, M. A., Wang, L., Jiao, Y., Chen, C., Zhao, L., Mei, M., . . . Huang, Y. (2017). Pumpkin rootstock improves nitrogen use efficiency of watermelon scion by enhancing nutrient uptake, cytokinin content, and expression of nitrate reductase genes. *Plant Growth Regulation.*, p.233-246.
- O., E. (2015). *Efecto de tres sistemas de riego y dos variedades en el rendimiento de arroz (Oryza sativa) bajo dos métodos de siembra*. . Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Okon, Y. a.-G. (1994). Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil. Biol. Biochem.*, p.1591-1601.

- Olmos, S. (2006). *APUNTE DE MORFOLOGÍA, FENOLOGÍA, ECOFISIOLOGÍA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL ARROZ*. Corrientes: UNNE.
- Ormaza, F. (2011). *Arroz del Ecuador*. Lima: AgroLatam.
- Pelaez Abellan, I. R.-H. (1994). Short-term effect of nitrate on carbon metabolism of two sugar cane cultivars differing in their biomass production. . *Phytochemistry*, p.819-833.
- Pieterse, C. M. (1999). Salicylic acid-independent plant defence pathways. . *Trends Plant Sci.*, p.52-58.
- Prabudoss, V. (2011). A real multi beneficial endophytic diazotroph *Gluconacetobacter diazotrophicus* for sugarcane. . *International Journal of Current Research.*, p.103-106.
- Raimam, M. P. (2007). *Interacción entre bacterias fijadoras de N de vida libre aisladas de Drosera villosa var. villosa y hongos AM (Glomus clarum) en arroz (Oryza sativa)*. Mexico: Ecología Aplicada del Suelo.
- Reinhold-Hurek, B. a. (1998). Life in grasses: diazotrophic endophytes. *Trends Microbiol*, p.139-144.
- Restrepo GM, S. Ó. (2017). Evaluation of plant-growth promoting properties of *Gluconacetobacter diazotrophicus* and *Gluconacetobacter sacchari* isolated from sugarcane and tomato in West Central region of Colombia. *Afr J Biotechnol.*, p.1619-1629.
- Restrepo., N. J. (2006). *Abecedario Ecológico. La más completa guía de términos ambientales*. Bogota: Universidad de Salamanca.
- Rimache, M. (2010). *Cultivo de Arroz*. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Ríos, Y. &. (2007). *Gluconacetobacter diazotrophicus: UN MICROORGANISMO PROMISORIO EN LA ELABORACIÓN DE BIOPREPARADOS*. . España: EBScohost.
- Robertson, G. P. (2009). Nitrogen in agriculture: balancing the cost of an essential resource. *Annual review of environment and resources*, p.97-125.
- Russo, A. C. (2012). Plant Beneficial Microbes and their Application in Plant Biotechnology, Innovations in Biotechnology. *INTECH Open Access Publisher*, p.57-72.
- SAG. (2003). *Manual Técnico para el cultivo del arroz: Programa de arroz*. . Comayagua: Secretaría de Ganadería y Agricultura (SAG). .
- Sánchez A. (2012). *Mejora de la Eficacia de los Quelatos de Hierro Sintético a Través de Sustancias Húmicas y Aminoácidos*. Alicante: Departamento de Agroquímica y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Alicante, España.

- Sathiya, K., & Ramesh, T. (2009). Effect of split application of nitrogen on growth and yield of aerobic rice. *Asian Journal of Experimental Sciences*, p.303-306.
- Sevilla, M. A. (1998). Contributions of the bacterial endophyte *Acetobacter diazotrophicus* to sugarcane nutrition. 25:181-191. *A preliminary study. Symbiosis.*, p.181-191.
- Sevilla, M. a. (1999). Genetic analysis of nitrogen fixation and plant-growth stimulating properties of *Acetobacter diazotrophicus*, an endophyte of sugarcane. *Horizon Scientific Press.*, p.737-760.
- Shankaraiah, G.-H. H. (2001). *Field evaluation of some promising associative nitrogen fixing bio-agust under grader levels of nitrogen for yield and quality of jaggery.* Vellore: Cooperative Sugar.
- Sotheara, K. W. (2022). Eficiencia en el uso del nitrógeno del arroz inoculado con bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre. *Revista Internacional de Tecnología Agrícola* 18(6):2617-2632. *Revista Internacional de Tecnología Agrícola.*, p.2617-2632.
- Sucre, L. (2002). *Respuesta de arroz en condiciones de riego a la fertilización nitrogenada y aspersiones de fertilizantes foliares.* . Babahoyo: UTB.
- Swings, J. (1992). *The genera Acetobacter and Gluconobacter, The prokaryotes. A handbook on the biology of bacteria: ecophysiology, isolation, identification, applications.* New York: Springer-Verlag.
- Tinoco R, A. A. (2009). *Manual de recomendaciones técnicas cultivo de arroz.* San Jose, . San José: Platucar.go.
- Urquiaga, S. K. (1992). Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: Nitrogen-15 and nitrogen-balance estimates. *Soil Sci. Am. J.* , p.105-114.
- Villavicencio, A. y. (2008). *Guía Técnica de Cultivos, I.* Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- Viteri, G. I. (2016). *Comercialización de arroz en Ecuador: Análisis de la evolución de precios en el eslabón productor consumidor.* . Guayaquil: Revista Ciencia y Tecnología, .
- Zeiger., L. T.-E. (2006). *Filosofía vegetal, Vol. I.* Castellón de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I, D.L.
- Zhong, X., Peng, S., Sanico, A. L., & Liu, H. (2003). Quantifying the interactive effect of leaf nitrogen and leaf area on tillering of rice. *Journal of Plant Nutrition*, p.1203-1222.

ANEXOS



Anexo N°17: Delimitación del ensayo experimental



Anexo N°18: Finalización de siembra del ensayo experimental



Anexo N°19: Calibración y aplicación a cada uno de los tratamientos



Anexo N°20: 1er aplicación de *Gluconacetobacter diazotrophicus* a los 5 después del trasplante



Anexo N°21: Segunda aplicación de *Gluconacetobacter diazotrophicus* a los 15 días después de la siembra



Anexo N°22: Evaluación de altura de planta, conteo de numero de macollos a los 60 días después del trasplante.



Anexo N°23: Toma de muestras para su respectivo análisis foliar de nitrógeno a los 60 días después del trasplante.



Anexo N°24: Visita de nuestra tutora Msc. Priscila Valverde a los 75 días después de la siembra



Anexo N°25: Monitoreo a los 100 días después del trasplante.



Anexo N°26: Toma de datos de altura de planta en 1 metro cuadrado



Anexo N°27: Toma de datos de numero de macollos por metro cuadrado



Anexo N°28: Cosecha de 1 metro cuadrado de cada unidad experimental para sus respectivos pesos y conteo de número de granos llenos y vanos.

UNEMI
UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

¡Evolución académica!

@UNEMIEcuador

