



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA AGRONOMÍA

EFECTO DE BACTERIA FIJADORA DE NITRÓGENO
(*Methylobacterium symbioticum*), EN DOS
VARIETADES DE ARROZ, CANTÓN DAULE
PROVINCIA DEL GUAYAS.

TRABAJO EXPERIMENTAL

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR

RONQUILLO NAVARRETE NORBERTO ÁNGEL

TUTOR

ING. ILEER SANTOS VICTOR, MSC

GUAYAQUIL – ECUADOR
2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, VICTOR ILEER SANTOS, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: EFECTO DE BACTERIA FIJADORA DE NITRÓGENO (*Methylobacterium symbioticum*), EN DOS VARIEDADES DE ARROZ, CANTÓN DAULE PROVINCIA DEL GUAYAS; con cédula de identidad N° 0952001048 de la carrera AGRONOMÍA, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

ING. VICTOR ILEER SANTOS, M. Sc.
Firma del Tutor

Guayaquil, 26 de enero de 2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “EFECTO DE BACTERIA FIJADORA DE NITRÓGENO (*Methylobacterium symbioticum*), EN DOS VARIEDADES DE ARROZ, CANTÓN DAULE PROVINCIA DEL GUAYAS”, realizado por la estudiante RONQUILLO NAVARRETE NORBERTO ÁNGEL, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

PhD Paulo Centanaro Quiroz.
PRESIDENTE

Ing. Juan Martillo García, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Arnaldo Barreto Macias, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Victor Ilee Santos, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 26 de enero de 2024

Dedicatoria

A mi padre que ha sabido formarme con buenos hábitos y valores lo cual me ha ayudado en cada momento de mi vida, y quien me ha estado apoyando y motivando para nunca rendirme en mis estudios.

Agradecimiento

El principal agradecimiento para mi papá por cada día confiar, creer en mí y cada una de sus palabras de aliento que me guían.

A los ingenieros quienes compartieron su conocimiento a lo largo de este camino.

A mi tutor quien fue guía en mí en la realización de mi tesis.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo RONQUILLO NAVARRETE NORBERTO ÁNGEL, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “EFECTO DE BACTERIA FIJADORA DE NITRÓGENO (*Methylobacterium symbioticum*), EN DOS VARIEDADES DE ARROZ, CANTÓN DAULE PROVINCIA DEL GUAYAS, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 26 de enero de 2024

RONQUILLO NAVARRETE NORBERTO ÁNGEL
C.I.0952001048

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general	7
Índice de tablas	10
Índice de figuras.....	11
Resumen	12
Abstract.....	13
1. Introducción.....	14
1.1 Antecedentes del problema	14
1.2 Planteamiento y formulación del problema	15
1.3 Justificación de la investigación	15
1.4 Delimitación de la investigación	16
1.5 Objetivo general	16
1.6 Objetivos específicos	17
2. Marco teórico.....	18
2.1 Estado del arte	18
2.2 Bases teóricas.....	19
2.2.2 Morfología y taxonomía del cultivo de arroz	20
2.2.3 Manejo agronómico del cultivo de arroz.....	21
2.2.4 Factores edafoclimáticos	22

2.2.5	Requerimientos nutricionales del cultivo de arroz	24
2.2.6	Variedades de arroz utilizadas para la producción en Ecuador	24
2.2.7	Fertilización del cultivo de arroz.....	25
2.2.8	Fertilización biológica.....	27
2.2.9	Degradación de los suelos arroceros	28
2.2.10	Fijadores biológicos de nitrógeno.....	29
2.2.11	Análisis costo-beneficio de la fertilización biológica	30
2.3	Marco legal	31
3.	Materiales y métodos	33
3.1	Enfoque de la investigación.....	33
3.2	Metodología.....	34
	Tratamientos.....	35
4.	Resultados.....	39
4.1	Comportamiento agronómico del cultivo de arroz aplicando la bacteria <i>Methylobacterium symbioticum</i>	39
4.1.1	Altura de la planta en el cultivo de arroz.....	39
4.1.2	Longitud de raíces en cultivo de arroz.....	39
4.1.3	Tamaño de espiga de la planta de arroz	40
4.1.4	Número de granos por espiga de la planta de arroz.....	41
4.2	Tratamiento óptimo del cultivo de arroz aplicando la bacteria <i>Methylobacterium symbioticum</i>	41
4.2.1	Productividad del cultivo de arroz.....	41
4.3	Relación beneficio-costo de los tratamientos en estudio	42
5.	Discusión	44
6.	Conclusión.....	46

7. Recomendación.....	47
8. Bibliografía.....	48
9. Anexos	54

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de tratamientos.....	34
Tabla 2. Recursos que se utilizarán en la investigación.....	35
Tabla 3. Esquema de análisis de varianza.....	36
Tabla 4. Descripción de unidades experimentales.....	37
Tabla 5. Altura de la planta de arroz	38
Tabla 6. Longitud de raíces de la planta de arroz	39
Tabla 7. Tamaño de espiga de la planta de arroz	39
Tabla 8. Número de semillas por espiga	40
Tabla 9. Productividad del cultivo del arroz kg/ha	41
Tabla 10. Relación costo/beneficio de los tratamientos	41

Índice de figuras

Figura 1 Cronograma de actividades	53
Figura 2. Ubicación geográfica del experimento	53
Figura 3. Datos de evaluación de campo para análisis	54
Figura 4. Análisis de varianza de altura de planta.....	54
Figura 5. Análisis de varianza de longitud de raíces	55
Figura 6. Análisis de varianza de tamaño de espiga	55
Figura 7. Análisis de varianza de granos por espiga.....	56
Figura 8. Análisis de varianza de productividad kg/ha	56
Figura 9. Delimitación de unidades experimentales y construcción de parrillas	57
Figura 10. Establecimiento de cultivo de arroz en las parcelas experimentales	57
Figura 12. Evaluación de los parámetros agronómicos del cultivo de arroz	58
Figura 12. Evaluación de los productivos del cultivo de arroz	58
Figura 13. Visita y seguimiento del tutor del trabajo experimental	59

Resumen

El arroz forma parte del desarrollo económico en el sector agrícola del Ecuador, debido a que este cultivo es uno de los productos más consumidos y con mayor demanda a nivel nacional. La fertilización en el cultivo del arroz es muy importante ya que gracias a los productos de aplicación edáfica o foliar nos ayuda a incrementar la producción. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la bacteria fijadora de nitrógeno *Methylobacterium symbioticum* en dos variedades de arroz en el cantón Daule provincia del Guayas. Los tratamientos consistieron en la aplicación de la bacteria *Methylobacterium symbioticum* en dos variedades de arroz la SFL-11 (T1) y SFL-09 (T2), teniendo como testigo las variedades sin la aplicación de la bacteria SFL-11 (T3) y SFL-09 (T4). Los resultados obtenidos en el presente trabajo mostraron que, en las características agronómicas como el tamaño de la planta, longitud de raíces y espiga no existió una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos. Los tratamientos en que se aplicó la bacteria fueron favorecidos en las características productivas del cultivo de arroz como el número y peso de las semillas, logrando un incremento en la productividad en comparación de los tratamientos testigo. La bacteria fijadora de nitrógeno *Methylobacterium symbioticum* usada como biofertilizante en el cultivo del arroz, favorecía al desarrollo del cultivo al aumentar la eficiencia en la asimilación de nutrientes por parte de la planta, que a su vez se vio reflejado en la productividad del cultivo, teniendo la variedad SFL11 tuvo mayor producción.

Palabras claves: Bacteria, biofertilizantes, incremento, productividad, variedad.

Abstract

Rice is part of the economic development in the agricultural sector of Ecuador, because this crop is one of the most highly consumed and most demanded products at the national level. The fertilization in rice cultivation is very important because thanks to the products of edaphic or foliar application helps us to increase production. The purpose of this study was to evaluate the effect of the nitrogen-fixing bacterium *Methylobacterium symbioticum* on two varieties of rice in Daule, Guayas province. The treatments consisted of the application of the bacterium *Methylobacterium symbioticum* in two rice varieties SFL-11 (T1) and SFL-09 (T2), having as control the varieties without the application of the bacterium SFL-11 (T3) and SFL-09 (T4). The results obtained in the present work showed that, in agronomic characteristics such as plant size, root and ear length, there was no significant difference between the different treatments. The treatments in which the bacteria were applied were favorable in the productive characteristics of the rice crop such as the number and weight of seeds, achieving an increase in productivity compared to the control treatments. The nitrogen-fixing bacterium *Methylobacterium symbioticum* used as a biofertilizer in the rice crop favored the development of the crop by increasing the efficiency of nutrient assimilation by the plant, which in turn was reflected in the productivity of the crop, with the SFL11 variety having higher production.

Key words: Bacteria, biofertilizers, increase, productivity, variety.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

Según Poveda y Andrade (2018) indican que el arroz forma parte del desarrollo económico en el sector agrícola del Ecuador, debido a que este cultivo es uno de los productos más consumidos y con mayor demanda a nivel nacional, como en algunos países existen factores que limitan la producción de determinados cultivos, y debido a los patrones climáticos en el país una oportunidad para sembrar arroz generalmente se encuentra en los ciclos de invierno y verano, las principales zonas de cultivo se ubican en Guayas, Manabí, y Esmeraldas.

Herrera (2018) menciona que a nivel cantonal, Daule ocupa los principales lugares de producción arroceras en el Guayas, los costos por quintal de arroz muestran un patrón descendente, y no se apegan al costo techo y piso forzado por el MAGAP, la semilla más ordinariamente utilizada es la INIAP 14, a partir de los panoramas se contabiliza que el jornal típico para Daule, Santa Lucía y Salitre es de menos de diez dólares, el costo por saca disminuye por año, esto sumado a la incidencia de plagas y enfermedades amenaza la integridad de los agricultores de la zona costera.

En los últimos cinco años, en la búsqueda de opciones inofensivas para el ecosistema para el control de fitopatógenos, se han detectado varios organismos microscópicos beneficiosos para las plantas y antagónicas a hongos fitopatógenos, entre los que se encuentran individuos del género *Methylobacterium*, que debido a su carácter ubicuo, colonizan varios entornos naturales, incluyendo el suelo, el agua, las superficies de las hojas, los pomos, las semillas y el aire, así como los tejidos interiores del huésped (Medina, Ceja, López, Venegas, y Sánchez, 2019).

Incluso este microorganismo fija el nitrógeno en el suelo, beneficiando a las plantas o al cultivo establecido en la zona.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La agricultura convencional trae consigo el uso excesivo de agroquímicos, esta práctica sumada al inadecuado manejo de los insumos agrícolas, representan una de las principales problemáticas en la contaminación ambiental; el arroz es un cereal de primordial importancia para la alimentación de la población ecuatoriana y el mundial, especialmente en países subdesarrollados (Medina et al., 2019). Es por ello, que se propone aplicar alternativas más sustentables para mantener el equilibrio biológico de forma natural, utilizando bacterias del género *Methylobacterium spp.*, tales como la *Methylobacterium symbioticum*, esta cepa exclusiva está caracterizada por su elevada capacidad para fijar nitrógeno atmosférico; el nitrógeno es un macronutriente esencial para el desarrollo vegetativo de las plantas por lo que el uso de esta bacteria se recomienda en la agricultura de precisión, para así de esta forma que buscar la conservación y rehabilitación de los macronutrientes del suelo.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de utilizar una bacteria fijadora de nitrógeno, para el mejoramiento de la fertilidad del suelo para el cultivo de arroz?

1.3 Justificación de la investigación

Entre las alternativas existentes en la actualidad, a los productos químicos se encuentran las bacterias benéficas para las plantas, dentro de las cuales está *Methylobacterium spp.*, en la última década, estas bacterias han sido objeto de estudio por parte de numerosos científicos, debido a su papel en la fijación de

nitrógeno, así como por sus efectos promotores del crecimiento, como por su capacidad de inducir una respuesta defensiva de las plantas contra fitopatógenos.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de brindar conocimiento de alternativas biológicas para fijar nitrógeno y conservar los nutrientes del suelo a los pequeños agricultores, debido a que se requieren de una mayor experiencia para utilizar métodos no convencionales al fertilizar los suelos, esto resulta ser ventajoso para el medio ambiente, porque puede reducir el uso de los fertilizantes químicos nitrogenados que representan un efecto negativo tanto para el medio ambiente como para la salud humana y animal en las zonas arroceras del Ecuador. Además, la compatibilidad de estas bacterias ha sido testada exitosamente con la mayoría de los herbicidas usados en los cultivos, las mismas consumen el metanol generado durante la degradación de los grupos metilos presentes en la pectina de las hojas, por lo que tiene un efecto positivo en la fisiología de la planta.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El estudio se realizó en el recinto Boquerón del cantón Daule, provincia del Guayas. Con la siguiente coordenada (-1.8781245, -79.9594590).
- **Tiempo:** El trabajo experimental se desarrolló en un tiempo estimado de 150 días.
- **Población:** Este proyecto fue dirigido a los pequeños agricultores y para diferentes individuos que cultiven arroz dentro o fuera de la localidad, debido a que la realización de este deja antecedentes de cómo utilizar fijadores de nitrógeno de forma biológica.

1.5 Objetivo general

Evaluar el efecto de la bacteria fijadora de nitrógeno *Methylobacterium symbioticum* en dos variedades de arroz en el cantón Daule provincia del Guayas.

1.6 Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de arroz aplicando la bacteria *Methylobacterium symbioticum* como fijadora de nitrógeno de manera complementaria.
- Indicar cuales de los tratamientos es el más óptimo en la zona Boquerón del cantón Daule, de acuerdo con el rendimiento obtenido.
- Realizar un análisis económico entre los tratamientos.

1.7 Hipótesis

El uso de una bacteria fijadora de nitrógeno a base de *Methylobacterium symbioticum*, optimiza la fertilización de los suelos para el cultivo de arroz.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Mosquera (2021) realizó un trabajo de exploración sobre los factores que influyen en el desarrollo del arroz en la costa ecuatoriana, en donde se menciona al clima, agua y suelo como principales factores determinantes en el crecimiento del cultivo, sin embargo, el uso excesivo de productos agroquímicos puede dañar en el bienestar de los alimentos y del suelo, además el inadecuado uso de estos productos causan un daño directo a la microbiota de los suelos, provocan enfermedades, y generar grandes pérdidas económicas.

Un estudio evaluativo ejecutado en los últimos cinco años, muestra como los productos químicos para la fertilización y control de plagas son parte esencial de la agricultura convencional, debido a que los estos aseguran cubrir las necesidades de un cultivo a gran escala (González, 2019). Sin embargo, con el paso de los años se pueden manifestar efectos secundarios relacionados con el desgaste del suelo por el uso de fertilizantes químicos, por esto es indispensable implementar alternativas biológicas para recuperar los nutrientes existentes en el suelo, en especial el nitrógeno.

Santos et al. (2021) mencionan que actualmente, es común utilizar herbicidas persistentes como el pendimetalina, este permanece por un largo periodo de tiempo en el suelo, y causa impactos negativos para salud humana y el medio ambiente, sin embargo, los microorganismos tienen la capacidad de eliminar muchos contaminantes del medio ambiente, en este caso algunas especies del género *Methylobacterium* las cuales son capaces de degradar químicos del suelo, debido a que este género bacteriano acelera la degradación de xenobióticos herbicidas.

Algunas bacterias como las *metilotróficas* o *Methylobacterium* sp. son de importancia por su propiedad de regeneración de tejido, síntesis de fitohormonas y vitaminas, así como el estímulo de germinación de semillas y más recientemente se ha reportado su capacidad para inducir proporcionar efectos de respuestas defensivas en plantas contra fitopatógenos (Medina, 2011).

Las bacterias del género *Methylobacterium* interactúan simbióticamente (endófito y epífitamente) con diferentes especies de plantas. Estas interacciones pueden promover el crecimiento de las plantas o inducir resistencia sistémica, aumentando la aptitud de la planta (Zhang, Wang, Khan, Tan, y Yang, 2021).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen del cultivo de arroz

El arroz (*Oryza sativa* L.) es una planta herbácea anual que pertenece a la familia de las gramíneas, es el cereal más ilimitado del planeta, y el mismo se produce generalmente en todos los continentes, normalmente se siembra en ambientes con climas cálido y húmedo; en la actualidad es uno de los alimentos más consumidos en todo el mundo, siendo una pieza importante del régimen alimenticio diario de numerosas naciones del planeta (Zurita, 2021). El arroz es uno de los cereales básicos utilizados para la alimentación de la humanidad, La gramínea es superado en área cultivada en el mundo por el trigo (Hasang, Medina, Cobos, y Gómez, 2020).

En el Ecuador, existen más de 400 000 hectáreas de arroz sembradas cada año, siendo Guayas y Los Ríos las provincias que aportan con más del 90% de producción en el país, el resto está disperso en diferentes territorios, el grano con mayor salida comercial e internacional es el grano en cascara, durante los periodos de abril - mayo, su comercialización genera grandes divisas para la población

ecuatoriana (Viteri y Zambrano, 2016). Sin embargo, el rendimiento por hectárea del cultivo depende del tipo de suelo y las técnicas agronómicas aplicadas en la zona específica donde se encuentre establecido.

2.2.2 Morfología y taxonomía del cultivo de arroz

El arroz pertenece a la división: Angiospermae, clase: Monocotyledoneae, orden: Glumiflorae, tribu: Oryzeae, familia: Poaceae, género: *Oryza*, y especie: *Oryza sativa* L., la planta de arroz tiene un tallo principal y un número determinado de macollos, en esta gramínea anual sobresalen los tallos (huecos, con nudos y entrenudos), las hojas con bordes cortantes nivelados y restringidos, unidos al tallo por vainas, y la inflorescencia en panícula, la planta puede medir desde 0.4m para las variedad enana, y hasta 7m para las flotante, posee raíces seminales y adventicias (Degiovanni, Berrio, and Charry, 2017). Por otra parte, tenemos el tallo que está compuesto por una sucesión alterna de nudos y entrenudos de donde emergen los hijos.

2.2.2.1. Raíz

Gu et al. (2017) mencionan, que las raíces tienen varias funciones, sirviendo como soporte y fijación de la planta, absorbiendo agua y nutrientes para la misma, además estas realizan un monitoreo constante de las condiciones del suelo durante su desarrollo, en el caso del arroz este posee dos tipos de raíces: seminales o temporales, y adventicias o permanentes, cada una de estas cumplen con una función en específico para la planta.

2.2.2.2. Tallo

Según Méndez (2022) el tallo del arroz está formado por la variación de cubos y entrenudos, el septo es la pieza interior del nudo que aísla dos entrenudos adyacentes, el entrenudo maduro es hueco, esta finamente estriado con superficie

glabra, su brillo y color dependen de la variedad; la longitud del entrenudo fluctúa, siendo más notable en los entrenudos de la pieza superior del tallo, los entrenudos en la base del tallo son excepcionalmente cortos y se van engrosando para formar un segmento sólido.

2.2.2.3. Hojas

Las hojas de la planta se reproducen una y otra vez como órganos aleatorios en el meristemo apical del tallo, las hojas se distribuidas en forma alterna a lo largo del tallo y están formadas por tres componentes, también tenemos la vaina que es el trozo proximal de la hoja, envuelve la cúspide del tallo y las nuevas hojas para su aseguramiento frente a posibles daños reales; por otra parte, está el cuello que forma parte el límite de intersección entre la lámina y la vaina de la hoja se conoce como cuello, y puede ser de color verde o púrpura; y por ultimo esta la lámina que es el distrito distal de la hoja, es larga y lanceolada (Flores, Castillo, y Silva, 2021).

2.2.2.4. Flores

La inflorescencia, panícula o panoja, y la espiguilla está directamente conectada a las ramas laterales de la panoja mediante el pedicelo, el raquis de la panícula es hueco y tiene nudos; su semilla posee un ovario, seco e indehiscente, que consta de la cáscara, la lemma estéril, raquilla, arista y embrión, que está situado en el lado ventral de la semilla (Paredes, Becerra, Donoso, Olmos, y Rodríguez, 2020). El arroz es una planta que posee una entidad vegetal de alta variabilidad genética, que está representada por muchas especies, y existen miles de formas cultivadas, todo esto gracias a los avances tecnológicos que ha creado el hombre.

2.2.3 Manejo agronómico del cultivo de arroz

Zurita (2021) manifiesta, que el manejo agronómico del cultivo de arroz en Ecuador impacta en los rendimientos adquiridos en la cosecha, siendo el

rendimiento típico de 4t/Ha, el cual es inferior al promedio latinoamericano (4.9t/Ha) y sudamericano (5.1t/ha), y según indican algunos especialistas, el marco de establecimiento mayormente utilizado es al voleo, combinado con el bajo uso de abonos (particularmente fósforo y potasio), la utilización de semilla reutilizada, y la baja recepción de prácticas mejoradas de control fitosanitario han influido en estos bajos rendimientos.

Alvarenga (2019) menciona que la preparación de suelos depende de la técnica de siembra a utilizar, ya sea arroz inundado como ocurre en la mayoría de las veces, para cultivos en secano, se deben considerar todos los factores que puedan influir en el proceso de desarrollo del cultivo, que al final del ciclo van a verse reflejados sobre el volumen de producción, entre ellos se puede mencionar, uso de herbicidas, insecticidas y cualquier otro producto destinado al control de plagas y enfermedades, así como el manejo de las aguas de riego y la fertilización.

2.2.4 Factores edafoclimáticos

Romaní, García, y Alarcón (2020) afirma que los factores climáticos favorecen a la proliferación de enfermedades y causan la incidencia de plagas en diversas épocas del año, lo que tiene graves repercusiones en la seguridad alimentaria, y afectan directamente la eficiencia de los cultivos y la fertilidad del suelo; esto se debe a las variaciones en las tasas de degradación de los suelos, al aumento de la salinización, incremento en las superficies de riesgo, a la disminución de las especies polinizadoras.

Los factores climáticos son primordiales para la productividad, de un cultivo, principalmente en el sistema de arroz secano, se debe tener en cuenta los registros históricos de rendimiento del cultivo, conocer la climatología de la región, con el fin de tomar mejores decisiones en cuanto a la época de siembra y variedad de arroz

a cultivar en determinada zona (Jiménez, 2021). El suelo es una estructura la cual se forma según la influencia del factor clima en una zona determinada, y dependerá de fuerzas externas para cambiar su estructura en los horizontes de área útil.

El arroz puede ser cultivada en diferentes condiciones edafoclimáticas. El éxito o fracaso depende del manejo, las tecnologías y variedades apropiadas que se apliquen, además condiciones especificadas para asegurar un potencial en rendimiento (Cobos, Gómez, Hasang, y Medina, 2020).

El clima es uno de los principales factores que condicionan la producción del de la gramínea, entre estos los más importantes en su desarrollo son la temperatura, radiación solar y precipitación. La temperatura ideal para el desarrollo del arroz está entre los rangos de 22 a 30 °C (Inouchi, et al, 2020; Jagadish, Murty, y Quick, 2015).

La intensidad en la radiación solar es indispensable durante el proceso de formación y llenado de las semillas, la intensidad lumínica favorece de forma positiva en esta etapa fisiológica del cultivo, las etapas reproductivas y de maduración fisiología se ven afectadas por el factor lumínico, es por esto que la época de siembra se planifica para que el cultivo reciba altos niveles de radiación solar para maximizar el rendimiento. La radiación debe ser en niveles de por lo menos 1000 horas de sol durante el ciclo vegetativo (Chen et al., 2019; Degiovanni, Berrio y Charry, 2017; Ishimaru et al., 2018).

El elemento agua también constituye uno de los recursos fundamentales en la producción del cultivo del arroz, es esencial para el desarrollo y crecimiento del vegetal. En esta gramínea los niveles de agua en el suelo determinan el manejo de los nutrientes y el control de plagas como las malezas, enfermedades e insectos (Obregón, Hernández y Ríos, 2021; Villazón, Noris, y Martín, 2021).

2.2.5 Requerimientos nutricionales del cultivo de arroz

Hirzel (2021) indica que el manejo técnico desarrollado para el cultivo de arroz ha permitido mejorar los rendimientos alcanzados en este rubro agrícola, un ejemplo de ello es la creación de las variedades existentes, que han contribuido a la mejora del rendimiento en grano, y la calidad industrial, por lo tanto, este cultivo es dependiente de la fertilización debido a la mayor extracción de nutrientes asociada a altos rendimientos, las diferencias en el material genético y condiciones edafoclimáticas hacen necesario desarrollar manejos nutricionales dirigidos a nuestras variedades locales, algunas variedades pueden llegar a requerir hasta un 30% de nitrógeno, 50% de fósforo, 60% de potasio, 30% de calcio, y 100% de magnesio.

2.2.6 Variedades de arroz utilizadas para la producción en Ecuador

2.2.6.1. INIAP FL-1480

Aguilar, y Veintimilla (2022) explican que la variedad INIAP FL-1480 Cristalino es una diversidad que presenta rendimientos que puede conseguir cifras de 6tm/ha. Es un cultivar fuerte contra enfermedades como *Pyricularia grisea*, *Sarocladium oryzae*, *Rhizoctonia solani*, manchado de grano, hoja blanca y aguante al acame. Es fuerte contra diversas plagas y enfermedades como la putrefacción de la vaina, manchado de grano, quemazón y sogata. Tiene una alta capacidad de proteínas y zinc. Es una clase de arroz de grano muy extenso y posee una 28 idónea condición molinera y culinaria, lo que promueve el progreso provechoso del sector arrocero de la costa ecuatoriana.

2.2.6.2. SFL-11

La variedad de arroz SFL-11, posee un alto rendimiento al obtener entre 6 a 8 ton/ha/año, cuya calidad y producción es alta, su gran índice de consumo lo vuelve uno de los arroces más comerciales (Cabezas, et al., 2021).

2.2.6.3. INIAP FL – ÉLITE

A NIVEL de campo INIAP FL – ÉLITE presenta un nivel de producción de 10ton ha, presenta un periodo vegetativo entre 125 a 140 días según la zona y época del cultivo, en condiciones de campo es resistente a principales enfermedades que afectan al cultivo de arroz, posee un grano extralargo de 7.6 mm descascarado, es cristalino, buena calidad molinera y sabor culinario (INIAP, 2020)

2.2.6.4. SFL-09

Este material se caracteriza por su vigor alto, buena productividad y calidad de grano extralargo

- Tolerante a las principales enfermedades tales como Quemazon (*Pyricularia oryzae*), *Sarocladium oryzae*, hoja blanca, *rhizoctonia solani*, y moderadamente susceptible a manchado de grano cuando no se le da un buen manejo fitosanitario
- Presentación en saco de 45 kg (Zambrano, Andrade, y Carreño, 2019).

2.2.7 Fertilización del cultivo de arroz

Según González (2021) la fertilización es una de las principales prácticas para obtener rendimientos excepcionales en los cultivos de arroz, por esto es importante garantizar que los suplementos aplicados, y los que se encuentran en el suelo puedan ser absorbidos y asimilados por las plantas, para fertilizar adecuadamente un cultivo, es necesario realizar previamente un análisis suelo, para identificar los nutrientes que carecen en el mismo, y asegurar un mejor desarrollo en la planta, el mantenimiento de la humedad.

La fertilización tiene como objetivo modificar el estado de carencia del suelo respecto a los elementos nutritivos y establecer o restablecer al terreno los elementos que caracterizan su fertilidad, de forma óptima para ser utilizados por la planta de arroz (Hirzel, 2018.)

Los nutrientes de las plantas se dividen en macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes que necesita el arroz para su crecimiento son: N, P, K, Ca, Mg, S. El cultivo de arroz también necesita de micronutrientes, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B y Cl, pero las plantas los requieren en menores cantidades. Generalmente, los micronutrientes no se encuentran limitados en el suelo. Los micronutrientes otorgan a la planta resistencia al estrés abiótico, así como de plagas y enfermedades. Un nivel apropiado de micronutrientes. induce la eficiente absorción del nitrógeno y fósforo (Brito, 2019)

2.2.7.1. Funciones de los principales nutrientes en el arroz

Nitrógeno: Promueve el desarrollo rápido e incrementa la altura de la planta y el número de tallos, Incrementa el tamaño de las hojas y del grano, Aumenta el número de granos por panícula, el porcentaje de granos llenos, y el contenido proteico del grano (Barzan, Contreras, y García, 2022).

Fosforo: Estimula el desarrollo radicular, Favorece el ahijamiento. Mejora la calidad del grano. Se moviliza por toda la planta.

Potasio: Estimula la obtención de panículas más grandes, más fértiles y granos más llenos. Promueve la maduración más rápida y completa, Favorece la resistencia al encamado y al ataque de parásitos y enfermedades (principalmente en condiciones de altos contenidos de N en la tierra) (Barboza, Pérez, y Chamorro, 2023).

2.2.7.2. Problemáticas de fertilización en el cultivo de arroz

2.2.7.2.1. Deficiencia de Nitrógeno

Uno de los problemas más comunes en la producción de arroz es la deficiencia de nitrógeno. Por lo general, tiene lugar durante etapas de crecimiento cruciales (desarrollo de la panícula), cuando las plantas necesitan una mayor cantidad de nitrógeno.

Podemos identificar estas deficiencias por una intensa decoloración de los cultivos (Hernández, Almeida, y Nápoles, 2021).

2.2.7.2.2. Deficiencia de fosforo

La falta de presencia de este elemento elementos hace que nuestro cultivo no desarrolle normalmente sus raíces, por lo que su presencia en cantidades optimas juega un papel muy importante en las primeras etapas del cultivo (Gutz, et al., 2019)

2.2.7.2.3. Deficiencia de Potasio

Las deficiencias de potasio tienen un gran impacto en el crecimiento de los cultivos, por lo que se presentan los siguientes síntomas en las plantas:

Manchas oscuras en las hojas más viejas.

Plantas verdes oscuro con hojas amarillas a marrones.

Las hojas en las partes más bajas de la planta pueden tender a doblarse hacia abajo.

Manchas necróticas en panículas y temprana marchitez en las hojas (Abdoulaye, Foda, y Kotta, 2019)

2.2.8 Fertilización biológica

Rodríguez (2017) afirma que en la última década los enfoques científicos en el cultivo de arroz, se han dirigido especialmente en la obtención de nuevas variedades, básicamente aquellas con alto potencial útil y resistente a plagas, en lo

referente a trabajos sobre nutrición del cultivo, el enfoque ha sido hacia la dosificación de productos fertilizantes químicos, dejando de lado al uso de productos biológicos; sin embargo, para incrementar la creación de arroz, se debe hacer un trabajo excepcionalmente competente y complementario con la utilización de fertilizantes biológicos a base de microorganismos, sean estos hongo o bacterias e implementar técnicas que propongan una mejora mecánica de la cosecha enfocada a programas de biofertilización, para asegurar la conservación de los suelos.

2.2.9 Degradación de los suelos arroceros

Los movimientos centrado en producir solo para el ser humano, ha provocado desequilibrios ecológicos que amenazan la capacidad productiva del recurso suelo, el manejo intensivo y continuado en sistemas de producción agrícola, donde no se implementan opciones de preservación y mejora del suelo, provoca un aumento de densidad y contenido de arena en el suelo, así como una disminución del pH y contenido de microorganismos, lo que provoca una reducción de la productiva de áreas agrícolas (Rodríguez, Pérez, y García, 2021).

El recurso natural suelo, tiene gran complejidad y heterogeneidad, originado por la interacción de factores y procesos de formación durante periodos extensos de tiempo, dando lugar a características y propiedades que le permiten el soporte y sustento de la vida al planeta. Las principales causas de la degradación de los suelos agrícolas en América Latina son las siguientes: el cambio en el uso del suelo; sobreexplotación y cambio climático (Domínguez, Márquez, Madrazo, Castillo, y Pozo, 2019).

Para Domínguez, et al., (2019) la introducción de una agricultura de conservación en los ecosistemas arroceros es una forma de remediar el impacto

negativo de la explotación intensiva de los suelos, teniendo a implementación de estrategias como labranza cero, el manejo de la cobertura y la rotación de cultivo, que contribuyan al ahorro de agua, la disminución de los gastos de explotación de la maquinaria agrícola, así como para la mejora, conservación y manejo del suelo.

2.2.10 Fijadores biológicos de nitrógeno

Ariza, González, y López (2020) realizaron una investigación sobre los problemas de degradación del suelo agrícola que se presentan actualmente, en donde se menciona que los fijadores biológicos de nitrógeno son esenciales para mejorar el estado del suelo, sin dejar residuos contaminantes en el ambiente.

2.2.10.1. *Methylobacterium spp.*

Instituto Valenciano de Microbiología (IVAMI, 2020) menciona que *Methylobacterium spp.* son bacterias cocobacilares, que suelen estar en agrupadas o formando una cadena gran-negativa, estas son móviles debido a que posee un flagelo, fisiológicamente son metilo-tróficas, saprofitas muy distribuidas en la naturaleza, frecuentemente se pueden encontrar en el agua o residuos, e incluso en los granos de arroz, este género suele ser objeto de estudios para el desarrollo de fertilizantes biológicos para la fijación de nutrientes en el suelo.

2.2.10.2. *Uso de Methylobacterium symbioticum*

Symborg (2022) menciona que *Methylobacterium symbioticum* es una bacteria fijadora de nitrógeno, esta extraordinaria cepa se caracteriza por su gran capacidad para fijar el nitrógeno ambiental, el cual es un macronutriente fundamental para el avance vegetativo de las plantas, por lo que la utilización de *Methylobacterium symbioticum* está especialmente indicado en la agricultura de precisión, esta bacteria coloniza rápidamente la filosfera de la planta en las fases iniciales de su turno, pasando de los pases a la raíz, su presencia en las hojas le permite acceder

al nitrógeno ambiental, además, consume el metanol producido durante la degradación de los racimos, y ayuda fisiológicamente de la planta.

Las bacterias de este género se distribuyen por todo el mundo y abundan en la rizosfera de muchas especies vegetales, incluido el arroz. El dominio de estas bacterias de la rizosfera se atribuye a su capacidad única de utilizar metanol liberado a través de las estomas de las plantas como fuente alimenticia (carbono). Así pues, se cree la asociación con plantas para el uso de metanol en este género y a su vez las proteínas producidas por la bacteria mejoran la asimilación de las plantas de diferentes nutrientes del suelo como nitrógeno y otros elementos (Sanjenbam, Buddidathi, Venkatesan, Shivaprasad, y Agashe, 2020).

Estudios realizados por Lai, et al., (2020) muestran que las bacterias *Methylobacterium* spp. son colonizadoras persistentes de la planta de arroz y ejercen efectos beneficiosos sobre el crecimiento y la salud de la planta. Se encontraron sesenta y una cepas de *Methylobacterium* pertenecientes a siete especies predominantemente de en rizosfera del arroz cultivado en seis provincias del delta del Mekong en Vietnam. Las pruebas de inoculación revelaron que algunas cepas presentaban una actividad promotora del crecimiento vegetal. Además, tres cepas poseían las novedosas características de inducir el blanqueamiento de las hojas y matar las plántulas de arroz.

2.2.11 Análisis costo-beneficio de la fertilización biológica

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2017) indica que, es importante realizar un análisis costo-beneficio para ayudar a la toma de decisiones en beneficio de la empresa, además, este proceso evalúa de manera técnica que las concesiones mutuas sean más transparentes, y el uso de productos biológicos

de bajo costo, son una gran opción, debido a que generan menos gastos, y no son nocivos para la salud humana.

2.3 Marco legal

Título II

De la Democratización de la Transformación

Productiva y el Acceso a los Factores de Producción

Capítulo I

De la Tierra

Art. 61.- Del acceso a la tierra y de su fomento integral.- El Estado, a través de sus órganos gubernamentales competentes, fomentará y facilitará el acceso a la tierra a las familias y comunidades campesinas carentes de ella, dándoles preferencia en los procesos de redistribución de la tierra, mediante mecanismos de titulación, transferencia de tierras estatales, mediación para compra venta de tierras disponibles en el mercado, reversión, u otros mecanismos establecidos en la Constitución y la Ley. Para garantizar que estas acciones redunden en mejoras de productividad y de acceso a mercados, se realizarán también las siguientes actividades: a. Incentivará mecanismos de comercialización alternativos para que, a la vez que se procura el mejoramiento de los ingresos de las familias campesinas productoras, se garantice el abastecimiento de los mercados locales y regionales; b. Apoyará la soberanía alimentaria del país, por medio del fomento a la producción de alimentos para el consumo nacional, incentivando además de la productividad, la producción de bienes que favorezcan la nutrición adecuada de las familias ecuatorianas, especialmente de la niñez; y, c. Promoverá prácticas productivas que aseguren la conservación y manejo sustentable de la tierra, en especial de su capa fértil que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación y erosión. Los recursos para estos programas se asignarán anualmente del presupuesto general del Estado (Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, 2010, p. 16).

Proyecto de Código Orgánico del Ambiente

Que, el artículo 276, número 4, de la Constitución de la República del Ecuador, establece que uno de los objetivos del régimen de desarrollo será recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural; (Código Orgánico del Ambiente, 2017, p. 5).

Que, el artículo 409 de la Constitución de la República del Ecuador declara que es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona; (Código Orgánico del Ambiente, 2017, p. 7).

Que, el artículo 415 de la Constitución de la República del Ecuador dispone que el Estado Central y los gobiernos autónomos descentralizados, deberán adoptar

políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso de suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes; (Código Orgánico del Ambiente, 2017, p. 7).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Este trabajo es de tipo experimental, donde se detallan los efectos que tienen los biofertilización en el incremento de la producción del cultivo de arroz, para esto se estimó los resultados y el coste-benéfico de cada tratamiento aplicado. Además, con la recolección de datos se probó la hipótesis planteada en el proyecto mediante el análisis estadístico.

- **Investigación aplicada:** Mediante la aplicación de técnicas biológicas para la fertilización del cultivo de arroz no solo se cubrieron los requerimientos nutricionales del cultivo, sino que al mismo tiempo mejora la calidad del suelo, y estableció un entorno microbiológico óptimo y natural.
- **Investigación de campo:** En el cantón Daule recinto “Boquerón”, Guayas; se ejecutó una investigación de campo, donde se identificó cual tratamiento de fertilización biológica estimula la productividad en el cultivo de arroz (figura 2).
- **Investigación experimental:** Por medio del desarrollo de un trabajo experimental se aplicó una serie de tratamientos para la biofertilización de arroz, en donde se evaluó la eficiencia de estos, para mejorar la productividad del cultivo.

3.1.2 Diseño de investigación

Esta investigación se sustenta en la biofertilización a base de la bacteria *Methylobacterium symbioticum*, la cual tiene la capacidad de fijar nitrógeno en el suelo y función activadora de macros nutrientes para mejorar el desarrollo de la planta. Este proyecto conto con un diseño experimental de bloque completo al azar

(DBCA) en donde se aplicarán cuatro tratamientos para determinar la efectividad de estos; este diseño permite manipular las variables con sus respectivas condiciones, para obtener resultados viables a través del experimento (figura 3).

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. *Variable independiente*

- Variedad de semilla (SFL-11/SFL-09)
- Alternativas de fertilización (*Methylobacterium symbioticum*)

3.2.1.2. *Variable dependiente*

- **Altura de planta:** Para medir la altura de la planta, se tomaron diez muestras de forma aleatoria distribuidos en toda la parcela de los tratamientos, de los cuales se midió la altura de la planta tomando como referencia el ras de piso hasta la punta de la hoja bandera; esta medición se realizó a los 70 días después del trasplante.
- **Longitud de raíces:** Se tomaron diez plantas al azar de las parcelas que estén en el área útil del cultivo, para medir la longitud de raíces a los noventa días de estar establecido el cultivo.
- **Longitud de panícula:** Para determinar la longitud de panícula, se seleccionaron diez panículas en el área de la parcela útil por cada tratamiento, y se midió el nudo ciliar hasta el último grano (expresado en centímetros), en su etapa de madurez fisiológica.
- **Tamaño de espiga:** Se tomaron diez muestras de forma aleatoria distribuidos en toda la parcela de los tratamientos, de los cuales se tomaron espigas para realizar la medición de tamaño, tomando como referencia

desde el primer nudo de la espiga hasta el final de esta. Esta medición se realizó días antes de cosecha.

- **Granos por espiga:** Se tomaron las espigas muestreadas y se realizó el conteo de granos por espiga, tomando en mismo número de muestras por tratamiento esta medición se realizó días antes de cosecha.
- **Análisis económico beneficio/costo:** El análisis económico de la investigación, se basó en la relación costo-benéfico de cada tratamiento dando como resultado el costo total, y se restó al ingreso bruto para conocer la utilidad por tratamiento.

Tratamientos

El estudio se enfocó en la aplicación de diferentes dosis de la bacteria fijadora de nitrógeno atmosférico *Methylobacterium symbioticum* en las variedades de arroz SFL-011/ SFL-09 (tabla 1).

Tabla 1. Descripción de tratamientos

No	Tratamientos	Dosis/ha	Dosis/parcela	Frecuencia
1	<i>Methylobacterium symbioticum</i> – SFL 11	666 g/ha	0.66 g/parcela	0 - 21 – 29
2	<i>Methylobacterium symbioticum</i> – SFL 09	666 g/ha	0.66 g/parcela	0 - 21 – 29
3	Convencional – SFL 11	_____	_____	_____
4	Convencional – SFL 09	_____	_____	_____

Tratamiento de estudio
Ronquillo, 2023

3.2.2 Diseño experimental

Se realizó un diseño experimental de bloque completo al azar (DBCA), en el cual se efectuaron cuatro tratamientos y cinco repeticiones.

3.2.3 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

Los recursos bibliográficos que se usaron para el desarrollo de la investigación fueron revistas, artículos científicos, tesis, libros, documentos de sitios web. Por otra parte, los recursos económicos están reflejados en la siguiente tabla (tabla 2):

Tabla 2. Recursos que se utilizaron en la investigación

Recursos	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor (\$)
Alquiler de terreno	1	150	150
Viatico			225
Preparación de suelo y limpieza	2	150	300
División de las parcelas	2	15	30
Semillas	2	50	100
Semilleros	2	30	60
Mantenimiento de semillero	2	15	30
Trasplante	4	15	60
Deshierba	4	15	60
Control de plaga	3	25	75
Control de enfermedades	3	25	75
Riego	7	25	175
Pala	4	5	20
Cinta métrica	1	15	15
Pancarta	1	40	40
Carteles	20	3	60
Libreta de apuntes	1	2	2
Imprevistos 5%			79.85
Total			\$1 500.85

Tratamiento de estudio
Ronquillo, 2023

3.2.4.2. Métodos y técnicas

Los métodos y técnicas que se utilizaron en la investigación fueron aplicados con un propósito experimental, y se explicó las recolecciones de datos y detalles del método, y técnicas de trabajo.

- **Método deductivo:** Con este método se realizó un análisis de la respuesta del cultivo de arroz a cada tratamiento experimental planteado en el

proyecto; para así evaluar la efectividad del uso de biofertilizantes fijadores de nitrógeno en el suelo.

- **Método inductivo:** El uso del método inductivo permitió identificar y responder la hipótesis planteada a través del trabajo experimental.
- **Técnica analítica:** Se utilizó una técnica analítica para evaluar la eficiencia de los tratamientos con diferentes dosificaciones en cada parcela experimental; además, se realizaron prácticas agronómicas convencionales para otros cuidados que requiera el cultivo, tales como preparación del terreno, siembra (manual y mecanizada), control de plagas, control de enfermedades, manejo de arvenses, riego y cosecha.

3.2.4 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se evaluaron estadísticamente bajo el análisis de varianza y prueba de Tukey al 5% de probabilidad (tabla 3).

Tabla 3. Esquema de análisis de varianza

Fuente de variación	Formula	Grados de libertad
Tratamientos	$t-1$	3
Repeticiones	$r-1$	4
Error experimental	$(t-1)(r-1)$	12
Total	$t*r-1$	19

Análisis de varianza
Ronquillo, 2023

3.2.5 Hipótesis estadística

H₀: Ninguna de las diferentes dosificaciones muestra efecto al cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*).

H₁: Al menos una de las dosificaciones muestra efectos para el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*).

3.2.6 Delimitación experimental

Las características, descripción y las dimensiones de las unidades experimentales que fueron utilizadas en la presente investigación se detallan a continuación en la tabla 4.

Tabla 4. Descripción de unidades experimentales

Descripción	Diámetro
Número de tratamiento	4
Número de repeticiones	5
Número de parcelas	20
Largo de parcela	4 m
Ancho de parcela	5 m
Distancia entre hileras	0.30 m
Distancia entre plantas	0.25 m
Área útil por parcela	6 m ²
Número de hileras por parcelas	16
Número de plantas por hileras	16
Distancia entre repeticiones	2 m
Distancia entre tratamientos	2 m
Área total del experimento	960 m ²
Número total de plantas por parcelas	256

Características del área experimental

Ronquillo, 2023

4. Resultados

4.1 Comportamiento agronómico del cultivo de arroz aplicando la bacteria

Methylobacterium symbioticum

4.1.1 Altura de la planta en el cultivo de arroz

De acuerdo con los resultados obtenidos en el parámetro de la altura de la planta a la aplicación de la bacteria *Methylobacterium symbioticum* fijadora de nitrógeno en el cultivo de arroz, los diferentes tratamientos no presentaron diferencia estadística entre sí. Los resultados muestran que la mejor media es compartida por tres tratamientos el T1, T2 y T3 con 1.34 metros en la altura de la planta, teniendo al T4 con una media de 1.32 metros en la altura de la planta de arroz con la aplicación de la bacteria fijadora de nitrógeno *Methylobacterium symbioticum* (Tabla 5).

Tabla 5. Altura de la planta de arroz

Tratamiento	Promedio (m)	Significancia
T1 <i>Methylobacterium symbioticum</i> – SFL 11	1.34	A
T2 <i>Methylobacterium symbioticum</i> – SFL 09	1.34	A
T3 Testigo - SFL 11	1.34	A
T4 Testigo - SFL 09	1.32	A
CV	4.38	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Ronquillo, 2023

4.1.2 Longitud de raíces en cultivo de arroz

De acuerdo con la variable de la longitud de la raíz de la planta con la aplicación de bacteria fijadora de nitrógeno en el cultivo de arroz, los resultados del análisis estadístico muestran que no existió una diferencia entre los diferentes tratamientos en estudio. La longitud de la raíz fue para el T3 una media de 22.08 cm, seguido por el T1 con una longitud media de la raíz de 21.72 cm, para el T2 se presentó una media de 21.44 cm y por último el T4 con una media de 21.32 cm en la longitud de

la raíz de la planta con la aplicación de la bacteria fijadora de nitrógeno *Methylobacterium symbioticum* en el cultivo de arroz (Tabla 6).

Tabla 6. Longitud de raíces de la planta de arroz

Tratamiento	Promedio (cm)	Significancia
T3 Testigo - SFL 11	22.08	A
T1 <i>Methylobacterium symbioticum</i> – SFL 11	21.72	A
T2 <i>Methylobacterium symbioticum</i> – SFL 09	21.44	A
T4 Testigo - SFL 09	21.32	A
CV	4.85	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)
Ronquillo, 2023

4.1.3 Tamaño de espiga de la planta de arroz

Para el análisis de la variable del tamaño de la espiga no se presentó una diferencia estadística entre los diferentes tratamientos en estudio. La diferencia entre la media en el tamaño de la espiga fue cercana entre los diferentes tratamientos, mostrándose el T4 con 26.38 cm, seguido del T3 con una media de 26.06 cm, para el T2 una media en la longitud de la espiga de 26.04 cm, por último, encontramos al T1 con una media de 25.68 cm en la longitud de la espiga con la aplicación de la bacteria (Tabla 7).

Tabla 7. Tamaño de espiga de la planta de arroz

Tratamiento	Promedio (cm)	Significancia
T4 Testigo - SFL 09	26.38	A
T3 Testigo - SFL 11	26.06	A
T2 <i>Methylobacterium symbioticum</i> – SFL 09	26.04	A
T1 <i>Methylobacterium symbioticum</i> – SFL 11	25.68	A
CV	1.99	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)
Ronquillo, 2023

4.1.4 Número de granos por espiga de la planta de arroz

El análisis estadístico realizado en la variable del número de granos por espiga en el cultivo de arroz con la aplicación de la bacteria fijadora de nitrógeno *Methylobacterium symbioticum* no presentó diferencia significativa entre los diferentes tratamientos en estudio. Las medias muestran al T2 con el número de grano por espiga de 112.32, seguido por el T1 con una media de 106.08 granos por espiga en la planta de arroz, para el T4 se alcanzó una media de 101.80 granos, teniendo por último el T3 con una media de 98.32 granos por espiga (Tabla 8).

Tabla 8. Número de granos por espiga

Tratamiento	Promedio (n)	Significancia
T2 <i>Methylobacterium symbioticum</i> – SFL 09	112.32	A
T1 <i>Methylobacterium symbioticum</i> – SFL 11	106.08	A
T4 Testigo - SFL 09	101.80	A
T3 Testigo - SFL 11	98.32	A
CV	5.66	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Ronquillo, 2023

4.2 Tratamiento óptimo del cultivo de arroz aplicando la bacteria *Methylobacterium simbioticum*

Para determinar el mejor tratamiento se realizó un análisis de la productividad para cada uno de los tratamientos en estudio.

4.2.1 Productividad del cultivo de arroz

De acuerdo con la variable de la productividad, el análisis estadístico no mostró una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos en estudio. Los rendimientos en los tratamientos se presentaron en el T1 con una media de 8718.88 kg/ha en productividad del cultivo de arroz, seguido por el T2 con una media de 8295.10 kg/ha, para el T3 la media en productividad alcanzo los 8038.04 kg,

teniendo al final la productividad en el T4 con una media de 7815.72 kg/ha (Tabla 9).

Tabla 9. Productividad del cultivo del arroz kg/ha

Tratamiento	Promedio (kg/ha)	Significancia
T1 <i>Methylobacterium symbioticum</i> – SFL 11	8718.88	A
T2 <i>Methylobacterium symbioticum</i> – SFL 09	8295.10	A
T3 Testigo - SFL 11	8038.04	A
T4 Testigo - SFL 09	7815.72	A
CV	19.49	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)
Ronquillo, 2023

4.3 Relación beneficio-costo de los tratamientos en estudio

Para el análisis del costo/beneficio de los tratamientos se aplicó la fórmula $B/C=VPi/VPe$, donde se mostró que los tratamientos tuvieron una relación de beneficio costo por encima de 0.23 para los diferentes tratamientos, teniendo para el T1 con un valor en la relación beneficio costo con de 0.53, seguido del T2 con un valor de 0.38, para el T3 se obtuvo un beneficio costo de 0.31, por último, encontramos al T4 con un valor en la relación costo beneficio de 0.23. La mejor utilidad se obtuvo en el T1 con 1462.45 dólares americanos y teniendo para el T4 1234.40 dólares americanos (Tabla 10).

Tabla 10. Relación costo/beneficio de los tratamientos

Descripción	Valores en dólares americanos (\$)			
	T1	T2	T3	T4
Alquiler de terreno	150.00	150.00	150.00	150.00
Viatico	225.00	225.00	225.00	225.00
Preparación de suelo y limpieza	300.00	300.00	300.00	300.00
División de las parcelas	30.00	30.00	30.00	30.00
Semillas	100.00	100.00	100.00	100.00
Semilleros	60.00	60.00	60.00	60.00
Mantenimiento de semillero	30.00	30.00	30.00	30.00
Trasplante	60.00	60.00	60.00	60.00
Deshierba	60.00	60.00	60.00	60.00
Control de insectos plaga	75.00	75.00	75.00	75.00
Control de enfermedades	75.00	75.00	75.00	75.00
Riego	175.00	175.00	175.00	175.00
Pala	20.00	20.00	20.00	20.00
Cinta métrica	15.00	15.00	15.00	15.00
Pancarta	40.00	40.00	40.00	40.00
Carteles	60.00	60.00	60.00	60.00
Libreta de apuntes	2.00	2.00	2.00	2.00
Imprevistos 5%	79.85	79.85	79.85	79.85
<i>Methylobacterium symbioticum</i>	18.00	18.00	0.00	0.00
Total, de egresos	1518.85	1518.85	1500.85	1500.85
Rendimiento promedio (kg/ha)	8718.88	8295.10	8038.04	7815.72
Sacos por hectárea	87.18	82.95	80.38	78.15
Precio por saca	35.00	35.00	35.00	35.00
Ingresos por venta	3.051.3	2.903.25	2813.30	2735.25
Utilidades	1.352.45	1.384.40	1.312.45	1.234.40
Relación costo/beneficio	0.53	0.38	0.31	0.23

Ronquillo, 2023

5. Discusión

Los biofertilizantes o bioestimulantes son productos derivados de diversas sustancias y microorganismos que ayudan a mejorar el crecimiento de las plantas. Estos microorganismos como las bacterias influyen en las raíces de las plantas, sobre las características físicas, químicas y biológicas. La acción en rizosfera del suelo, los microorganismos por la secreción de distintos compuestos ayudan a las plantas a asimilar nutrientes y mejoran el desarrollo de esta (Lemus, Venegas, y Pérez, 2021). En el presente trabajo se utilizó la bacteria fijadora de nitrógeno *Methylobacterium symbioticum*, evidenciando una mejora en las características productivas del cultivo de arroz.

Nysanth, Meenakumari, Syriac y Beena (2019) realizaron estudio del desarrollo de plantas de arroz con la inoculación de diferentes especies de la bacteria del género *Methylobacterium*, los resultados mostraron que el microorganismo favoreció en el tamaño de la planta en comparación a los tratamientos si la inoculación de las bacterias. La presente investigación el tamaño de la planta fue mayor en los tratamientos con la aplicación de la bacteria *Methylobacterium symbioticum*, compartiendo el resultado con uno de los testigos.

En trabajo realizado por Lai, et al., (2020) donde se estudió la influencia de géneros de la bacteria *Methylobacterium* ssp., logro determinar que la presencia del microorganismo favorecía en un mínimo en el tamaño de las raíces de las plantas de arroz, pero si se apreció un incremento en otras características como el tamaño y peso de hojas en comparación al testigo sin la inoculación de las bacterias. En el presente trabajo también se observó que el tamaño de las raíces no fue marcada la diferencia entre los tratamientos, pero fue favorecida las características productivas en el número de semillas por espiga, mostrando que la acción del

microorganismo ayuda en la productividad del cultivo del arroz con la aplicación de la bacteria *Methylobacterium symbioticum*.

En el presente trabajo de investigación los resultados en el número de granos por espigas fueron mayor en los tratamientos en que se aplicó la bacteria fijadora de nitrógeno *Methylobacterium symbioticum*. Estos resultados son similares a los encontrado por Nysanth, Meenakumari, Syriac y Beena (2019), donde la inoculación de diferentes especies del género de la bacteria *Methylobacterium* alcanzó mayor número de semillas por espiga por parte de las plantas de arroz donde se aplicó las bacterias.

En investigación realizada por Priya, Kumutha, y Senthilkumar (2019) con la inoculación de *Rhizobium* en consorcio con bacterias rizosféricas de vida libre *Methylobacterium* spp. dieron excelentes resultados en la mejora del crecimiento y la productividad de la planta de arroz, considerando que favorecieron en varios aspectos de la fisiología y morfología del vegetal. En el presente trabajo de investigación se evidenció que la aplicación de la bacteria *Methylobacterium symbioticum* también favoreció al desarrollo de la planta de arroz y al incremento en la productividad del cultivo, teniendo en consideración de lo mencionado por los anteriores autores.

6. Conclusión

La aplicación de los biofertilizantes, son una de las opciones ambientalmente amigables para la nutrición de las plantas, pues favorecen a la asimilación de los nutrientes por medio de la simbiosis que se generan entre el microorganismo y el vegetal, ayudando en el desarrollo e incrementando la productividad de los cultivos y también siendo amigables con el medio edáfico. Sin embargo, en cuanto a la producción no se vio reflejado el uso de la bacteria.

La bacteria fijadora de nitrógeno *Methylobacterium symbioticum* usada como biofertilizante en el cultivo del arroz, favoreció al desarrollo del cultivo al aumentar la eficiencia en la asimilación de nutrientes por parte de la planta, que a su vez se vio reflejado en las variables como: longitud de las raíces, tamaño de la espiga y tuvo resultados notorios en la productividad del cultivo.

El uso de diferentes variedades de arroz usadas en el presente estudio influyó en la acción de la bacteria fijadora de nitrógeno *Methylobacterium symbioticum* siendo aplicada sobre estas variedades como la SFL11 y SFL09, los resultados no presentaron mayor diferencia agronómica sin embargo la variedad SFL11 tuvo mayor producción.

7. Recomendación

El cultivo del arroz es uno de los alimentos de principal consumo y sembrado a mayor escala en nuestro país. Es primordial que los agricultores conozcan el beneficio del uso de los microorganismos usados como biofertilizantes, pues estos como las bacterias fijadoras de nitrógeno (*Methylobacterium symbioticum*) favorecen a la nutrición de las plantas como en el caso del cultivo del arroz, teniendo en consideración que, a más de favorecer en el desarrollo y productividad, favorecen a la conservación del ambiente y los recursos naturales necesarios para el desarrollo del cultivo del arroz como el suelo.

Se deben realizar nuevos estudios sobre los diferentes microorganismos que pueden ser usados como biofertilizantes en la producción de los cultivos, teniendo en consideración que estos sean de preferencia microorganismos endémicos y compatibles con otros productos de nutrición agrícolas, así mismo el tratamiento que tuvo mayor producción fue el primer tratamiento en la variedad SFL11 con la dosificación de 666g/ha y tuvo una frecuencia de aplicación a los 0, 21 y 29 días.

El mal uso de los fertilizantes por los productores ha causado problemas ambientales, a más del aumento de los costos de producción y la reducción en la productividad del cultivo, sin embargo, en el proyecto de tesis se pudo determinar que el tratamiento uno tuvo una buena producción en relación a los demás tratamientos que se evaluaron.

8. Bibliografía

- Aguilar, J. J. M., y Veintimilla, A. C. A. (2022). Efecto de algas marinas como fertilizante para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) en Babahoyo, Ecuador. ECOAgropecuaria. Revista Científica Ecológica Agropecuaria, 2(01), 6-12.
- Alvarenga, J. (2019). *Manejo agronómico y fitosanitario en arroz (Oryza sativa L.)*, Timal, Tipitapa, Managua, 2019. (Tesis de pregrado). Universidad Agraria Nacional, Managua, Nicaragua.
- Ariza, S., González, O., and López, J. (2020). Evaluación de fijadores biológicos de nitrógeno libres sobre el crecimiento de gramíneas en suelo degradado. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 22, 87–97.
- Asamblea Nacional. (2010). *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones*.
- Asamblea Nacional. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*.
- Barboza, A. D., Pérez, A. L., y Chamorro, L. I. (2023). Bacterias endófitas aisladas de cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) con actividad promotora de crecimiento vegetal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 21(1), 28-39.
- Barzan, R. R., Contreras, H. A. S., y García, N. A. O. (2022). Fuentes y dosis de nitrógeno en el crecimiento inicial de arroz (*Oryza sativa* L.) de secano. *Acta Agronómica*, 71(4).
- Cabezas, V. G., Cabezas, M. G., Castro, O. M., Paredes, J. L., Sandoval, M. Q., Parrales, Y. R., y Fajardo, M. F. (2021). Tolerância de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), ao complexo de coloração de grãos na estação chuvosa da costa equatoriana. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research (BJAER)*, 4(4), 6616-6628.

- Chen, S., Yin, M., Zheng, X., Liu, S., Chu, G., Xu, C., Wang, D., y Zhang, X. (2019). Effect of Dense Planting of Hybrid Rice on Grain Yield and Solar Radiation Use in Southeastern China. *Agronomy Journal*, 111(3), 1229–1238.
- Cobos, F., Gómez, J., Hasang, E. n, y Medina, R. (2020). Sostenibilidad del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en la zona de Daule, provincia del Guayas, Ecuador. 5, 1-16.
- Degiovanni, V., Berrio, L., and Charry, R. (2017). Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). *Producción Eco-Eficiente Del Arroz En América Latina*, 35–59.
- Domínguez, D., Márquez, E., Madrazo, F., Castillo, S., y Pozo, C. (2019). Manejo integrado de suelos arroceros para mitigar vulnerabilidades asociadas al cambio climático. Martha Ligia Castellanos Martínez, 266.
- Domínguez, C., Díaz, G., Miranda, A., Duarte, C., Rodríguez, A., y de Araújo, A. G. (2019). Agricultura de Conservación: consideraciones para su adopción en agroecosistemas arroceros de Pinar del Rio. *Ingeniería Agrícola*, 9(2).
- Flores, R. L., Castillo, P. S., y Silva, J. C. (2021). Influencia de la alimentación con hoja de arroz (*Oryza sativa* L.) en la biología de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797). *Manglar*, 18(2), 103-109.
- González, M. (2019). *Adaptación de microorganismos fijadores de nitrógeno de vida libre a diferentes concentraciones de sales de amonio*. (Tesis de pregrado). Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- González, X. (2021). *Claves para optimizar la fertilización en los cultivos de arroz. Informe de redagráfica*.
- Gu, D., Zhen, F., Hannaway, D., Zhu, Y., Liu, L., Cao, W., and Tang, L. (2017). Quantitative Classification of Rice (*Oryza sativa* L.) Root Length and Diameter

- Using Image Analysis. *Plos One*, 9.
- Gutz, T., Cunha, G., Olescowicz, D., Bachmann, G., Harthmann, O. E. L., Guerra, N., y de Oliveira Neto, A. M. (2019). Resposta do arroz irrigado ao fornecimento de fósforo e densidade de semeadura em sistema pré-germinado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 14(3), 1-7.
- Hasang, E., Medina, R., Cobos, F., y Gómez, J. (2020). Sostenibilidad del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en la zona de Daule, provincia del Guayas, Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 5(4), 1-16. doi:2528-8083.
- Hernández, I., Almeida, R. D., y Nápoles, M. C. (2021). Diazotrofia de rizobios asociados a plantas de arroz cv. INCA LP-5 e INCA LP-7. *Cultivos Tropicales*, 42(3).
- Herrera, E. (2018). *Análisis socio-económico del sector agrícola. Caso de producción de arroz en la provincia del Guayas*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Hirzel, J. (2021). *Capítulo 16. Fertilización del cultivo de arroz. Antecedentes nutricionales del cultivo*.
- INECC. (2017). El manejo de riesgos y el análisis costo-beneficio. *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*.
- Inouchi, N., Ando, H., Asaoka, M., Okuno, K., y Fuwa, H. (2020). The Effect of Environmental Temperature on Distribution of Unit Chains of Rice Amylopectin. *Starch/Staerke*, 52(1), 8–12.
- Ishimaru, T., Nakayama, Y., Aoki, N., Ohsumi, A., Suzuki, K., Umemoto, T., Yoshinaga, S., & Kondo, M. (2018). High temperature and low solar radiation during ripening differentially affect the composition of milky-white grains in rice

- (*Oryza sativa* L.). *Plant Production Science*, 21(4), 370–379.
- IVAMI. (2020). *Methylobacterium* spp. bacteria ubicua, promotora del crecimiento de plantas y patogena oportunista humana: cultivo cualitativo y cuantitativo diagnóstico molecular (PCR) e identificación de especies. *Instituto Valenciano de Microbiología*.
- Jagadish, S. V. K., Murty, M. V. R., y Quick, W. P. (2015). Rice responses to rising temperatures - challenges, perspectives and future directions. *Plant Cell and Environment*, 38(9), 1686–1698.
- Jiménez, M. (2021). Importancia de los factores climáticos en el cultivo de arroz. *30-04-2021*, 6(1), 28–34.
- Lai, K., Nguyen, N. T., Miwa, H., Yasuda, M., Nguyen, H. H., y Okazaki, S. (2020). Diversity of *Methylobacterium* spp. in the rice of the Vietnamese Mekong Delta. *Microbes and environments*, 35(1), ME19111.
- Lemus, B. A., Venegas, E., y Pérez, M. A. (2021). Efecto de bioestimulantes radiculares sobre el crecimiento en plantas de aguacate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(6), 1139-1144.
- Medina, M., Ceja, L., López, S., Venegas, J., and Sánchez, C. (2019). Efecto de *Methylobacterium extorquens* en el desarrollo del tomate en presencia o ausencia de *Fusarium oxysporum*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(7), 1469–1479.
- Méndez, S. (2022). Como son las plantas de arroz. *Aspectos Botánicos Del Cultivo de Arroz*.
- Mosquera, H. (2021). *Incidencia del cambio climático en la producción de arroz en la zona costera del Ecuador*. (Tesis de posgrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

- Nysanth, N. S., Meenakumari, K. S., Syriac, E. K., y Beena, R. (2019). Screening of pink pigmented facultative methylotrophs for growth enhancement in paddy. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 18, 101055.
- Obregón, D., Hernández, F. J., y Ríos, D. K. (2021). Efecto de los factores climáticos, variedades y densidades de siembra en la dinámica de artrópodos en cultivos de arroz en Yopal-Casanare, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 47(1).
- Paredes, M., Becerra, V., Donoso, G., Olmos, S., y Rodríguez, R. (2020). Morfología y estados de crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. 100 años del cultivo de arroz en Chile, 408-445.
- Poveda, G., and Andrade, C. (2018). Producción sostenible de arroz en la provincia del Guayas. *Universidad de Guayaquil, Ecuador*.
- Priya, M., Kumutha, K., y Senthilkumar, M. (2019). Impact of bacterization of rhizobium and methylobacterium radiotolerans on germination and survivability in groundnut seed. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 8, 394-405.
- Rodríguez, I., Pérez, H., and García, R. (2021). Degradación del suelo en sistemas agrícolas de la granja Santa Inés, provincia de El Oro, Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 13, 557–564.
- Rodríguez, J. (2017). Eficiencia agronómica del arroz INIAP-17 con niveles de fertilización química y biológica en el Litoral Ecuatoriano. *Agrícola "La Martina."*
- Sanjenbam, P., Buddidathi, R., Venkatesan, R., Shivaprasad, P. V., y Agashe, D. (2020). Phenotypic diversity of Methylobacterium associated with rice landraces in North-East India. *Plos one*, 15(2), e0228550.
- Santos, M., Brandão, É., Santos, E., Batista, M., Estevam, C., Alexandre, M., and Fernandes, M. (2021). Pendimethalin biodegradation by soil strains of

- Burkholderia sp. and Methylobacterium radiotolerans. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 93, 1–9.
- Symborg. (2022). *La simbiosis que establecen las plantas con las bacterias fijadoras de nitrógeno proporciona beneficios durante la vida en común a ambas*. España.
- Villazón, J. A., Noris, P., y Martín, G. (2021). Determinación de la precipitación efectiva en áreas agropecuarias de la provincia de Holguín. *Idesia (Arica)*, 39(2), 85–90.
- Viteri, G., and Zambrano, C. (2016). Comercialización de arroz en Ecuador: Análisis de la evolución de precios en el eslabón productor-consumidor. *Ciencia y Tecnología*, 9(2), 11.
- Zambrano, C. E., Andrade, M. S., & Carreño, W. V. (2019). Factores que inciden en la productividad del cultivo de arroz en la provincia Los Ríos. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(5), 270-277.
- Zhang, C., Wang, M. Y., Khan, N., Tan, L. L., y Yang, S. (2021). Potentials, utilization, and bioengineering of plant growth-Promoting Methylobacterium for sustainable agriculture. *Sustainability*, 13(7), 3941.
- Zurita, A. (2021). *Adaptación de cuatro variedades de arroz (Oryza sativa L.) a las condiciones agroclimáticas de Mocache, 2021*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

9. Anexos

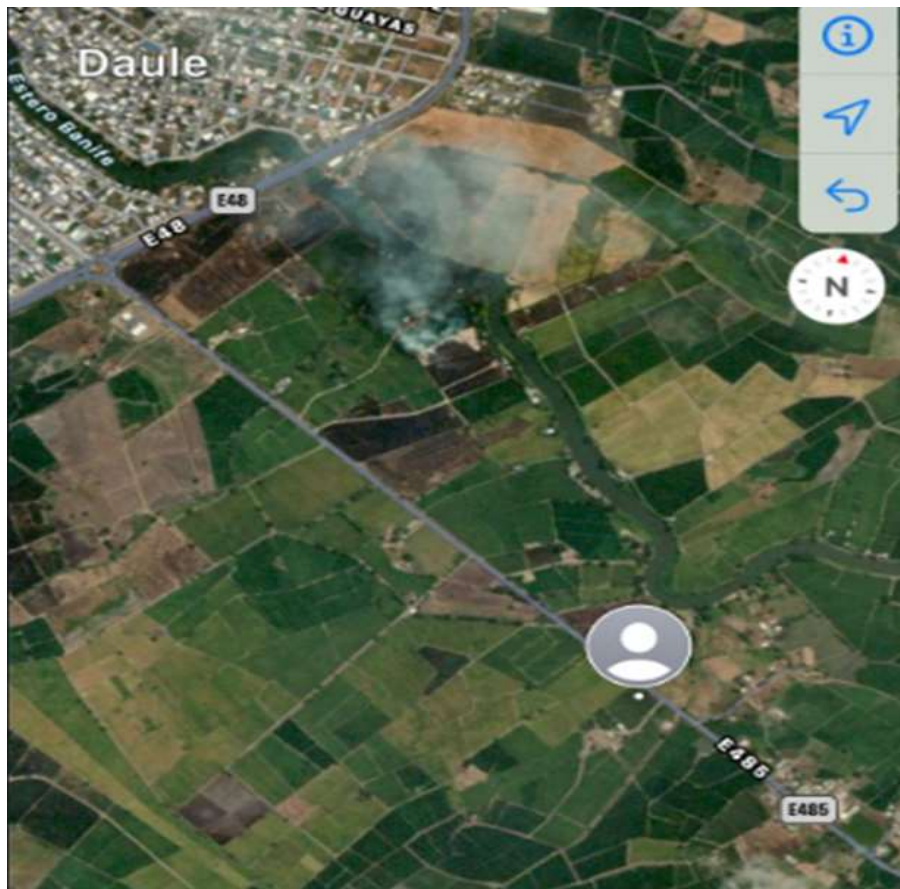


Figura 1. Ubicación geográfica del experimento
Ronquillo, 2023

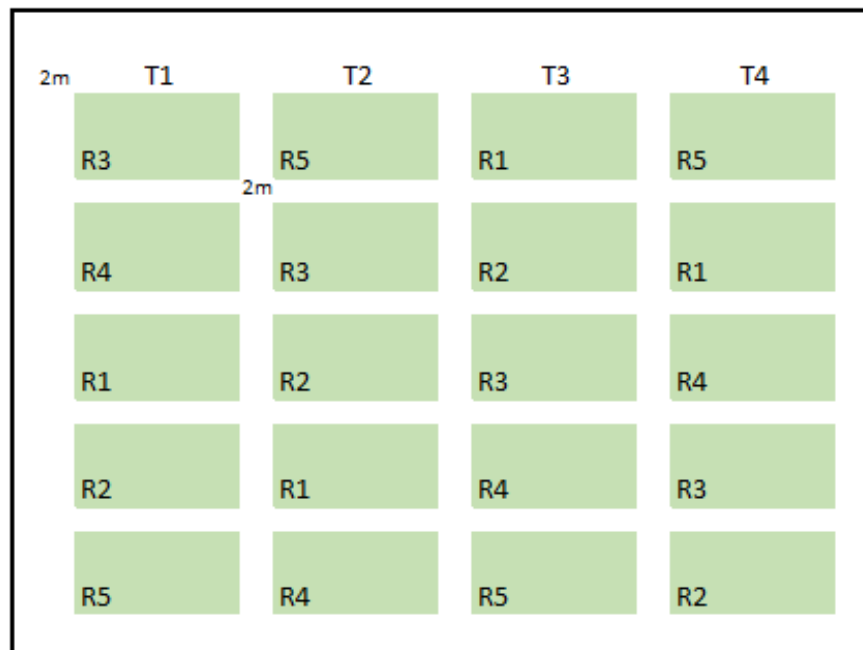


Figura 2. Croquis del trabajo experimental
Ronquillo, 2023

Repeticiones	Altura de la planta (70 dda)	Longitud de Raíces (cm)	Longitud de Panicula (cm)	Tamaño de espiga (cm)	Granos por espiga	Peso Kg/m ²	Productividad kg/ha (-14% -1%)
1	1,5	20,8	31,8	26,2	104,0	19,7	6561,3
2	1,3	22,4	27,6	26,0	104,5	20,3	6754,3
3	1,3	20,2	31,2	25,4	107,7	31,4	10478,9
4	1,3	25,0	30,0	24,9	107,7	25,5	8491,2
5	1,3	20,2	34,4	25,9	106,5	33,9	11308,7
1	1,3	24,0	31,1	26,2	125,3	25,5	8491,2
2	1,4	19,2	27,9	26,7	123,3	29,9	9969,4
3	1,4	27,0	30,9	25,1	109,4	22,3	7449,1
4	1,3	18,4	30,9	26,0	103,5	25,9	8618,5
5	1,3	18,6	36,0	26,2	100,1	20,8	6947,3
1	1,4	21,2	29,9	25,9	97,1	21,8	7267,7
2	1,3	18,0	28,8	25,6	101,1	23,7	7912,2
3	1,4	26,6	30,9	26,8	98,4	24,3	8105,2
4	1,3	19,8	28,1	25,5	100,8	25,8	8606,9
5	1,3	24,8	31,0	26,5	94,2	24,9	8298,2
1	1,3	25,2	31,1	26,3	102,5	27,6	9185,9
2	1,3	19,2	29,8	26,2	104,0	19,1	6368,4
3	1,4	25,4	29,9	26,7	103,5	22,2	7391,2
4	1,3	18,8	29,0	26,4	98,5	28,7	9571,8
5	1,3	18,0	29,7	26,3	100,5	19,7	6561,3

Figura 3. Datos de evaluación de campo para análisis Ronquillo, 2023

Altura de la planta (70 dda)						
Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV	
Altura de la planta (70 dd..	20	0,37	0,01	4,38		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	0,02	7	3,5E-03	1,02	0,4623	
Tratamientos	1,5E-03	3	5,0E-04	0,15	0,9301	
Repeticiones	0,02	4	0,01	1,68	0,2182	
Error	0,04	12	3,4E-03			
Total	0,07	19				
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10976						
Error: 0,0034 gl: 12						
Tratamientos Medias n E.E.						
3	1,34	5	0,03	A		
2	1,34	5	0,03	A		
1	1,34	5	0,03	A		
4	1,32	5	0,03	A		

Medias con una letra común no son significativamente dife

Figura 4. Análisis de varianza de altura de planta Ronquillo, 2023

Longitud de Raíces (cm)					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Longitud de Raíces (cm)	20	0,40	0,05	13,91	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	73,44	7	10,49	1,16	0,3925
Tratamientos	1,71	3	0,57	0,06	0,9784
Repeticiones	71,73	4	17,93	1,98	0,1621
Error	108,77	12	9,06		
Total	182,21	19			
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,65309					
Error: 9,0640 gl: 12					
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
3	22,08	5	1,35	A	
1	21,72	5	1,35	A	
2	21,44	5	1,35	A	
4	21,32	5	1,35	A	
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p ></i>					

Figura 5. Análisis de varianza de longitud de raíces Ronquillo, 2023

Tamaño de espiga (cm)					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Tamaño de espiga (cm)	20	0,37	4,4E-03	1,99	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,91	7	0,27	1,01	0,4692
Tratamientos	1,23	3	0,41	1,52	0,2603
Repeticiones	0,68	4	0,17	0,63	0,6485
Error	3,24	12	0,27		
Total	5,15	19			
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,97523					
Error: 0,2697 gl: 12					
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
4	26,38	5	0,23	A	
3	26,06	5	0,23	A	
2	26,04	5	0,23	A	
1	25,68	5	0,23	A	
<i>Medias con una letra común no son significativamente dife</i>					

Figura 6. Análisis de varianza de tamaño de espiga Ronquillo, 2023

Granos por espiga					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Granos por espiga	20	0,63	0,41	5,66	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	714,22	7	102,03	2,91	0,0503
Tratamientos	545,32	3	181,77	5,18	0,0159
Repeticiones	168,90	4	42,23	1,20	0,3593
Error	421,18	12	35,10		
Total	1135,40	19			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=11,12423					
Error: 35,0985 gl: 12					
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
2	112,32	5	2,65	A	
1	106,08	5	2,65	A B	
4	101,80	5	2,65	A B	
3	98,32	5	2,65	B	
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p ></i>					

Figura 7. Análisis de varianza de granos por espiga Ronquillo, 2023

Productividad kg/ha (-14% -1%)					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Productividad kg/ha (-14% ..	20	0,14	0,00	19,49	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5144507,82	7	734929,69	0,29	0,9469
Tratamientos	2255177,24	3	751725,75	0,29	0,8296
Repeticiones	2889330,58	4	722332,65	0,28	0,8842
Error	30775462,73	12	2564621,89		
Total	35919970,55	19			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3007,02751					
Error: 2564621,8937 gl: 12					
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
1	8718,88	5	716,19	A	
2	8295,10	5	716,19	A	
3	8038,04	5	716,19	A	
4	7815,72	5	716,19	A	
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p ></i>					

Figura 8. Análisis de varianza de productividad kg/ha Ronquillo, 2023



Figura 9. Delimitación de unidades experimentales y construcción de parrillas
Ronquillo, 2023



Figura 10. Realización de semillero para unidad experimental.
Ronquillo, 2023



Figura 11. Establecimiento de cultivo de arroz en las parcelas experimentales Ronquillo, 2023



Figura 12. Evaluación de altura del cultivo de arroz Ronquillo, 2023



Figura 13. Evaluación de longitud de las raíces del cultivo de arroz Ronquillo, 2023



Figura 14. Evaluación de la producción del cultivo de arroz Ronquillo, 2023



Figura 15. Revisión del trabajo experimental por parte del tutor.
Ronquillo, 2023



Figura 16. Visita y seguimiento del tutor del trabajo experimental.
Ronquillo, 2023