USO MICROORGANISMOS FIJADORES DE NITRÓGENO, COMPLEMENTARIO A LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) BAJO RIEGO

Pedro Gerardo Burgos Junco
Rommel Arturo Ramos Remache

UTEQ
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
2022

USO DE MICROORGANISMOS FIJADORES DE NITRÓGENO, COMPLEMENTARIO A LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) BAJO RIEGO

Publicado por: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
Dir. Av. Quito km 1½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo, Ecuador. www.uteq.edu.ec.

Derechos reservados: © Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador 2022. Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICYT). Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros que no sean comerciales sin permiso escrito previo detentar el derecho de autor, mencionando la cita.

Cita del libro: Burgos P. y Ramos R. 2022. Uso Microorganismos fijadores de Nitrógeno, complementario a la fertilización química del cultivo de arroz *(Oryza sativa* L.*)* bajo riego. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. 76 pp.

Revisión de Pares Externos: Francel Xavier López Mejía
Doctor en Agroecología
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabi

José Ricardo Macías Barberán
Doctor en Agroecología
Universidad Nacional de Colombia

Diseño y Diagramación: Ing. J. Bladimir Mora Macías
Diseñador Gráfico y Multimedia.

Primera Edición: Quevedo, Septiembre del 2022.

ISBN: 978-9978-371-46-6

PRESENTACIÓN :

El Comité Editorial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) es la unidad encargada de promover, gestionar y administrar el conocimiento resultante de las actividades de investigación científica, la docencia y la vinculación de docentes y estudiantes. Dentro del procedimiento para el reconocimiento al profesorado y estudiantado de la UTEQ se contempla la publicación como libros de Tesis de grado y posgrado que se distingan por su innovación, metodología, rigor técnico o impacto social.

La tesis presentada en opción al grado de Magister en Agronomía del Ing. Pedro Gerardo Burgos Junco, obtenido en la "Universidad Técnica Estatal de Quevedo", atiende a la normativa existente para ser publicado como libro y por ello el Comité Editorial de la UTEQ aprueba la visibilidad y acceso a la comunidad académica, científica y sociedad en general.

USO MICROORGANISMOS FIJADORES DE NITRÓGENO, COMPLEMENTARIO A LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA DEL CULTIVO DE ARROZ *(Oryza sativa* L.*)* BAJO RIEGO

AUTORES:

Pedro Gerardo Burgos Junco
Rommel Arturo Ramos Remache

RESUMEN

El uso de microorganismos fijadores de nitrógeno presenta una alternativa al uso indiscriminado de fertilizante químicos como complemento a la fertilización tradicional. La investigación tuvo como fin establecer la eficiencia agronómica del cultivo de arroz (Oryza sativa L) bajo riego a distintos niveles de fertilización química y biológica en la zona de Babahoyo, provincia Los Ríos. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) en arreglo factorial 3x3 + 1 testigo con tres repeticiones. Los tratamientos aplicados fueron: T1. Azotobacter 3 L ha-1+ NPKS (140-60-90-30 Kg ha-1); T2. Bacillus 3 L ha-1 + NPKS (140-60-90-30 Kg ha-1); T3. Azotobacter 1.5 L ha-1 + Bacillus 1.5 L ha-1 + NPKS (140-60-90-30 Kg ha-1); T4. Azotobacter 3 L ha-1+ NPKS (120-40-60-20 Kg ha-1); T5. Bacillus 3 L ha-1 + NPKS (120-40-60-20 Kg ha-1); T6. Azotobacter 1.5 L ha-1 + Bacillus 1.5 L ha-1 + NPKS (120-40-60-20 Kg ha-1); T7. Azotobacter 3 L ha-1+ NPKS (100-30-40-10 Kg ha-1); T8. Bacillus 3 L ha-1 + NPKS (100-30-40-10 Kg ha-1); T9. Azotobacter 1.5 L ha-1 + Bacillus 1.5 L ha-1 + NPKS (100-30-40-10 Kg ha-1); T 10. NPKS (140-60-90-30 Kg ha-1).Los resultados encontrados en lo referente a la producción como números de macollos el T3 alcanzó 474.67 estadísticamente superior a los tratamientos que tenían una dosis menor de fertilizantes químicos, con respecto al número números de panículas el mismo T3 tuvo un promedio de 384.33 superando a los demás tratamiento aunque estadísticamente similares a los tratamientos que también tenían dosis alta de fertilizantes químicos, la cantidad de granos por panícula igualmente fue otro variable en donde el T3 estuvo a la cabeza con 185, concerniente a rendimientos el tratamiento T3 obtuvo 7415.50 Kg ha-1, estadísticamente similar a los tratamiento T1 y T2 que obtuvieron 6911.90 y 7139 kg ha-1 respectivamente.

ABSTRACT

The use of nitrogen-fixing microorganisms presents an alternative to the indiscriminate use of chemical fertilizers as a complement to traditional fertilization. The purpose of the research was to establish the agronomic efficiency of rice cultivation (Oryza sativa L) under irrigation at different levels of chemical and biological fertilization in the Babahoyo area, Los Ríos province. A completely randomized block design (DBCA) was drawn in a 3x3 + 1 control factorial arrangement with three replications. The applied treatments were: T1. Azotobacter 3 L ha-1+ NPKS (140-60-90-30 Kg/ ha-1); T2. Bacillus 3 L ha-1 + NPKS (140-60-90-30 Kg/ ha-1); T3. Azotobacter 1.5 ha-1 + Bacillus 1.5 ha-1 + NPKS (140-60-90-30 Kg/ ha-1); T4. Azotobacter 3 ha-1 + NPKS (120-40-60-20 Kg/ ha-1); T5. Bacillus 3 L ha-1 + NPKS (120-40-60-20 Kg/ ha-1); T6. Azotobacter 1.5 L ha-1 + Bacillus 1.5 ha-1 + NPKS (120-40-60-20 Kg/ ha-1); T7. Azotobacter 3 L ha-1 + NPKS (100-30-40-10 Kg/ ha-1); T8. Bacillus 3 ha-1 + NPKS (100-30-40-10 Kg/ ha-1); T9. Azotobacter 1.5 L ha-1 + Bacillus 1.5 L ha-1 + NPKS (100-30-40-10 Kg/ ha-1); T 10. NPKS (140-60-90-30 Kg/ ha-1). The results found in relation to production as numbers of tillers, T3 reached 474.67 statistically higher than the treatments that had a lower dose of fertilizers. Regarding the number of panicles, the same T3 had an average of 384.33, surpassing the other treatments, although statistically similar to the treatments that also had a high dose of chemical fertilizers, the number of grains per panicle was also another variable where T3 was in the lead with 185, concerning yields, treatment T3 obtained 7,415.50 kg, statistically similar to treatments T1 and T2, which acquired 6,911.90 and 7,139 kg, respectively.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....vi
ABSTRACT.....vii
TABLA DE CONTENIDO.....viii
INDICE DE ANEXOS.....xii

I. INTRODUCCIÓN.....1
1.1. Problema.....2
1.2. Hipótesis.....3
1.3. Objetivos.....3
1.3.1. Objetivo general.....3
1.3.2. Objetivos específicos.....3

II. MARCO TEÓRICO.....4
2.1. Origen de Arroz (Oryza sativa L.).....4
2.2. Taxonomía.....4
2.3. Morfología.....4
2.3.1. Sistema radical.....4
2.3.2. Tallo.....5
2.3.3. Hojas.....5
2.3.4. Panícula.....6
2.3.5. Espiguillas.....6
2.3.6. El grano.....6
2.4. Variedades Comerciales.....7
2.4.1. Característica de la variedad INIAP FL 1480.....8
2.5. Fertilización.....9
2.6. Biofertilizantes.....11
2.7. Microorganismos y la fertilización en plantas.....12
2.7.1. Azospirillum.....13
2.7.2. Azotobacter.....14
2.7.3. Bacillus.....15
2.8. Trabajos realizados con Microorganismos en diferente.....16

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....22
3.1. Localización de la investigación.....22
3.2. Tipo de investigación.....22
3.3. Fuentes de recopilación de información.....22
3.4. Material de siembra.....23
3.5. Tratamientos.....23
3.6. Diseño Experimental.....25
3.7. ADEVA del experimento.....25
3.8. Delineamiento del experimento.....25
3.9. Manejo del ensayo.....26
3.9.1. Análisis de suelo.....26
3.9.2. Preparación del terreno.....26
3.9.3. Siembra.....26
3.9.4. Control de malezas.....26
3.9.5. Control fitosanitario.....26
3.9.6. Riego.....27
3.9.7. Fertilización.....27
3.9.8. Cosecha.....27
3.10. Datos a evaluar.....27
3.10.1. Altura de planta.....27
3.10.2. Número de macollos por metro cuadrado.....27
3.10.3. Número de panículas por metro cuadrado.....27
3.10.4. Número de granos por panícula.....28
3.10.5. Días a la floración.....28
3.10.6. Longitud de espigas.....28
3.10.7. Peso de 1000 semillas.....28
3.10.8. Días a la cosecha.....28
3.10.9. Rendimiento por hectárea.....28
3.11. Análisis económico.....29

IV. RESULTADOS.....30
4.1. Altura de planta a los 80 días después de la siembra.....30
4.2. Números de macollos por metro cuadrado.....31
4.3. Número de panículas metro cuadrado.....32
4.4. Números de granos por panículas.....33
4.5. Días a la floración.....34
4.6. Longitud de espiga en cm.....35

4.7. Peso de 1000 semillas en gramos.....37
4.8. Días a la cosecha.....38
4.9. Rendimiento en Kg ha-[1].....39
4.10. Análisis económico.....40
4.11. Contraste entre el mejor tratamiento del experimento (T3. N-P-K- (alta) Azotobacter+Bacillus) y el tratamiento Testigo.....44

V. DISCUSIÓN.....47

VI. CONCLUSIONES.....49

VII. RECOMENDACIONES.....50

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....51

ANEXOS.....59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla **Pág.**

1 Requerimientos nutricionales de elementos puros de la planta de arroz.....10

2 Características de la variedad arroz INIAP FL 1480.....23

3 Tratamiento de la investigación.....24

4 Análisis de varianza.....25

5 Altura de planta del cultivo de arroz (Oryza sativa L) en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio.....30

6 Número de macollos por metro cuadrado en cultivo de arroz (Oryza sativa L) en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio.....31

7 Número de panículas por metro cuadrado en cultivo de arroz (Oryza sativa L) en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio.....32

8 Número de granos por panícula en cultivo de arroz (Oryza sativa L) en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio.....33

9 Días a la floración en cultivo de arroz (Oryza sativa L) en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio.....35

10 Longitud de espiga (cm) en cultivo de arroz (Oryza sativa L) en respuesta la aplicación de los tratamientos de estudio.....36

11 Peso de 1000 semillas (g) en cultivo de arroz (Oryza sativa L) en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio.....37

12 Días a la cosecha en cultivo de arroz (Oryza sativa L) en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio.....38

13 Rendimiento en Kg ha-1 en cultivo de arroz (Oryza sativa L) en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio.....39

14 Análisis económico de los tratamientos en estudio en función del rendimiento de grano ajustado al 14% de humedad.....41

15 Contrastes entre el mejor tratamiento de la investigación: T3 NPKS(A) Azo_Bacillus y el Tratamiento Testigo NPKS (A).....45

16 Contrastes entre el mejor tratamiento de la investigación: T3 NPKS (A) Azo_Bacillus y el tratamiento testigo NPKS (A).....46

ÍNDICE DE ANEXOS

Tabla		Pág.
1	Análisis de suelo	59
2	Tratamientos del experimento	59
3	Días a la floración	60
4	Longitud de la espiga	60
5	Altura de planta	61
6	Número de granos por espiga	61
7	Número de macollos por metro cuadrado	62

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la población mundial sigue en aumento y se calcula que para el 2050 existirá aproximadamente 9700 millones de personas en el planeta (Ehrlich & Harte, 2015). Para el año 2020 se calculó producir 321 millones de toneladas de cereales alimentarios para satisfacer las necesidades de la humanidad (Gizaki et al., 2015); Uno de los alimentos básicos más importantes para más de la mitad de la población mundial es el arroz (FAO, 2003), es ampliamente consumido por personas en todo el mundo, independientemente de su raza, religión o asociación política (Ohajianya & Onyenweaku, 2002) y en Ecuador no es la excepción. Según datos del INEC (2017) la superficie sembrada con arroz en el año 2017 fue de 370,406 hectáreas, con una producción de 1´440,865 t, siendo Guayas con el 70.11% y Los Ríos con el 24.14% las provincias que más producen, el resto se distribuye en otras provincias.

En vista de la gran importancia que tiene el arroz en el consumo de la sociedad, es prioritario que el cultivo de esta gramínea sea una práctica sostenible en el tiempo, los actuales métodos de producción de arroz a menudo resultan en el uso indiscriminado de fertilizantes químicos y plaguicidas estos generan residuos que producen salinización, problemas en el drenaje, compactación del suelo y disminución de la actividad microbiana comprometida en la nutrición vegetal (Alvarez Quispe, 2017)

La búsqueda de alternativas que sean más económicas y sostenibles para mejorar la eficiencia del cultivo de arroz, mitigando los efectos adversos sobre el suelo, disminuyendo la tasa de uso de fertilizantes químicos y aumentando las ganancias por área cultivada es la razón por lo cual se recurre a modelos de Agricultura Conservativa (AC) cuyo eje fundamental se enfoca en disminuir los impactos adversos causados sobre el ambiente por las actividades agrícolas, incrementar rendimientos de los cultivos e implementar técnicas e insumos sostenibles y sustentables (Chirinos et al., 2006).

Uno de los principales desafíos en la gestión del cultivo de arroz es reducir la cantidad de fertilizantes nitrogenados aplicados en el campo y evitar la deficiencia de los suelos. Entre las medidas recomendadas para reducir las pérdidas de nitrógeno esta la aplicaciones combinadas de fertilizantes orgánicos e inorgánicos (Zhihui et al., 2016). La aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales puede conducir a mejorar los rendimiento y hacer sostenible a los cultivos (Singh et al., 2002). En este estudio se analizará el efecto de la fertilización química-biológica sobre las características agronómicas y de producción del cultivo arroz en condiciones bajo riego en la zona de Babahoyo, con el objeto de brindar a los agricultores opciones eficaces que permitan un cultivo sostenible y rentable.

1.1. Problema

Según la FAO (2013) la producción agrícola mundial requería insumos de aproximadamente 105 millones de toneladas de nitrógeno (N), 20 millones de toneladas de fósforo (P) y 23 millones de toneladas de potasio (K), ya para el 2018 esta cifra aumentaría según datos de la FAO (2015) a aproximadamente 200.5 millones de toneladas.

Es evidente que uno de los problemas más comunes en los suelos agrícolas es la poca disposición de macroelementos necesario para un buen desarrollo de los cultivos, Ecuador no es la excepción, para la producción de arroz existe una deficiencia tanto de materia orgánica y de macroelementos en los agroecosistema. Según Alvarez Quispe (2017) todo esto se da por el uso indiscriminado de fertilizantes químicos con el objeto de obtener mayores rendimientos por cosecha. Sin embargo, el daño causado al ambiente ha sido enorme, empobreciendo los suelos y disminuyendo la actividad microbiana.

Los fertilizantes químicos son fuente de carbono y nitrógeno y son los microorganismos que los degradan. El suministro constante de estos compuestos en los agroecosistema afecta directamente la

actividad de los microorganismos dando cambios en los procesos biológicos indispensables para la productividad y fertilidad de los cultivos (Alvear et al., 2006).

Por tal razón el objetivo de esta investigación se concentra en realizar y presentar una alternativa a la fertilización química tradicional en el cultivo de arroz, combinando esta con una fertilización de tipo biológica que permita dar a los agricultores una nueva alternativa amigable con el medio ambiente.

1.2. Hipótesis

La adición complementaria de microorganismos como biofertilizantes sumada a la fertilización tradicional del cultivo de arroz permite establecer diferencias en al menos uno de los tratamientos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Establecer la eficiencia agronómica del cultivo de arroz (Oryza sativa L) bajo riego a distintos niveles de fertilización química y biológica en la zona de Babahoyo, provincia Los Ríos.

1.3.2. Objetivos específicos

Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de arroz bajo riego a distintos niveles de fertilización química y biológica
Establecer diferencias entre el mejor tratamiento y la fertilización tradicional (NPK).

Analizar económicamente los tratamientos, en función de los costos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen de Arroz *(Oryza sativa L.)*

El arroz se ha venido cultivando por mucho tiempo en el mundo. Se considera que su domesticación se dio hace muchos años atrás en África y en Asia, no existe datos precisos, pero existe hallazgos de unos 8000 años de antigüedad en la China. Se extendió por toda Asia 3000 años antes de nuestra era. Y fue en el siglo VIII, que se cultivó en España y Portugal. Ya para el último milenio el arroz si introdujo progresivamente en los demás continentes (Bernis & Pàmies, 2004).

2.2. Taxonomía

Torró, (2011) describe a la planta de arroz como monocotiledónea perteneciente a la familia de las gramíneas, haciendo alusión a su clasificación sistemática menciona que es parte del Reino: Plantae, Subreino: Tracheobionta (plantas vasculares), Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas), División: Magnoliophyta (angiospermas), Clase: Liliopsida (monocotiledóneas), Subclase: Conmelinidae, Orden: Cyperales, Familia: Poaceae (gramíneas), Género: Oryza L.

2.3. Morfología

Según Valladares (2010) la planta de arroz posee dos tipos de órganos, los vegetativos y reproductivos, es una hierba anual de tallos redondos, huecos y entre nudos; hojas considerablemente planas y con una panícula terminal. Fácilmente crece en suelos inundados, aunque también suele desarrollarse en suelos de secano.

2.3.1. Sistema radical

Según Arregocés (2005) la planta de arroz durante su ciclo vegetativo presenta dos tipos de raíces una de carácter temporal

y otra definitiva, las raíces seminales o temporales son de escasa ramificación, tienen un periodo corto de vida y acompañan a la planta en sus primeras etapas, posterior a ello aparecen las raíces adventicias las cuales surgen a partir de los nudos subterráneos de los tallos. Las raíces presentan en sus puntas células endurecidas comparadas a un dedal que las preservan, estas son esenciales para lograr introducirse en el suelo. Las raíces adventicias completamente desarrolladas son fibrosas, además presentan raíces secundarias y pelos radicales.

2.3.2. Tallo

El tallo constituido de nudos y entrenudos alternados, de forma cilíndrico, nudoso, de (60 - 120 cm) de longitud dependiendo de la variedad, en cada tallo se da lugar a una hoja y una yema, la yema puede diferenciarse hasta formar un hijo (Vergara, 1985). Las variedades preferidas para cultivar son las de tallo corto, entre 30 a 50 cm. Las macollas son tallos secundarios que salen de las yemas apicales. El macollaje se inicia en el primer nudo, cuando la planta se siembra directamente; en cambio, cuando el arroz es trasplantado, la macolla se forma encima del cuarto nudo (Terranova, 1995).

Los macollos o hijo están formados por un tallo con sus respectivas hojas. Siempre brotan del tallo principal alternándose. Los macollos primarios se dispersan desde los nudos inferiores, de donde nacen los macollos secundarios; a partir de los cuales se desarrollan los macollos terciarios. La unión del tallo principal y los macollos forman la planta. El número total de macollos está en función de la variedad, pero el medio ambiente y el sistema de cultivo influyen en ellos (Arregocés, 2005).

2.3.3. Hojas

Son alternas envainadoras, con el limbo agudo, lineal, plano y largo. En el punto de convergencia del limbo y la vaina se haya una lígula membranosa, erguida y bífida cuyo borde inferior presenta

una serie de largos cirros y sedosos conocidos como aurículas. En los nudos a excepción del nudo de la panícula, emerge una hoja, la superior ubicada por debajo de la panícula se le llama hoja bandera (Vergara, 1985).

2.3.4. Panícula

Está ubicada por encima del extremo apical del tallo y se origina arriba del último nudo (ciliar). Tiene un eje principal denominado raquis, que se ocupa desde el último nudo hasta el ápice. Según su tipo se clasifica, en abierta, intermedia o compacta y según el ángulo donde se inserte las ramificaciones primarias puede ser, colgante o intermedia y erecta (Terranova, 1995).

2.3.5. Espiguillas

Tinarelli y Carreres Ortells (1989) manifiestan que las espiguillas constituye la inflorescencia y el pedicelo es el medio por el cual se une a las ramificaciones. Las espiguillas del arroz tienen tres flores, pero solo una se desarrolla apropiadamente y de las tres es la fértil. Las partes de la espiguilla son raquilla, florecilla y dos lemas estériles. Vergara, (1985), destacan sobre las variedades mejoradas la presencia de 100 a 200 espiguillas por panícula. Las aperturas de las flores empiezan por las espiguillas apicales luego continúan hacia abajo hasta las espiguillas más basales.

2.3.6. El grano

El grano de arroz es estrictamente un ovario maduro, seco e indehiscente. Formado por la cáscara que a su vez se compone de dos partes, la lemma y la palea con sus estructuras asociadas, lemmas estériles, la raquilla y la arista; en el lado ventral de la semilla se halla el embrión, muy cerca de la lemma, existe otra estructura importante cerca de embrión conocida como el endospermo, la función principal es suministrar alimento al embrión en la etapa de la germinación. El pericarpio lo encontramos por debajo de la lemma y la palea, son tres capas de células que lo forman; el

tegumento y la aleurona están ubicadas debajo de éstas tres capas. El embrión contiene las siguientes partes: la plúmula u hojas embrionarias y la radícula o raíz embrionaria primaria. El coléoptilo recubre la plúmula, y la coleorriza envuelve la radícula (Arregocés, 2005).

Aportando al tema de la semilla Tascón (1985) refiere que la semilla de arroz que no presentara estado de latencia esta entrará rápidamente a un estado de germinación apenas ocurra su maduración. Por otra parte, si la semilla presenta latencia se mantendrá en reposo por un periodo de tiempo. El estado de latencia puede ser interrumpido con ciertos procesos especiales y lograr la germinación.

2.4. Variedades Comerciales

La especie O. sativa presenta la mayor diversidad genética, en la cual se pueden encontrar hasta tres sub-especies, clasificadas de acuerdo a su ecología y morfología en: Indicas, Japónicas y Javánicas. La distribución de la sub-especie Indica son los trópicos y subtrópicos, mientras que en Indonesia hallamos la Javánica, y la Japónica se distribuye en zonas no tropicales templadas (Acevedo et al., 2006). De estas tres sub-especies las más comercializadas son la Indica y Japónica, alrededor del 87% del comercio mundial del arroz pertenece a variedades "Indica" y solo el 13% a variedades "Japónica" (Santa Ana, 1995). Las variedades japónicas de clima templado, es una planta propia de las partes montañosas de Asia, de las zonas templadas del norte de China, Corea y Japón, e introducida en los países mediterráneos en el Sur y en Norte América.

Para el 2018 la producción de arroz en el mundo llegó a 782 millones de toneladas, lo que representó un incremento de 3.96% (31 millones) más que en el 2016, la superficie cosechadas en un total de 167 millones de hectáreas, con un promedio de rendimiento de 4.679 t ha-1. Según reportes de la FAO (2020) son 110 naciones de todos los continentes que cultivan esta gramínea,

destacando China con una producción sorprendente 212 millones de toneladas, cosechadas en 30 millones de hectáreas, seguido, de la India con 172 millones de toneladas cosechadas en 44 millones de hectáreas, a continuación Indonesia con 83 millones de toneladas, cosechadas en 16 millones de hectáreas. Con respecto a los rendimientos Australia ocupa el primer lugar con 10.386 t ha-1 seguido de Egipto con 8.826 t ha-1, y China que aunque siendo el mayor productor mundial de arroz apenas alcanza a 7.266 t ha-1 (FAO, 2020).

En Ecuador, el rendimiento por hectárea en el segundo cuatrimestre de 2016, considerando un 20% de humedad y 5% de impureza fue de 4.80 t ha-1. El rendimiento promedio nacional del arroz en cáscara en la provincia del Guayas fue de 4.93 t ha-1, siendo la zona productora de mayor rendimiento; mientras que Los Ríos es la provincia de menor productividad apenas con 4.47 t ha-1 (Marín et al., 2021), una de las variedades usadas por el agricultor para la siembra de arroz es la INIAP FL 1480 cuyas características se detallan a continuación.

2.4.1. Característica de la variedad INIAP FL 1480

El INIAP FL-1480 Cristalino, la variedad INIAP FL-1480 Cristalino procede del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR) introducida en el 2012, se puede sembrar en los dos ciclos de sembrío, periodo vegetativo de 125 a 130 días promedio, la altura de planta es de 130 a 140 cm, alcanza rendimientos promedios de 6 tm/ha-1. Presenta resistencia a enfermedades como *Sarocladium oryzae, Pyricularia grisea, Rhizoctonia solani,* hoja blanca, manchado de grano y resistencia al acame, posee buen potencial de rendimiento, grano cristalino y largo, se adapta muy bien al litoral del Ecuador. Las características de la nueva variedad INIAP FL- 1480 "Cristalino", son: producción hasta 10 t ha-1, buenas características de pilado, buenas propiedades culinarias, resistencia a la Hoja blanca y buenas características agronómicas apetecible para sector arrocero nacional (Celi Herán, 2012).

A pesar de las excelentes características agronómicas que una variedad pueda poseer, la expresión de su mayor potencial genético estará condicionado a múltiples factores, uno de los más importantes la fertilización.

2.5. Fertilización

Nutrir los cultivos no es una tarea fácil para la Agricultura. Los suelos son las primeras fuentes de elementos que los cultivos requieren para su desarrollo, elementos que se originan a partir de la roca madre y otra parte proveniente de la materia orgánica derivada de los seres vivos que en ellos existe (Bizzozero, 2006). Según las estimaciones de la FAO, la tercera parte de las 2.000 millones de hectáreas de suelos productivos del mundo registran procesos degradatorios entre moderados y severos por tanto es necesario recurrir a la fertilización es decir complementar el aporte de nutrientes del suelo.

Los fertilizantes son sustancias o mezclas químicas naturales o sintéticas, utilizados para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal. Es el aporte de los nutrientes en cantidad y calidad necesarios en las cosechas, con la finalidad de lograr un máximo rendimiento y calidad comercial de las mismas (Foth & Turk, 1985). Sin embrago hay que tener cuidado al usarlos pues Castro (2011) indica que el incorrecto manejo de los fertilizantes y sus cantidades inducen a desbalances nutricionales y son una de las principales causas que disminuye la capacidad productiva del cultivo.

Para un buen desarrollo del cultivo de arroz es necesario la disponibilidad en el suelo de los principales nutrientes como son: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg); en caso que no esten disponible en el suelo en la cantidad necesaria deben ser suministrado por medio de la fertilizacion. Toda fertilizacion debe estar basada en un analisis prebio de suelo, los principales fertilizantes sinteticos son: sulfato de amonio, urea y nitrato de sodio, como fuentes de nitrógeno; ácido fosfórico, superfosfato,

superfosfato concentrado, fosfato tricálcico, como fuente de fósforo y cloruro de potasio, sulfato de potasio como fuente de potasio. Para el caso del cultivo de arroz, el momento idoneo de la aplicación del fósforo y el potasio debe ser a la siembra y en el primer mes del cultivo, por otra parte el nitrógeno debe aplicarse dividido en tres partes: en los primeros dias del macollamiento, durante el máximo macollamiento y al inicio de la emergencia de la panícula (Terranova, 1995).

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de elementos puros de la planta de arroz.

Nutrientes	Dosis
Nitrógeno	145 - 160 Kg/ha
Fósforo	75 - 90 kg/ha
Potasio	90 - 120 Kg/ha
Magnesio	25 - 35 Kg/ha
Azufre	20 -30 Kg/ha

Fuente: Revista El Agro (2003).

No obstante aunque la fertilización química es necesaria , el uso excesivo a traido consecuencia al medio ambiente de allí que algunos investigadores como Kramer et al. (2002) afirman que la aplicación combinada de fertilizantes orgánicos e inorgánicos aumenta los nutrientes y reduce las pérdidas de N al convertir el N inorgánico en formas orgánicas, por supuesto que otros investigadores apoyan este concepto, tal es el caso de Satyanarayana et al. (2002) quienes sostienen que la fertilización química y biológica conduce a una productividad sostenible.

Por su parte Jobe (2003) señaló que la aplicación combinada de abono orgánico y fertilizantes químicos acelera la actividad microbiana, aumenta y mejora la disponibilidad del nitrógeno y los nutrientes nativos hacia las plantas, lo que resulta en mayores tasas de absorción de nutrientes. Una manera eficiente que Lakshmi et al. (2012) confirma para proporcionar nutrientes a las

plantas en formas fácilmente disponibles es mantener una buena salud del suelo, por lo que recomienda que los campos agrícolas deben ser tratados tanto con abonos orgánicos y biofertilizantes.

Estudios han demostrado que la fertilización química es necesaria tanto como la fertilización biológica, aúnque la fertilizacion biologica no es suficiente para proporcionar los requerimientos de nutrientes de las plantas, sin embargo mejora la eficiencia medioambiental y económica de los cultivos. Aproximadamente menos del 50% de los fertilizantes químicos son absorbidos por la planta y el resto no estan accesible ya que están sujeto a lixiviación, escorrentía y volatilizacion desde la superficie del suelo (Adesemoye et al. Abama. 2009 b). Los microorganismos del suelo poseen grandes habilidades que mejoran colectivamente el crecimiento de la planta, ademas mejoran la absorción de los nutrientes, por lo que es posible un menor riesgo de contaminación ambiental de alli la importancia de los fertilizantes biológicos como complemento a la fertilización química. El éxito de la fertilizacion química y la fertilización biológica depende en gran medida de la interacciones entre suelo, planta y microorganismos pero ¿que son los fertilizantes biologico, de que estan constituidos?

2.6. Biofertilizantes

Los biofertilizantes son compuestos a base de microorganismos los cuales se aplican al suelo y/o planta con el objetivo de remplazar parcial o totalmente la fertilización sintética así como reducir la contaminación causada por los agroquímicos. Los microorganismos que se usan en los biofertilizantes estan clasificados en dos grupos: El primero incluye microorganismos que poseen la habilidad de sintetizar substancias que estimulan el crecimiento de la planta, fijan nitrógeno atmosférico, solubilizando fósforo inorgánico y hierro y optimizando la tolerancia al stress hídrico, metales tóxicos, salinidad, y exceso de pesticidas, por parte de la planta. El segundo grupo contiene microorganismos los cuales son idóneos para disminuir o prevenir los daños del deterioro de micropatógenos (Lucy et al., 2004).

Muñoz y Benavides (2010) sostienen que los biofertilizante son sustancia que contiene microorganismos vivos que exhiben propiedades beneficiosas para mejorar la absorción de nutrientes por parte de la planta permitiendo su crecimiento y desarrollo, ademas mencionan que favorece la fertilidad del suelo por tanto aumenta la produccion, puntualizan que los biofertilizantes se fundamentan en el uso de insumos naturales como microorganismo, hongos y bacterias, que optimizan la fijación de nutrientes en la rizosfera, estimulan el crecimiento de la planta, regenerar la estabilidad del suelo, proporciona control biológico, entre otros.

Hay una amplia variedad de microorganismo en el suelo, que pueden actuar en asociación simbiótica o no simbiótica con su planta huésped (Gray & Smith, 2005). Los microorganismos son necesarios en el ecosistema del suelo y puede manejar las siguientes funciones importantes: 1) reciclaje de nutrientes del suelo disponible en forma orgánica, 2) mejorar la disponibilidad de los nutrientes del suelo y, por tanto, su absorción por la planta, 3) mejorar la estructura del suelo mediante la producción de diferentes compuestos bioquímicos, 4) Controlar el efecto adverso de los patógenos en el crecimiento de las plantas, 5) aliviar las tensiones del suelo en crecimiento vegetal y producción de rendimiento, 6) biofertilización, 7) mejorar el crecimiento de las raíces (Haas & Défago, 2005; Emmerling et al., 2002).

2.7. Microorganismos y la fertilización en plantas

El papel fundamental de los microorganismos es de poner a disposición de las plantas los nutrientes del suelo, proveyendo las condiciones físicas y químicas adecuadas para su crecimiento (Pacasa Quisbert, 2015).

Arias et al. (2007), mencionan que las bacterias fijadoras de nitrógeno constituyen parte importante del suelo, ayudan a la fertilidad de este, pues aumentan el porcentaje de nitrógeno en las condiciones adecuadas, además producen encimas que

toman el nitrógeno en su forma gaseosa de la atmosfera y en combinación con los carbohidratos de las planta fijan el nitrógeno en el interior de la biomasa bacteriana, una vez que las bacterias utilicen el nitrógeno necesario para sus funciones vitales entregan el excedente a la planta.

La capacidad de fijar nitrógeno (N) atmosférico ha hecho de muchos microorganismos el centro de interés agronómico moderno. *Azospirillum*, *Trichoderma*, algas verdiazules y Azolla se reproducen muy rápido, reducen la aplicación de N inorgánico hasta un 25% con su fijación atmosférica de N (Patel, 1998), y desempeñan un papel dinámico en el apoyo al aumento del rendimiento del arroz (Gnanamanickam et al., 2002).

Las bacterias fijadoras de nitrógeno presente en la rizosfera son muy importante, para desarrollar la fertilidad del suelo y aumentar el contenido del nitrógeno, estas bacterias producen encimas que captan el nitrógeno en su forma gaseosa de la atmosfera y junto a los azucares que consiguen de la planta fijan el nitrógeno dentro de la biomasa bacteriana, luego que las bacterias satisfacen sus necesidades de nitrógeno pasan el excedente a la planta (Arias et al., 2007).

Entre los microorganismos mas estudiados y utilizados como biofertilizantes en los cultivos tenemos.

2.7.1. Azospirillum

Gómez et al. (2014) menciona que el género *Azospirillum* pertenece al grupo de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Esta capacidad ha sido atribuida principalmente a la fijación del nitrógeno y producción de fitohormonas. Estas bacterias producen ácido indol-3-acético (AIA), un tipo de auxinas que inducen cambios morfológicos en el sistema radical de las plantas, y además pueden actuar como moléculas de señalización en la interacción planta bacteria. Sus efectos sobre el crecimiento vegetal han permitido que se utilicen en la formulación de biofertilizantes

como una alternativa en la agricultura. Sin embargo, muchos aspectos bioquímicos sobre la interacción de esta bacteria con las plantas son aún desconocidos.

Ferlini et al. (2006) comprobaron que la inoculación de diferentes cultivos, con *Azospirillun brasilense,* resulta en mayor volumen de raíces, aumento del número de plantas por m2, eficaz desarrollo de materia verde y mayor producción, en especie como gramíneas y leguminosas, en éstas últimas anticipa la nodulación procurando un mayor número de nódulos esto se replica en todos los tratamientos prescindiendo de las distintas características de suelos y pluviométricos existente.

La especie de *Azospirillum* puede fijar nitrógeno atmosférico en los campos de arroz a través de medios no simbióticos, y por lo tanto suplementar los requerimientos de nutrientes del cultivo en una proporción de 25-30 kg ha-1 (Hegde & Dwivedi, 1993).

Okon y Labandera-Gonzales (1994) revisaron la aplicación de inóculo de Azospirillum en todo el mundo durante unos 20 años y encontraron hasta un 30% de aumento significativo en el rendimiento del arroz en la mayoría de los casos. *Azospirillum y Trichoderma harzianum* también se ha informado que aumenta el rendimiento del arroz hasta en un 20% en comparación con el fertilizante inorgánico estándar (Cuevas, 1991).

2.7.2. Azotobacter

Azotobacter se reconoce como bacteria promotoras del crecimiento vegetal. Los microorganismos pertenecientes al género Azotobacter son bacterias asociativas de vida libre. Entre sus potencialidades resaltan la fijación biológica del nitrógeno atmosférico y la producción de fitohormonas, cabe resaltar que los estudios de Brown (1976) destaco que estas bacterias ejercen una influencia en las plantas principalmente por la produccion de sustancias de crecimiento que por su actividad fijadora de nitrógeno.

La inoculación con azotobacterias afecta el crecimiento de las plantas y, a veces, también los rendimientos (Denarié & Blanchere, 1966). Las azotobacterias se utilizan para estudiar la fijación de nitrógeno e inoculación de plantas debido a su rápido crecimiento y alto nivel de la fijación de nitrógeno (Mrkovacki & Milic, 2001). La bacteria es capaz de mejorar los rendimientos de cultivos de importancia agrícola, en el caso de la remolacha azucarera utilizando varias cepas y cultivares de *Azotobacter chroococcum*, la produccion aumento del 4 al 26% en su rendimiento de la raíz; de 2.5 al 5.39% en aumento del contenido de azúcar y de 7 al 24% en aumento del rendimiento de azúcar cristalizado (Mrkova ki et al., 2001).

Andrade (2009), manifiesta las bacterias *Azotobacter* son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico en el suelo, fijan aproximadamente 20 mg N/g en el cultivo de azúcar o en un medio libre de nitrógeno, razon por la cual se le puede considerar como biofertilizante. Así mismo los microorganismo como el *Azotobacter*, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, mejora la estructura del suelo aporta nitrógeno al suelo también disminuyen las incidencias de plagas y enfermedades en los cultivos, se reduce la aplicación de pesticidas, disminuye la aplicación de abono químico, la aplicación edáfica y foliar en pre y post-siembra, floración y fructificación.

2.7.3. Bacillus

Bacillus subtilis es una bacteria Gram positiva, Catalasa-positiva, aerobio comúnmente encontrada en el suelo. Miembro del género *Bacillus, B. subtilis* tiene la habilidad para formar una resistente endospora protectora, permitendo al organismo tolerar condiciones ambientalmente extremas, tiene una actividad fungicida natural, y es empleado como un agente de control biológico (Bashan et al., 1996; Ramírez et al., 2011). *Bacillus* se destaca por su gran diversidad, por su resistencia ante condiciones ambientales adversas (Sosa López et al., 2011)

Algunas especies de *Bacillus*, como *B. subtilis*, fabrican antibióticos

y son calificados como rizobacterias promotoras del crecimiento, debido a que influyen en el control biológico sobre ciertos patógenos del suelo. Por otra parte los *B. megaterium, B. polymyxa y B. circulans*, tienen mecanismos para originar el crecimiento de las plantas, diferentes al control de patógenos, a traves de fijación de nitrógeno y solubilización de fosfatos, permitiendo la disponibilidad de los nutrimentos en la rizosfera, para consumo por la plantas (Bashan et al., 1996).

Bacillus subtilis es una bacteria que ataca enfermedades de origen fungoso como son *Stemphilium, Oídium, Botrytis, Mildiu, Colletotrichum, Alternaria sp, Rhyzoctonia, Fusarium, Pythium, Phytophthora,* suele colonizar parte de las raices de las plantas, evitando que otros hongos patógenos infecten la raíz, todo esto contribuye al crecimiento radicular (Castro, 2011), pues se promueve el crecimiento de raíces más fuertes y sanas, las fitohormonas que se secretan, permiten una mejor asimilación de agua y nutrientes por la planta (Machado, 2010).

2.8. Trabajos realizados con Microorganismos en diferentes cultivos

Simarmata et al., (2016) evaluó el efecto de la paja compostada combinada con consorcios de biofertilizantes y agentes de biocontrol para restaurar la salud del suelo y promover la resistencia sistémica inducida para aumentar la productividad de arroz. Los resultados experimentales revelaron que la aplicación de 2.5 a 7,5 toneladas por hectárea de paja compostada con 400 g por hectárea de Consorcio de Biofertilizantes y 400 g de Trichoderma sp aumentó la resistencia sistemica inducida y mejoró la productividad del arroz, el rendimiento del grano de arroz se incrementó de alrededor de 7.1 t ha-1 a 7.9 - 10.1 t ha-1.

Simarmata et al., (2018) desarrollaron un formulado de biofertilizante con un consorcios de inoculantes como Azotobacter sp., Azospirillum sp., Pseudomonas sp., Bacillus sp. Y Acinetobacter sp. Dando como resultando el aumento del

rendimiento de grano de arroz en un 20-30% en comparación con los métodos convencionales, la aplicación de 2 a 5 toneladas ha-1 de mejorador organico de suelo redujo la aplicación de fertilizantes inorgánicos en un 25-50%, mejoró la salud del suelo y aumentó significativamente la productividad del arroz. El rendimiento de grano de arroz obtenido osciló entre 6-11 t ha-1 fue aumentado en un 50-200%. Este formulado de Biofertilizantes aumenta la productividad de 5-6 a 6-8 t ha-1 del rendimiento del grano de arroz y mejorar la sostenibilidad de la seguridad alimentaria.

Naher et al., (2016) realizó un estudio para determinar el efecto de los abonos orgánicos junto a una fertilización química reducida para maximizar el rendimiento del arroz. Los resultados mostraron que el tratamiento donde se aplicó N y P solo el 50% de la dosis recomendada más 5 t ha-1 de abono organico reforzado con bacterias fijadoras de nitrogeno de 500 a 1000 ml, aumentó el número de macollos, la longitud de la panícula (28 cm), el peso de 1000 granos (21.31 g), y produjo el mayor rendimiento de grano (7.26 t ha-1), además se obtuvo mayor cantidad de clorofila en las hojas, mayor absorción de nutrientes de las plantas y mayor contenido de proteína del grano en el arroz.

Khan, (2018) afirmó en su investigacion realizada en cultivo de arroz que las plantas se comportaron mejor con la dosis recomendada de fertilizantes químicos sin embargo resultados similares se obtuvieron en parametros de crecimiento y rendimiento bajo tratamientos con 75% N + Trichoderma y 75% N + Trichoderma + Azospirillum. Por otra parte, al aplicar un 25% menos de N inorgánico sin ninguna enmienda o biofertilizante, las plantas comenzaron a mostrar parametros menores dando rendimimientos significativamente deficientes.

Banayo et al., (2012) al evaluar el efecto de tres biofertilizantes diferentes (basados en Azospirillum, Trichoderma o rizobacterias no identificadas) en Filipinas en el transcurso de cuatro temporadas de cultivo entre 2008 y 2011, manejando cuatro dosis de fertilizantes diferentes (100% de la dosis recomendada [DR], 50% DR, 25% DR,

y sin fertilizante como Control). Se obtuvieron promedios mayores en el rendimiento atribuido al uso de biofertilizantes en todas las temporadas experimentales con la excepción de la 2008/09. En cuanto al rendimiento de grano, los aumentos absolutos debido al biofertilizante estuvieron por debajo de 0.5 t ha-1, lo que corresponde a una absorción adicional estimada de N de menos de 7.5 kg N ha-1. En los tratamientos donde se utilizo la dosis de fertilizante recomendada mas el biofertilizante el rendimiento no se alteró, al parecer no existio un efecto significativo de biofertilizante para este caso, pero los mejores efectos sobre el rendimiento de grano se lograron con dosis de fertilizante bajas a medias. Otro detalle es las tendencias de los resultados que al parecer indican que los biofertilizantes pueden ser más efecientes en ambientes de secano con un aporte menor de fertilizantes inorgánicos.

Yedidia et al., (2001) estudió el potencial del agente de control biológico Trichoderma harzianum cepa T-203 para inducir una respuesta de crecimiento en plantas de pepino en suelo y en condiciones de crecimiento hidropónico axénico. Al aplicar este hongo al suelo, se obtuvo un aumento del 30% en la emergencia de las plántulas hasta 8 días después de la siembra. Las mismas plantas para el día 28, presentaron un aumento del 95 y 75% en la zona de la raíz y la longitud acumulada de la raíz, respectivamente, y un incremento significativo en el peso seco (80%), el área foliar (80%) y la longitud de los brotes (45%). Usando el sistema hidropónico axénico, quedó demostrado que la aumento del nivel nutricional de la planta puede estar relacionada al resultado del crecimiento del sistema de raíces después de la inoculación de T. harzianum. Todos estos resultados fueron evidentes a partir de los 5 días posteriores a la inoculación y durante el resto del período de crecimiento, lo que repercutió en mayor biomasa tanto en raíces como en brotes.

Doni et al., (2018) determinó la capacidad del biofertilizante basado en Trichoderma para mejorar las características fisiológicas, el crecimiento y el rendimiento del arroz bajo el manejo del Sistema de Intensificación de Arroz (SRI). Los resultados indicaron

un elevado potencial del Trichoderma para aumentar las características fisiológicas, el crecimiento y la productividad del cultivo de arroz. Las plantas de arroz inoculadas con Trichoderma presentaron un número de macollos, una altura de planta, y panículas significativamente superiores. El rendimiento de grano de las plantas de arroz inoculadas con Trichoderma ascendio un 30% que el de los tratamiento de control SRI sin inocular,

Biswas et al., (2000) Investigó seis diazótrofos rizobianos aislados de distintas leguminosas hospederas para determinar sus actividades de promoción del crecimiento en el arroz de tierras bajas (Oryza sativa L.) durante 1997. Se inocularon tanto semillas como plántulas de arroz Pankaj con distintos rizobios y se plantaron en macetas. La Inoculación con Rhizobium leguminosarum bv. trifolii E11, Rhizobium sp. IRBG74 y Bradyrhizobium sp. El IRBG271 incrementó los rendimientos de grano de arroz y paja de un 8% a un 22% y de un 4% a un 19 %, respectivamente, a diferentes tasas de nitrógeno. Los resultados indicaron que algunas cepas de rizobios pueden promover el crecimiento y el rendimiento del arroz, posiblemente a través de mecanismos que envuelven cambios en la fisiología del crecimiento o la morfología de las raíces en lugar de fijación biológica de N2.

Dixit & Gupta, (2000) en experimentos de campo en el cultivo de arroz Saket-4 durante dos temporadas consecutivas 1993 y 1994 revelaron que los rendimientos de grano y paja de arroz aumentaron significativamente con los niveles crecientes de fertilizantes NPK. La aplicación de estiercol de corral 10 t ha-1 y la inoculación de algas verdiazules, solas o combinadas, aumentó el rendimiento económico. El aumento promedio en el rendimiento de grano debido a algas verdiazules fue de 0.24 t ha-1 (7.5%) mientras que el uso combinado de estiercol de corral y algas verdiazules mostró un aumento de 0.60 t ha-1 (19.2%). Hubo una economía de 30 kg N, 15 kg P y 15 kg K debido a estiercol de corral y algas verdiazules en la primera cosecha de arroz. La adición de estiercol de corral y algas verdiazules mostró cambios positivos en el contenido de carbono orgánico y N del suelo. El rendimiento económico más

alto del cultivo se observó en la combinación de tratamiento de N 120, P 60, K 60 Kg ha-1 y estiercol de corral + algas verdiazules. Turmuktini et al., (2012) experimentó la integración de fertilizantes orgánicos y biológicos para restaurar la salud y aumentar la productividad del cultivo de arroz con la tecnología SOBARI (sistema de intensificación de arroz aeróbico de base orgánica). Se probó compost de paja + biofertilizante para la eficiencia de fertilizantes inorgánicos (N, P, K) y aumentar la producción. En los resultados se encontró interacción entre el aporte de abono de paja + biofertilizante, con el rendimiento por parcela. Dosis de 5.0 t ha-1 de compost paja + 400 g ha-1 de fertilizante biológico acompañado de N, P, K 80% de lo recomendado, puede mostrar los mayores rendimientos y aumentar el rendimiento en un 13.3% en comparación con los controles que usaban las dosis recomendadade.

Othman y Panhwar, (2014) estudiaron la aplicación de cepas de bacterias solubilizadoras de fosforo y productoras de fitohormonas que mejoraría significativamente la absorción de fosforo por parte de las plantas en el arroz aeróbico, en consecuencia, se mejoró el crecimiento del arroz aeróbico.

(Reynders & Vlassak, 1982) realizaron experimentos en trigo de invierno y de primavera para determinar el crecimiento a distintas dosis de nitrogeno complementado con Azospirillum brasilense. Independientemente de la selección de cultivares o de la dosis de nitrógeno, se comprobó un aumento del rendimiento muy significativo en el trigo de invierno, el promedio de grano aumentó en un 9.14%. Se obtuvieron resultados menos significativos con el trigo de primavera, aunque en un experimento la cepa SpBr14 aumentó significativamente el rendimiento de grano, el macollamiento de la planta fue influesiada notablemente con las cepas de Azospirillum.

Rokhzadi y Toashih, (2011) evaluaron los efectos de la inoculación única y combinada con rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal de cuatro géneros, incluidos *Mesorhizobium,Azospiri-*

llum, Pseudomonas y Azotobacter sobre la absorción de nutrientes, el crecimiento y el rendimiento de plantas de garbanzo en condiciones de campo. Todos los tratamientos inoculados fueron estadísticamente superiores sobre el control no inoculado con respecto a la concentración de nitrógeno de los brotes,mejoró significativamente la concentración de fósforo en los brotes. El rendimiento de grano, el peso seco de la biomasa y la absorción de nitrógeno y fósforo de los granos mejoraron estadísticamente. Al comparar por grupo entre tratamientos los inoculantes inoculantes de *Azospirillum o Azotobacter* causó una mejora expresiva en el rendimiento de grano y la biomasa de la planta.

Shanmugam y Veeraputhran, (2000) realizaron experimentos de campo para evaluar el efecto del nitrógeno orgánico e inorgánico con zinc sobre el crecimiento y rendimiento del arroz. El estudio saco a la luz que al aplicar abono verde (Sesbania aculeata a 6.25 t ha-1) o estiércol de corral a 12.5 t ha-1 en combinacion con *Azospirillum* (2 kg ha-1) aumenta significativamente los atributos de crecimiento del arroz, la aplicación combinada de 187.5 kg N ha-1 + 25 kg ZnSO4 ha-1 registró atributos de crecimiento significativamente mayores que 150 kg N ha-1 + 25 kg ZnSO4 ha-1. La aplicación de biofertilizantes con *Azospirillum* registró un período significativamente más corto para 50% de floración, mayor número de macollos productivos por m2, mayor número de granos llenos por panícula, aumento en la longitud de panícula e incremento en el rendimiento de grano (5282 y 5218 kg ha-1) en ambos años.

Sharma y Chauhan, (2011) hicieron experimentos en guisantes, tomando dos niveles de fertilizantes químicos, estiércol de campo y vermicompost, y la inoculación dual con biofertilizantes en diferentes combinaciones, el estudio reveló que el manejo integrado de nutrientes fue la mejor opción para obtener el máximo rendimiento y un producto de calidad. Los biofertilizantes, como el *Azotobacter*, desempeñaron un papel importante en el aumento de la disponibilidad de nutrientes a las plantas, lo que a su vez se reflejó en la calidad del producto y la maximización del

rendimiento. Los biofertilizantes, sin embargo, mostraron mejores respuestas cuando se aplicaron junto con los abonos orgánicos , ya que los abonos proporcionaban un ambiente favorable para la actividad de estos microorganismos. El tratamiento de aserrín biodegradado + suelo fertilizado con *Azotobacter*, presentó los mejores resultados en número de hojas (12.9), altura de las plantas (25.94 cm), longitud radical (5.92 cm), peso seco (0.138 g) y peso fresco (1.012 g).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización de la investigación

La investigación se realizó en el periodo de mayo a septiembre del 2021, en el recinto Porvenir de la parroquia Pimocha del cantón Babahoyo, provincia Los Ríos ubicado en el km 12, de la vía Babahoyo - Jujan, entre las coordenadas geográficas 79 37'57" de longitud Oeste y 10 52'19" de latitud Sur, a una altura de 8 metros sobre el nivel del mar. La zona presenta un clima tropical húmedo; teniendo una precipitación promedio de 2731.4 mm, con temperatura de 27.4 ºC promedio anual.

3.2. Tipo de investigación

La investigación que se realizó fue de tipo experimental en base a la utilización de microorganismo fijadores de nitrógeno como complemento a la fertilización química para reducir el impacto que producen los fertilizantes inorgánicos al agroecosistema y tributa a la línea de investigación Agricultura, Silvicultura y su respectiva sub línea desarrollo de conocimientos y tecnologías de agricultura alternativa aplicable a las condiciones del trópico húmedo y semi húmedo del literal ecuatoriano.

3.3. Fuentes de recopilación de información

Las fuentes de compilación de información para la investigación fueron:

3.3.1. Primarias: La información primaria se adquirió mediante la observación directa del proyecto lo que permitió analizar la característica productiva del cultivo de arroz.

3.3.2. Secundarias: La información bibliográfica que se obtuvo fue a través de revistas científicas en sitios web, libros relacionados a la investigación, artículos científicos.

3.4. Material de siembra

Se utilizó como material de siembra la variedad de arroz INIAP FL 1480, que presenta las siguientes características:

Tabla 2. Características de la variedad arroz INIAP FL 1480

Ciclo vegetativo	120 -140 días
Altura de planta	94 cm - 115 cm
Número de panícula /planta	18 – 22
Longitud de grano	8 mm
Rendimiento riego	6.0 – 10.5 t ha^{-1}
Granos por panícula	200
Longitud de panícula	30 cm
Peso de 1000 granos	31 g

3.5. Tratamientos

Se utilizó tres niveles de fertilización inorgánica:
Alta (180 kg N- 60 Kg P- 90 Kg K- 30 Kg S)
Media (140 Kg N- 40 Kg P- 60 Kg K- 20 Kg S)

Baja (100 Kg N- 30 Kg P- 40 Kg K- 10 Kg S)
Complementado con biofertilizantes:
Azotobacter 3 L ha^{-1}
Bacillus subtilis 3 L ha^{-1}
Azotobacter 1.5 L ha^{-1} y *Bacillus subtilis* 1.5 L ha^{-1}

Tabla 3. Tratamientos de la investigación

Tratamientos		Dosis - Fertilizantes Kg ha^{-1}	Época de aplicación d.d.s
T1	NPKS (alta) + *Azotobacter*	140 - 60 - 90 - 30 + 3	15-30-45
T2	NPKS (alta)+ *Bacillus*	140 - 60 - 90 - 30 + 3	15-30-45
T3	NPKS (alta) *Azotobacter+Bacillus*	140 - 60 - 90 - 30 + 1.5 + 1.5	15-30-45
T4	NPKS (media) + *Azotobacter*	120 - 40 - 60 - 20 + 3	15-30-45
T5	NPKS (media)+ *Bacillus*	120 - 40 - 60 - 20 + 3	15-30-45
T6	NPKS (media)+ *Azotobacter+Bacillus*	120 - 40 - 60 - 20 + 1.5 + 1.5	15-30-45
T7	NPKS (baja)+ *Azotobacter*	100 - 30 - 40 - 10 + 3	15-30-45
T8	NPKS (baja)+ *Bacillus*	100 - 30 - 40 - 10 + 3	15-30-45
T9	NPKS (baja) + *Azotobacter* + *Bacillus*	100 - 30 - 40 - 10 + 1.5 + 1.5	15-30-45
T10	NPKS	140 - 60 - 90 - 30	20-40

d.d.s: Días después de la siembra.
P y K: incorporados antes del trasplante
* Programa de fertilización según análisis de suelo.

3.6. Diseño Experimental

En el trabajo de investigación se empleó el diseño de bloques completos al azar con nueve tratamientos y tres repeticiones, de los cuales se seleccionó el mejor tratamiento para contrastarlo con un Testigo (fertilización convencional). Para la evaluación y comparación de medias de los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey al nivel de P≥0.05% de significancia.

3.7. ADEVA del experimento

Tabla 4. Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento	8
Mejor tratamiento vs. Convencional	1
Repeticiones	2
Error experimental	18
Total	29

Elaborado por: Autor. (2021)

3.8. Delineamiento del experimento

Número de tratamientos	10
Número de repeticiones	3
Número de parcelas	30
Distancia entre repetición	1.5 m
Distanciamiento entre hileras	0.3 m
Distanciamiento entre plantas	0.2 m
Largo de parcela	4 m
Ancho de parcela	2.5 m
Área Total de cada parcela 10	m
Área Total del ensay	654.5 m^2

3.9. Manejo del ensayo

Durante el experimento se realizaron todas las labores y prácticas agrícolas del cultivo de arroz bajo riego con el objeto de obtener un normal crecimiento y desarrollo.

3.9.1. Análisis de suelo

Antes de la preparación del suelo, se tomó una muestra compuesta de terreno, a la cual se le realizó el análisis físico y químico correspondiente en el Laboratorio del INIAP Pichilingue.

3.9.2. Preparación del terreno

La preparación del suelo consistió en dos pases del tractor con gavias (fangueo), con la finalidad de que el suelo quede preparado, para obtener un buen desarrollo de las plántulas.

3.9.3. Siembra

La siembra se realizó mediante el método de trasplante empleando 50 Kg ha-1, con una distancia de 0.25 cm entre planta y 0.25 cm entre calle. El semillero que se empleó para el trasplante tenía una edad de 18 días.

3.9.4. Control de malezas

Para el control pre emergente de malezas se usó Butachor y Pendimentalin, a razón de 3 y 2.5 L ha-1, respectivamente. A los 22 días se empleó Metsulfuron en dosis de 15 g ha-1 y Bispiribac sodium, en dosis de 200 ml ha-1, Pyrasulfuron en dosis de 150 g ha-1. A los 45 y 72 días después de la siembra se realizó control manual.

3.9.5. Control fitosanitario

Se realizó la aplicación preventiva de 2 Kg ha-1 de Glory

(Azoxystrobin + Mancozeb) para evitar el ataque de enfermedades fungosas, además como la Hydrelia es una plaga común en la zona se realizó la aplicación de Tiametoxam 200 ml para su control preventivo.

3.9.6. Riego

El riego fue por inundación, se mantuvo una lámina de agua de 10 cm, a partir de los 15 días del trasplante y antes de la cosecha se retiró la lámina de agua.

3.9.7. Fertilización

La aplicación de los biofertilizantes se realizó de manera fraccionada a los 10 y 30 días después del trasplante al igual que el nitrógeno. Mientras que el potasio y fósforo se incorporaron antes del trasplante.

3.9.8. Cosecha

Se realizó en cada unidad experimental manualmente, cuando el cultivo cumplió con su ciclo vegetativo.

3.10. Datos a evaluar

3.10.1. Altura de planta

En cada unidad experimental se escogió al azar un metro cuadrado y se contabilizó los macollos existentes, esto proceso se lo hizo a los 80 días después de la siembra. Para efectos prácticos de esta labor se procedió al uso de un marco de madera de 1 m^2.

3.10.3. Número de panículas por metro cuadrado

En un metro cuadrado de cada unidad experimental se contó las panículas al momento de la cosecha.

3.10.4. Número de granos por panícula

Se escogió diez espigas al azar de cada unidad experimental al momento de la cosecha y se contó los granos que en ellas habían, que no tuvieran anormalidades.

3.10.5. Días a la floración

Se evaluó los días a la floración cuando el cultivo presentó el 50% de panículas emergidas en la planta en cada unidad experimental.

3.10.6. Longitud de espigas

Se seleccionó 10 espigas al azar de cada unidad experimental y se procedió a medir la longitud en cm desde su base hasta la punta apical.

3.10.7. Peso de 1000 semillas

Se colectaron 1000 granos sanos en cada parcela experimental y se procedió a pesar en una balanza de precisión el resultado fue expresado en gramos.

3.10.8. Días a la cosecha

Los días a la cosecha fueron considerados desde el trasplante hasta cosecha del experimento.

3.10.9. Rendimiento por hectárea

Se determinó por el peso de los granos provenientes del área útil de cada parcela experimental, el porcentaje de humedad se ajustó al 14 % y su peso se transformó a kilogramos por hectárea. Se empleó la siguiente fórmula para ajustar los pesos.

Pu= Pa (100 - ha) / (100 - hd)
Pu= Peso uniformizado
Pa= Peso actual
ha= Humedad actual
hd= Humedad deseada

3.11. Análisis económico

Con los rendimientos encontrados en cada tratamiento y los costos de producción, se realizó el respectivo análisis económico correspondiente para cada tratamiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Resultados

4.1. Altura de planta a los 80 días después de la siembra

Los resultados de la Tabla 5 corresponden a la altura de plantas a los 80 días después de la siembra (DDS). De acuerdo al análisis de varianza, los tratamientos no mostraron diferencia estadística, siendo el coeficiente de variación entre ellos 2.0 %. Los tratamientos presentaron plantas con altura promedio de 105.40 cm.

Tabla 5. Altura de planta del cultivo de arroz *(Oryza sativa L)* en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio.

Tratamientos*	**Altura de planta**
T1: NPKS(A) *Azotobacter*	105.33 a
T2: NPKS(A) *Bacillus*	105.36 a
T3: NPKS(A) *Azo_ Bacillus*	105.90 a
T4: NPKS(M) *Azotobacter*	104.76 a
T5: NPKS(M) *Bacillus*	107.00 a
T6: NPKS(M) *Azo_ Bacillus*	105.43 a
T7: NPKS(B) *Azotobacter*	105.70 a
T8:NPKS(B) *Bacillus*	105.90 a
T9: NPKS(B) *Azo_ Bacillus*	103.26 a
Promedio	105.40
Coeficiente de variación (%)	2.00

Promedios con letras diferentes presenta diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

*A: Fertilización alta; M: Fertilización media; B: Fertilización baja

4.2. Números de macollos por metro cuadrado

Los resultados de la Tabla 6 corresponden al número de macollos por metro cuadrado. De acuerdo al análisis de varianza, los tratamientos mostraron diferencia estadística, siendo el coeficiente de variación entre ellos 3%. Los tratamientos presentaron como promedio en número de macollos/m 414.9.
Utilizando N-P-K-S (alta) *Azotobacter+Bacillus* se presentaron 474.67 macollos/m2, siendo estadísticamente similares a los tratamientos que utilizaron N-P-K-S (alta) + *Azotobacter*; N-P-K-S (alta)+ *Bacillus*; N-P-K-S (media)+ *Bacillus*, pero superior al resto de tratamientos.

Tabla 6. Número de macollos por m en cultivo de arroz *(Oryza sativa L)* en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio

Tratamientos*	Número de macollos por m²
T1: NPKS(A) *Azotobacter*	456.33 a b
T2: NPKS(A) *Bacillus*	461.00 a b
T3: NPKS(A) *Azo_ Bacillus*	474.67 a
T4: NPKS(M) *Azotobacter*	414.33 c
T5: NPKS(M) *Bacillus*	437.33 a b c
T6: NPKS(M) *Azo_ Bacillus*	432.67 b c
T7: NPKS(B) *Azotobacter*	358.67 d
T8:NPKS(B) *Bacillus*	353.67 d
T9: NPKS(B) *Azo_ Bacillus*	345.67 d
Promedio	414.92
Coeficiente de variación (%)	3.00

Promedios con letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤ 0.05)
*A: Fertilización alta; M: Fertilización media;
B: Fertilización baja

4.3. Número de panículas metro cuadrado

Los resultados de la Tabla 7 corresponden al número de panículas por metro cuadrado, de acuerdo al análisis de varianza, los tratamientos mostraron diferencia estadística, siendo el coeficiente de variación entre ellos 4.0%. Los tratamientos presentaron como promedio en número de panículas por m^2 339.51.
Utilizando N-P-K-S (alta) Azotobacter+Bacillus se presentaron 384.33 panículas/m^2, siendo estadísticamente similares a los tratamientos que utilizaron N-P-K-S (alta) + Azotobacter; N-P-K-S (alta)+ Bacillus; pero superior al resto de tratamiento.
a aplicación de los tratamientos de estudio

Tabla 7. Número de panículas por metro cuadrado en cultivo de arroz *(Oryza sativa L)* en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio

Tratamientos*	Número de panículas por metro cuadrado
T1: NPKS(A) *Azotobacter*	358.33 a b
T2: NPKS(A) *Bacillus*	367.33 a
T3: NPKS(A) *Azo_ Bacillus*	384.33 a
T4: NPKS(M) *Azotobacter*	332.33 b c
T5: NPKS(M) *Bacillus*	337.33 b c
T6: NPKS(M) *Azo_ Bacillus*	338.33 b c
T7: NPKS(B) *Azotobacter*	310.00 c

T8:NPKS(B) *Bacillus*	312.67	c
T9: NPKS(B) *Azo_ Bacillus*	315.00	c
Promedio	339.51	
Coeficiente de variación (%)	4.00	

Promedios con letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤ 0.05).
*A: Fertilización alta; M: Fertilización media;
B: Fertilización baja

4.4. Números de granos por panículas

Los resultados de la Tabla 8 corresponden al número de granos por panículas. De acuerdo al análisis de varianza, los tratamientos mostraron diferencia estadística, siendo el coeficiente de variación entre ellos 8.0%. Los tratamientos presentaron como promedio en número de granos/panículas de 156.85.

Utilizando N-P-K-S (alta) *Azotobacter+Bacillus* se presentaron 185 granos por panículas, siendo estadísticamente similares a los tratamientos que utilizaron N-P-K-S (alta) + *Azotobacter*; N-P-K-S (alta) + *Bacillus*; N-P-K-S (media) + *Azotobacter*; N-P-K-S (media) + *Bacillus*; N-P-K-S (media) + *Azotobacter+Bacillus*, pero superior al resto de tratamiento.

Tabla 8. Número de granos por panícula en cultivo de arroz *(Oryza sativa L)* en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio

Tratamientos*	Número de granos por panícula
T1: NPKS(A) *Azotobacter*	167.33 a b
T2: NPKS(A) *Bacillus*	176.00 a
T3: NPKS(A) *Azo_ Bacillus*	185.00 a
T4: NPKS(M) *Azotobacter*	157.33 a b c d
T5: NPKS(M) *Bacillus*	165.00 a b c
T6: NPKS(M) *Azo_ Bacillus*	166.00 a b c
T7: NPKS(B) *Azotobacter*	126.33 d
T8:NPKS(B) *Bacillus*	137.33 b c d
T9: NPKS(B) *Azo_ Bacillus*	131.33 c d
Promedio	156.85
Coeficiente de variación (%)	8.00

Promedios con letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤ 0.05)
*A: Fertilización alta; M: Fertilización media;
B: Fertilización baja

4.5. Días a la floración

Los resultados de la Tabla 9 corresponden a los días a la floración. De acuerdo al análisis de varianza, los tratamientos no mostraron diferencia estadística, siendo el coeficiente de variación entre ellos 0.58%. Los tratamientos presentaron como promedio en días a la floración 80 días

Tabla 9. Días a la floración en cultivo de arroz *(Oryza sativa L)* en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio.

Tratamientos*	Días a la floración
T1: NPKS(A) *Azotobacter*	80.00 a
T2: NPKS(A) *Bacillus*	79.66 a
T3: NPKS(A) *Azo_ Bacillus*	80.33 a
T4: NPKS(M) *Azotobacter*	80.66 a
T5: NPKS(M) *Bacillus*	80.00 a
T6: NPKS(M) *Azo_ Bacillus*	80.00 a
T7: NPKS(B) *Azotobacter*	79.66 a
T8:NPKS(B) *Bacillus*	80.33 a
T9: NPKS(B) *Azo_ Bacillus*	79.66 a
Promedio	80.03
Coeficiente de variación (%)	0.58

Promedios con letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤ 0.05)
*A: Fertilización alta; M: Fertilización media;
B: Fertilización baja

4.6. Longitud de espiga en cm

Los resultados de la Tabla 10 corresponden la longitud de espiga en cm. De acuerdo al análisis de varianza, no mostraron diferencia estadística, siendo el coeficiente de variación entre ellos 2.0%. Los

tratamientos presentaron como promedio en longitud de espiga 28.68 cm.

Tabla 10. Longitud de espiga (cm) en cultivo de arroz *(Oryza sativa L)* en respuesta la aplicación de los tratamientos de estudio.

Tratamientos*	**longitud de espiga (cm)**
T1: NPKS(A) *Azotobacter*	29.03 a
T2: NPKS(A) *Bacillus*	28.93 a
T3: NPKS(A) *Azo_ Bacillus*	28.60 a
T4: NPKS(M) A*zotobacter*	28.05 a
T5: NPKS(M) *Bacillus*	28.70 a
T6: NPKS(M) *Azo_ Bacillus*	28.66 a
T7: NPKS(B) *Azotobacter*	28.76 a
T8:NPKS(B) *Bacillus*	28.33 a
T9: NPKS(B) *Azo_ Bacillus*	28.66 a
Promedio	28.68
Coeficiente de variación (%)	2.00

Promedios con letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤ 0.05)
*A: Fertilización alta; M: Fertilización media;
B: Fertilización baja

4.7. Peso de 1000 semillas en gramos

Los resultados de la Tabla 11 corresponden peso de 1000 semillas en gramos. De acuerdo al análisis de varianza, no mostraron diferencia estadística, siendo el coeficiente de variación entre ellos 2.0%. Los tratamientos presentaron como promedio en el peso de 1000 semillas 29.57 gramos.

Tabla 11. Peso de 1000 semillas (g) en cultivo de arroz *(Oryza sativa L)* en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio

Tratamientos*	**Peso de 1000 semillas (g)**
T1: NPKS(A) *Azotobacter*	29.83 a
T2: NPKS(A) *Bacillus*	29.93 a
T3: NPKS(A) *Azo_ Bacillus*	29.76 a
T4: NPKS(M) *Azotobacter*	29.33 a
T5: NPKS(M) *Bacillus*	29.00 a
T6: NPKS(M) *Azo_ Bacillus*	30.26 a
T7: NPKS(B) *Azotobacter*	29.26 a
T8:NPKS(B) *Bacillus*	29.76 a
T9: NPKS(B) *Azo_ Bacillus*	29.00 a
Promedio	29.57
Coeficiente de variación (%)	2.00

Promedios con letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤ 0.05)

*A: Fertilización alta; M: Fertilización media;
B: Fertilización baja

4.8. Días a la cosecha

Los resultados de la Tabla 12 corresponden a los días de cosecha. De acuerdo al análisis de varianza, no mostraron diferencia estadística, siendo el coeficiente de variación entre ellos 0.87%. Los tratamientos presentaron como promedio en 119 días a la cosecha.

Tabla 12. Días a la cosecha en cultivo de arroz *(Oryza sativa L)* en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio

Tratamientos*	**Días a la cosecha**
T1: NPKS(A) *Azotobacter*	120.66 a
T2: NPKS(A) *Bacillus*	120.33 a
T3: NPKS(A) *Azo_ Bacillus*	118.66 a
T4: NPKS(M) *Azotobacter*	119.33 a
T5: NPKS(M) *Bacillus*	120.00 a
T6: NPKS(M) *Azo_ Bacillus*	119.00 a
T7: NPKS(B) *Azotobacter*	121.33 a
T8:NPKS(B) *Bacillus*	120.33 a
T9: NPKS(B) *Azo_ Bacillus*	120.00 a
Promedio	119.96
Coeficiente de variación (%)	0.87

Promedios con letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤ 0.05)

*A: Fertilización alta; M: Fertilización media;

B: Fertilización baja

4.9. Rendimiento en Kg ha^{-1}

Los resultados de la Tabla 13 corresponden al rendimiento en Kg ha^{-1}. De acuerdo al análisis de varianza, los tratamientos mostraron diferencia estadística, siendo el coeficiente de variación entre ellos 1.0%. Los tratamientos presentaron como promedio de rendimiento 6047 Kg ha^{-1}.

Utilizando N-P-K-S (alta) *Azotobacter* + *Bacillus* se obtuvo 7415.5 Kg ha^{-1}, siendo estadísticamente similares a los tratamientos que utilizaron N-P-K-S (alta) + *Azotobacter*; N-P-K-S (alta) + *Bacillus*; N-P-K-S (media) + *Azotobacter*; N-P-K-S (media) + *Bacillus*; N-P-K-S (media) + *Azotobacter*+*Bacillus*, pero superior al resto de tratamiento.

Tabla 13. Rendimiento Kg ha-1 en cultivo de arroz *(Oryza sativa L)* en respuesta a la aplicación de los tratamientos de estudio

Tratamientos*	Rendimiento Kg ha^{-1}
T1: NPKS(A) *Azotobacter*	6911.90 a
T2: NPKS(A) *Bacillus*	7130.00 a
T3: NPKS(A) *Azo_ Bacillus*	7415.50 a
T4: NPKS(M) *Azotobacter*	6074.90 a b
T5: NPKS(M) *Bacillus*	6105.20 a b
T6: NPKS(M) *Azo_ Bacillus*	6267.30 a b
T7: NPKS(B) *Azotobacter*	4756.20 b
T8:NPKS(B) *Bacillus*	4830.90 b

T9: NPKS(B) *Azo_ Bacillus*	4936.40 b
Promedio	6047.50
Coeficiente de variación (%)	3.00

Promedios con letras diferentes presentan diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤ 0.05)
*A: Fertilización alta; M: Fertilización media;
B: Fertilización baja

4.10. Análisis económico

En la Tabla 14 se presenta el análisis económico de los tratamientos en estudio en función del rendimiento de grano ajustado al 14% de humedad. Con N-P-K-S (alta) *Azotobacter+Bacillus* se obtuvo mayor rendimiento por hectárea con 7415.46 Kg, que produjo un ingreso bruto de $ 1634.83 a un costo de tratamiento de $ 1536.55, que permitió un ingreso neto de $ 98.28.

Cabe indicar que todos los tratamientos con dosis altas de fertilizantes químicos permitieron obtener rentabilidad positiva, aunque baja por los elevados precios de los insumos, fertilizantes y el bajo precio de venta de la saca de arroz. En los demás tratamientos se obtuvo pérdidas resaltando el tratamiento que se aplicó N-P-K-S (baja)+ *Azotobacter* el cual solo alcanzó un rendimiento de 4756.18 Kg ha-1 lo que permitió obtener un ingreso bruto de $ 1048.56 a un costo de tratamiento de $ 1295.05 por lo que existió una pérdida de $ 246.50.

Tabla 14. Análisis económico de los tratamientos en estudio en función del rendimiento de grano ajustado al 14% de humedad.

Nº	Tratamiento	Rendimiento Kg ha^{-1}	Ingresos	Costos Fijos	Costos de Fertilización	Costos de cosecha-transporte	Costo Total	Utilidad Neta
T1	N-P-K- (alta) + *Azotobacter*	6911.94	1523.82	870	421.84	228.09	1519.93	3.89
T2	N-P-K- (alta)+ *Bacillus*	7130.05	1571.91	870	418.84	235.29	1524.13	47.78
T3	N-P-K- (alta) *Azotobacter+Bacillus*	7415.46	1634.83	870	420.34	244.71	1535,05	99.78
T4	N-P-K- (media) + *Azotobacter*	6074.90	1339.29	870	333.12	200.47	1403.59	-64,30
T5	N-P-K- (media)+ *Bacillus*	6105.16	1345.96	870	330.12	201.47	1404.59	-58.63
T6	N-P-K- (media)+ *Azotobacter+Bacillus*	6267.26	1381.69	870	331.62	206.82	1408.44	-26.75
T7	N-P-K- (baja) + *Azotobacter*	4756.18	1048.56	870	268.10	156.95	1295.05	-246.50
T8	N-P-K- (baja)+ *Bacillus*	4830.83	1065.01	870	268.10	159.42	1297.52	-232.51
T9	N-P-K- (baja) + *Azotobacter+Bacillus*	4936.44	1088.30	870	266.60	162.90	1299.50	-211.20
T10	N-P-K-	6285.61	1385.74	870	382.84	207.43	1460.27	-74.53

Agroquímicos	**Unid.**	**Total**
Butaclor 3 litros $6	6	18
Pendimethalin 2,5 litros	7	17,5
Metsulfuron methyl 15g	3	3
Bispyribac sodium 200ml	9,5	9,5
Pyrazosulfuron 150ml	9	9
Azoxystrobin + Mancozeb	26	26
Tiametoxam 200ml	12	12
Total		95

Costos fijos	
Combustible para riego	75
Arriendo de terreno	200
Preparación de terreno	50
Siembra $12*16	192
Jornales $10*20	200
Agroquímico	95
Semilla arroz	58
Total	870

Fertilización Alta *Azotobacter*

Urea	6 sacos (24 kg DAP)	$29.15	$174.90
DAP	3 sacos	$38	$114
Muriato	3.33 sacos	$28	$93.94
Azotobacter	*3litros*	*$13*	*$39*
Total			$ 421.84

Fertilización Media *Azotobacter*

Urea	5.50 sacos (24 kg DAP) 46%	$29.15	$160.32
DAP	1.9 sacos 46%	$38	$72.20
Muriato	2.2 sacos 60%	$28	$61.60
Azotobacter	3litros	$13	$39
Total			$333,12

Fertilización Baja *Azotobacter*

Urea	4.6 sacos (24 kg DAP) 46%	$29.15	$134.10
DAP	1.4 sacos	$38	$53
Muriato	1.5 sacos 60%	$28	$42
Azotobacter	3litros	$13	$39
Total			$268.10

Fertilización Alta *Bacillus*

Urea	6 sacos (24 kg DAP)	$29.15	$174.90
DAP	3 sacos	$38	$114
Muriato	3.33 sacos	$28	$93.94
Bacillus	3litros	$12	$36
total			$418.84

Fertilización Media *Bacillus*

Urea	5.50 sacos (24 kg DAP) 46%	$29.15	$160.32
DAP	1.9 sacos 46%	$38	$72.20
Muriato	2.2 sacos 60%	$28	$61.60
Bacillus	3litros	$12	$36
total			$330.12

Fertilización Baja *Bacillus*

Urea	4.6 sacos (24 kg DAP) 46%	$29.15	$134.10
DAP	1.4 sacos	$38	$53
Muriato	1.5 sacos 60%	$28	$42
Bacillus	3litros	$12	$36
total			$265.10

Fertilización Alta *Azotobacter y Bacillus*

Urea	6 sacos (24 kg DAP)	$29.15	$174.90
DAP	3 sacos	$38	$114
Muriato	3,33 sacos	$28	$93.94
Azo- Bac	1.5+1.5 litros	19.5+ 18	$37.5
			$420.34

Fertilización Media *Azotobacter y Bacillus*

Urea	5.50 sacos (24 kg DAP) 46%	$29.15	$160.32
DAP	1.9 sacos 46%	$38	$72.20
Muriato	2.2 sacos 60%	$28	$61.60
Azo- Bac	1.5+1.5 litros	19.5+ 18	$37.5
total			$331.62

Fertilización Baja *Azotobacter y Bacillus*			
Urea	4.6 sacos (24 kg DAP) 46%	$29.15	$134.10
DAP	1.4 sacos	$38	$53
Muriato	1.5 sacos 60%	$28	$42
Azo- Bac	1.5+1.5 litros	19.5+ 18	$37.5
total			$266.60

4.11. Contraste entre el mejor tratamiento del experimento (T3. N-P-K- (alta) Azotobacter+Bacillus) y el tratamiento Testigo

En la tabla 15 se presenta el contraste existente entre los resultados de las distintas variables analizadas del T3: *Azotobacter* 1.5 ha^{-1} + *Bacillus* 1.5 ha^{-1} + NPKS (140-60-90-30 Kg ha-1) el cual resultó como mejor tratamiento del experimento y el tratamiento Testigo: NPKS (140-60-90-30 Kg ha^{-1}).

Altura de planta en el tratamiento 3 obtuvo un promedio de 105.90 antes el tratamiento testigo que alcanzó los 105.23 estadísticamente similares, con un coeficiente de variación de ± 1.61.

En número de macollos por metro cuadrado el tratamiento 3 obtuvo 474.67 mientras que el tratamiento testigo 462.67 por lo que no se registró diferencia estadística alcanzando un coeficiente de variación de ± 2.33.

El número de panículas por metro cuadrado para el tratamiento 3 fue de 384.93 mientras que el tratamiento testigo alcanzo los 369.67, resultando estadísticamente similares, mientras que su coeficiente de variación estuvo en los ± 4.93.

El número de granos por panícula para el tratamiento 3 fue de 185 mientras que el tratamiento testigo alcanzo los

170.67, resultando estadísticamente similares, mientras que su coeficiente de variación estuvo en ± 5.

Tabla 15. Contrastes entre el mejor tratamiento de la investigación: T3 NPKS(A) Azo_Bacillus y el Tratamiento Testigo NPKS (A)

CONTRASTE	Altura de planta(cm)	Número de macollos(m^2)	Número de panículas	Número de granos por panícula
NPKS(A) *Azo_ Bacillus* (T3)	105.90 a	474.67 a	384.93 a	185.00 a
Vs.				
NPKS (T)	105.23 a	462.67 a	369.67 a	170.67 a
	± 1.61	± 2.33	± 4.93	± 5.00

Promedios con letras diferentes presentan diferencia estadística de acuerdo a la prueba de Tukey al 5%.

En la tabla 16 se examina el contraste entre el mejor tratamiento de la investigación T3 NPKS(A) *Azo_Bacillus* y el tratamiento testigo NPKS (A). Las variables presentes son: días a la floración, longitud de espiga, peso de mil semillas, días a la cosecha y rendimiento.

Días a La floración en el tratamiento 3 obtuvo un promedio de 80.33 antes el tratamiento testigo que alcanzó los 80.67 estadísticamente similares, con un coeficiente de variación de ± 0.72.

En longitud de espiga el tratamiento 3 obtuvo 28.58 mientras que el tratamiento testigo 28.67 por lo que no se registró diferencia estadística alcanzando un coeficiente de variación de ± 1.92.

El peso de mil semillas para el tratamiento 3 fue de 29.75 g mientras que el tratamiento testigo alcanzo los 29.17 g,

resultando estadísticamente similares, mientras que su coeficiente de variación estuvo en los ± 2.19.

Días a la cosecha para el tratamiento 3 fue de 118.67 días mientras que el tratamiento testigo alcanzo los 121.33 días, resultando estadísticamente similares, mientras que su coeficiente de variación estuvo en 1.40.

Rendimiento para el tratamiento 3 fue de 7415.46 Kg ha^{-1} mientras que el tratamiento testigo alcanzó los 7390.34 kg ha^{-1} resultando estadísticamente similares, mientras que su coeficiente de variación ± 9.42.

Tabla 16. Contrastes entre el mejor tratamiento de la investigación: T3 NPKS(A) *Azo_Bacillus* y el tratamiento testigo NPKS (A).

CONTRASTE	Floración	Longitud de espiga	Peso de 1000 semillas	Días a la cosecha	Rendimiento
NPKS(A) *Azo_ Bacillus* (T3)	80.33 a	28.58 a	29.75 a	118.67 a	7415.46 a
Vs.					
NPKS (T)	80.67 a	28.67 a	29.17 a	121.33 a	7390.34 a
	± 0.72	± 1.92	± 2.19	± 1.40	± 9.42

Promedios con letras diferentes presentan diferencia estadística de acuerdo a la prueba de Tukey al 5%

V. DISCUSIÓN

Los resultados de producción en arroz con dosis alta de fertilizantes químicos y combinados con microorganismos dieron mejores resultados que los demás tratamientos esto se correlaciona con los datos reflejados por Okon y Labandera-Gonzales (1994) que durante sus trabajos en arroz por más de 20 años encontraron un incremento de hasta un 30 % de aumento en los rendimientos del arroz al usar fertilizantes químicos y biofertilizantes como Azospirillum, Trichoderma harzianum.

La utilización microorganismo para aumentar la eficacia en la producción de arroz se pone de manifiesto a existir un óptimo resultados en los tratamientos con las diferentes dosis de fertilizantes químicos (alta, media y baja) en el caso del número de macollos el tratamiento 3 tienen un promedio de 474.67 y en el caso de número de granos por espiga de 185,00 evidentemente superior a los demás tratamiento lo cual reafirma lo que menciono Khan, (2018) en su investigación realizada en cultivo de arroz que las plantas se comportan mejor con la dosis recomendada de fertilizantes químicos sin embargo resultados similares se obtuvieron en parámetros de crecimiento y rendimiento bajo tratamientos con 75% N + T*richoderma* y 75% N + *Trichoderma* + *Azospirillum*. Pero también afirmó que al aplicar un 25% menos de N inorgánico sin ninguna enmienda o biofertilizante, las plantas comenzaron a mostrar parámetros menores dando rendimientos significativamente deficientes.

Los resultados obtenidos en altura de planta, longitud de espiga, peso de 1000 semillas y días a la cosecha no representaron diferencias estadísticas sin embargo las demás variables como números de macollos, numero de granos y rendimiento demostraron tener diferencias estadísticas significativas ubicándose en los primeros lugares aquellos tratamientos cuya fertilización química fue alta en conjunto con los microorganismo esto fue diferente a lo expuesto por Banayo et al., (2012) quien observó al evaluar el efecto de tres biofertilizantes diferentes (basados en *Azospirillum*, *Trichoderma*

o rizobacterias no identificadas) en Filipinas en el transcurso de cuatro temporadas de cultivo entre 2008 y 2011, manejando cuatro dosis de fertilizantes diferentes (100% de la dosis recomendada [DR], 50% DR, 25% DR, y sin fertilizante como Control). En donde obtuvo promedios mayores en el rendimiento atribuido al uso de biofertilizantes en todas las temporadas experimentales con la excepción de la 2008/09. En los tratamientos donde se utilizó la dosis de fertilizante recomendada más el biofertilizante el rendimiento no se alteró, al parecer no existió un efecto significativo de biofertilizante para este caso, pero los mejores efectos sobre el rendimiento de grano se lograron con dosis de fertilizante bajas a medias.

Para alcanzar rendimientos óptimos en el cultivo de arroz es necesario un manejo integral es decir mantener la fertilización química pero además aportar microorganismo que ayuden a la asimilación de los nutrientes del suelo o sean del tipo fijadores de nitrógeno, para Sharma y Chauhan, (2011) que hicieron experimentos en guisantes, tomando dos niveles de fertilizantes químicos, estiércol de campo y vermicompost, y la inoculación dual con biofertilizantes en diferentes combinaciones, quedo claro que el manejo integrado de nutrientes fue la mejor opción para obtener el máximo rendimiento y un producto de calidad. Por una parte los biofertilizantes, como el *Azotobacter*, desempeñaron un papel importante en el aumento de la disponibilidad de nutrientes a las plantas, lo que a su vez se reflejó en la calidad del producto y la maximización del rendimiento. Los biofertilizantes, sin embargo, mostraron mejores respuestas cuando se aplicaron junto con los abonos orgánicos, ya que los abonos proporcionaban un ambiente favorable para la actividad de estos microorganismos. El tratamiento de aserrín biodegradados + suelo fertilizado con *Azotobacter*, presentó los mejores resultados en número de hojas (12.9), altura de las plantas (25.94 cm), longitud radical (5.92 cm), peso seco (0.138 g) y peso fresco (1.012 g).

VI. CONCLUSIONES

- La fertilización química y bilógica se complementan si existen las condiciones de suelo adecuadas como suficiente materia orgánica que permite el buen desarrollo de los microorganismos.

- El tratamiento NPKS con dosis alta de fertilizante químico + *Azotobacter*+ *Bacillus* produjo los mejores resultados en los componentes relacionado a la producción como números de macollos, número de panículas y número de granos por espiga, lo cual es resultado de la alta concentración de los fertilizantes químicos que satisfacen las necesidades fisiológicas de la planta para su buen desarrollo.

- En función del costo de los tratamientos y la rentabilidad que genera, el tratamiento NPKS (alta) *Azotobacter* + *Bacillus* es el mejor tratamiento económicamente hablando pues la producción obtenida supera a los demás tratamientos lo que genera mayores ganancias al comercializarse.

VII. RECOMENDACIONES

- Adicionar un manejo orgánico en fertilizaciones biológicas o complementarias que permitan mostrar una mejor expresión de los microorganismos utilizados empleados.

- Estudiar el efecto de otras combinaciones y dosis de microorganismo fijadores de nitrógeno, basados en abonos orgánicos que mejoren el rendimiento del cultivo del arroz.

- Realizar análisis de costos de estas nuevas propuestas, para determinar si justifica dar un salto a la línea orgánica, en vista que los fertilizantes han presentado una alza en sus costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, M., Castrillo, W., & Belmonte, U. (2006). Origen, evolución y diversidad de arroz. Agronomía Tropical, 151–170. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-%0A192X2006000200001&lng=es&tlng=es.

Alvarez Quispe, M. M. (2017). Efecto de los microorganismos eficaces y frecuencias de aplicación, en el rendimiento del cultivo de la Vid (Vitis vinifera L.) cv. Red globe–en el Instituto Basadre de Investigación IRGAB–Tacna.

Alvear, M., López, R., Rosas, A., & Espinoza, N. (2006). Efecto de la aplicación de herbicidas en condiciones de campo sobre algunas actividades biológicas. Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal, 6(1), 64–76.

Arias, F., López, V., & Guerrero, P. (2007). Tratamiento de cultivos sin suelo. Revista Horticultura. Ed Mundipresa. Ref, 4079, 13–15.

Arregocés, O. (2005). Morfología de la planta de arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Banayo, N. P. M., Cruz, P. C., Aguilar, E. A., Badayos, R. B., & Haefele, S. M. (2012). Evaluation of biofertilizers in irrigated rice: Effects on grain yield at different fertilizer rates. Agriculture, 2(1), 73–86.

Bashan, Y., Holguin, G., & Ferrera-Cerrato, R. (1996). Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. Terra, 14(2), 159–192.

Biswas, J. C., Ladha, J. K., & Dazzo, F. B. (2000). Rhizobia inoculation improves nutrient uptake and growth of lowland rice. Soil Science Society of America Journal, 64(5), 1644–1650.

Bizzozero, P. (2006). Reducen biofertilizantes costos y daño ambiental. Imagen Agropecuaria.(Costa Rica), 1, 12–14.

BROWN, M. E. (1976). Role of Azotobacter paspali in association with Paspalum notatum. Journal of Applied Bacteriology, 40(3), 341–348.

Castro, C. (2011). Efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo de plantas de cacao (Theobroma cacao), en vivero. Santo Domingo de Los Tsáchilas, 94.

Celi Herán, R. (2012). INIAP-FL-01: Nueva variedad de arroz de alto rendimiento, grano extra largo y cristalino.

Chirinos, V., Leal, A., & Montilla, J. (2006). Uso de insumos biológicos como alternativa para la agricultura sostenible en la zona sur del Estado Anzoátegui. CENIAP HOY (Venezuela).

Cuevas, V. C. (1991). Rapid composting for intensive rice land use. Innovation for Rural Development, 5–10.

Denarié, J., & Blanchere, H. (1966). Inoculation de graines de vegetaux cultives al'aide de souches bacteriennes. Annales de l'Institut Pasteur Suppl, 3, 57–74.

Dixit, K. G., & Gupta, B. R. (2000). Effect of farmyard manure, chemical and biofertilizers on yield and quality of rice (Oryza sativa L.) and soil properties. Journal of the Indian Society of Soil Science, 48(4), 773–780.

Doni, F., Zain, C. R. C. M., Isahak, A., Fathurrahman, F., Anhar, A., Mohamad, W. N. W., Yusoff, W. M. W., & Uphoff, N. (2018). A simple, efficient, and farmer-friendly Trichoderma-based biofertilizer evaluated with the SRI Rice Management System. Organic Agriculture, 8(3), 207–223.

Ehrlich, P. R., & Harte, J. (2015). Opinion: To feed the world in 2050 will require a global revolution. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(48), 14743–14744.

Emmerling, C., Schloter, M., Hartmann, A., & Kandeler, E. (2002). Functional diversity of soil organisms—a review of recent research activities in Germany. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 165(4), 408–420.

FAO. (2003). Producción sostenible de arroz para la seguridad alimentaria.

FAO. (2013). Organización Agrícola y Alimentaria. http://www.fao.org/faostat/en/#home

FAO. (2015). El uso de fertilizantes sobrepasará los 200 millones de toneladas en 2018. http://www.fao.org/news/story/es/item/277654/icode/

FAO. (2020). Datos sobre alimentación y agricultura: año 2018. Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación. www.fao.org/faostat/es/#home

Ferlini, H. A., Díaz, S. C., Traut, C. O., & Fe–Argentina, S. (2006). Beneficios del uso de inoculantes sobre la base de azospirillum brasilense en cultivos extensivos de granos y forrajes. Génesis, 19(60).

Foth, H. D., & Turk, L. M. (1985). Fundamentos de la ciencia del suelo (Issue Sirsi) i9789682605840). CECSA.

Gizaki, L. J., Alege, A. A., & Iwuchukwu, J. C. (2015). Farmer's perception of sustainable alternatives to the use of chemical fertilizers to enhance crop yield in Bauchi state Nigeria.

Gnanamanickam, S. S., Vasudevan, P., Reddy, M. S., & De, G. (2002). Principles of biological control. In Biological control of

crop diseases (pp. 15–24). CRC Press.

Gómez, M. M., Mercado, E. C., & Pineda, E. G. (2014). Azospirillum una rizobacteria con uso potencial en la agricultura. Biológicas Revista de La DES Ciencias Biológico Agropecuarias, 16(1), 11–18.

Gray, E. J., & Smith, D. L. (2005). Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant–bacterium signaling processes. Soil Biology and Biochemistry, 37(3), 395–412.

Haas, D., & Défago, G. (2005). Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. Nature Reviews Microbiology, 3(4), 307–319.

Hegde, D. M., & Dwivedi, B. S. (1993). Integrated nutrient supply and management as a strategy to meet nutrient demand. Fertiliser News, 38, 49.

INEC, I. N. de E. y C. (2017). Ecuador en cifras.

Jobe, B. (2003). Integrated nutrient management for increased rice production in the inland valleys of the Gambia. Proceedings of the Second Biennial Regional Rice Research Review, 35–41.

Khan, H. I. (2018). Appraisal of biofertilizers in rice: To supplement inorganic chemical fertilizer. Rice Science, 25(6), 357–362.

Kramer, A. W., Doane, T. A., Horwath, W. R., & Van Kessel, C. (2002). Combining fertilizer and organic inputs to synchronize N supply in alternative cropping systems in California. Agriculture, Ecosystems & Environment, 91(1–3), 233–243.

Lakshmi, C. S. R., Rao, P. C., Sreelatha, T., Madahvi, M., Padmaja, G., Rao, P. V, & Sireesha, A. (2012). Nitrogen use efficiency and production efficiency of rice under rice-pulse cropping

system with integrated nutrient management. Journal of Rice Research, 5(1–2), 42–51.

Lucy, M., Reed, E., & Glick, B. R. (2004). Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. Antonie van Leeuwenhoek, 86(1), 1–25.

MACHADO, M. A. de C. F. (2010). Biofertilizante como ferramenta para incrementar a diversidade microbiana visando o manejo de doenças de plantas. Embrapa Meio Ambiente-Tese/ Dissertação (ALICE).

Marín, D., Urioste, S., Celi, R., Castro, M., Pérez, P., Aguilar, D., Labarta, R., & Andrade, R. (2021). Caracterización del sector arrocero en Ecuador 2014-2019:¿ Está cambiando el manejo del cultivo? Publicación CIAT.

Mrkova ki, N., Kova ev, L., a i , N., & Mezei, S. (2001). Application of microbiological preparations in sugarbeet production. Zbornik Radova Instituta Za Ratarstvo i Povrtarstvo, 35, 67–73.

Mrkovacki, N., & Milic, V. (2001). Use of Azotobacter chroococcum as potentially useful in agricultural application. Annals of Microbiology, 51(2), 145–158.

Muñoz, J. S. C., & Benavides, A. C. M. (2010). Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. Producción+ Limpia, 5(2), 77–96.

Naher, U. A., Panhwar, Q. A., Othman, R., Ismail, M. R., & Berahim, Z. (2016). Biofertilizer as a supplement of chemical fertilizer for yield maximization of rice. Journal of Agriculture Food and Development, 2(0), 16–22.

Ohajianya, D. O., & Onyenweaku, C. E. (2002). Farm size and relative efficiency in rice production in Ebonyi State, Nigeria.

Modeling Simulation Controlling and Development, 23, 1–16.

Okon, Y. (1994). Labandera-Gonzalez C. Agronomic applications of Azospirillum: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation experiments. Soil. Biol. Biochem., 26.

Othman, R., & Panhwar, Q. A. (2014). Phosphate-solubilizing bacteria improves nutrient uptake in aerobic rice. In Phosphate solubilizing microorganisms (pp. 207–224). Springer.

Pacasa Quisbert, F. (2015). Microorganismos del suelo y fertilidad del suelo en el altiplano boliviano.

Patel, J. R. (1998). Effect of blue green algae and nitrogen fertilizer on rice yield. Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika, 13(1–2), 48–52.

Ramírez, A. R., Sánchez, E. R., Chimal, C. Y., & Chan, M. D. (2011).

Selección de Bacillus spp. con actividad antagónica in vitro contra Macrophomina phaseolina (Tassi) Goid. en diferentes medios de cultivo. Fitosanidad, 15(2), 117–121.

Reynders, L., & Vlassak, K. (1982). Use of Azospirillum brasilense as biofertilizer in intensive wheat cropping. Plant and Soil, 66(2), 217–223.

Rokhzadi, A., & Toashih, V. (2011). Nutrient uptake and yield of chickpea (Cicer arietinum L.) inoculated with plant growthpromoting rhizobacteria. Australian Journal of Crop Science, 5(1), 44–48.

Santa Ana, M. J. F. (1995). Arroz. Propuestas para la reforma del mercado. Distribución y Consumo, 24, 58–67.

Satyanarayana, V., Vara Prasad, P. V, Murthy, V. R. K., & Boote, K. J. (2002). Influence of integrated use of farmyard manure

and inorganic fertilizers on yield and yield components of irrigated lowland rice. Journal of Plant Nutrition, 25(10), 2081–2090.

Shanmugam, P. M., & Veeraputhran, R. (2000). Effect of organic manure, biofertilizers, inorganic nitrogen and zinc on growth and yield of rabi rice (Oryza sativa L.). Madras Agricultural Journal, 87(1/3), 90–93.

Sharma, U., & Chauhan, J. K. (2011). Influence of integrated use of inorganic and organic sources of nutrients on growth and production of pea. Journal of Farm Sciences, 1(1), 14–18.

Simarmata, T., Setiawati, M. R., Herdiyantoro, D., & Fitriatin, B. N. (2018). Managing of organic-biofertilizers nutrient based and water saving technology for restoringthe soil health and enhancing the sustainability of rice production in Indonesia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 205, 12051.

Simarmata, T., Turmuktini, T., Fitriatin, B. N., & Setiawati, M. R. (2016). Application of bioameliorant and biofertilizers to increase the soil health and rice productivity. HAYATI Journal of Biosciences, 23(4), 181–184.

Singh, S., Singh, R. N., Prasad, J., & Kumar, B. (2002). Effect of green manuring, FYM and biofertilizer in relation to fertilizer nitrogen on yield and major nutrient uptake by upland rice. Journal of the Indian Society of Soil Science, 50(3), 313–314.

Sosa López, A. I., Pazos Álvarez-Rivera, V., Torres Campos, D., & Casadesús Romero, L. (2011). Identificación y caracterización de seis aislados pertenecientes al género Bacillus promisorios para el control de Rhizoctonia solani Künh y Sclerotium rolfsii Sacc. Fitosanidad, 15(1), 39–44.

Tascón, J. (1985). Arroz: Investigación y producción.

Terranova, E. (1995). Enciclopedia Agropecuaria; Producción Agrícola 1. Santa Fé de Bogota Colombia. Panamericana Formas e Impresos. Pág, 217–237.

Tinarelli, A., & Carreres Ortells, R. M. (1989). El arroz.

Turmuktini, T., Kantikowati, E., Natalie, B., Setiawati, M., Yuwariah, Y., Joy, B., & Simarmata, T. (2012). Restoring the health of paddy soil by using straw compost and biofertilizers to increase fertilizer efficiency and rice production with SOBARI (System of Organic Based Aerobic Rice Intensification) technology. Asian Journal of Agriculture and Rural Development, 2(393-2016–23872), 519–526.

Valladares, C. (2010). Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. Serie Lecturas Obligatorias: Taxonomía, Botánica y Fisiología de Los Cultivos de Grano. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Centro Universitario Regional Del Litoral Atlántico. Departamento de Producción Vegetal.

Vergara, B. S. (1985). Manual para el nuevo arrocero. IRRI,.

Yedidia, I., Srivastva, A. K., Kapulnik, Y., & Chet, I. (2001). Effect of Trichoderma harzianum on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. Plant and Soil, 235(2), 235–242.

Zhihui, W. E. N., Jianbo, S., Blackwell, M., Haigang, L. I., Bingqiang, Z., & Huimin, Y. (2016). Combined applications of nitrogen and phosphorus fertilizers with manure increase maize yield and nutrient uptake via stimulating root growth in a long-term experiment. Pedosphere, 26(1), 62–7

ANEXOS

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: Burgos Junco Pedro Gerardo	Nombre	: PIEDAD	Cultivo Actual	:
Dirección	:	Provincia	: Los Rios	Nº Reporte	: 5329
Ciudad	: Babahoyo	Cantón	: Babahoyo	Fecha de Muestreo	: 05/04/2021
Teléfono	:	Parroquia	:	Fecha de Ingreso	: 05/04/2021
Fax	:	Ubicación	:	Fecha de Salida	: 20/04/2021

Nº Muest. Laborat.	Datos del Lote: Identificación	Area	pH	ppm: NH4	ppm: P	meq/100ml: K	meq/100ml: Ca	meq/100ml: Mg	ppm: S	ppm: Zn	ppm: Cu	ppm: Fe	ppm: Mn	ppm: B
94410	Muestra 1		5,9 MeAc	31 M	120 A	0,22 M	11 A	2,8 A	6 B	4,3 M	22,9 A	224 A	27,3 A	0,42 B

INTERPRETACION: pH							Elementos: de N a B	
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAl = Ligr. Alcalino	RC = Requiere Cal				B = Bajo	
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino					M = Medio	
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino					A = Alto	

METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES
pH	= Suelo: agua (1:2,5)	Olsen Modificado
N,P,B	= Colorimetria	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
S	= Turbidimetria	Fosfato de Calcio Monobásico
K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Absorción atómica	B,S

RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO

Anexo 1. Análisis de suelo

Anexo 2. Tratamientos del experimento

Anexo 3. Días a la floración

Anexo 4. Longitud de la espiga

Anexo 5. Altura de planta

Anexo 6. Número de granos por espiga

Anexo 7. Número de macollos por metro cuadrado

Dr. EDUARDO DÍAZ OCAMPO, Ph.D.
RECTOR

Ing. YENNY GUISELLI TORRES NAVARRETE, Ph.D.
VICERRECTORA ACADÉMICA

Ing. BOLÍVAR ROBERTO PICO SALTOS, M.Sc.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Econ. CARLOS EDISON ZAMBRANO, Ph.D.
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN - DICYT

ISBN: 978-9978-371-46-6

UTEQ
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
2022

www.uteq.edu.ec