



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente Práctico presentado a la Unidad de Titulación, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“RESPUESTA DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)
BAJO RIEGO, A LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES
EDAFICOS BIOLÓGICOS, COMPLEMENTARIOS A LA
FERTILIZACION QUIMICA”.

AUTOR:

Miguel Ángel Arboleda Minda.

TUTOR:

Ing. Agr. Guillermo García Vásquez, MSc

BABAHOYO - LOS RIOS - ECUADOR.

2016

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy, para mis padres: Sra. Nelly Minda López y el Sr. Cudberto Arboleda Chávez por su apoyo, consejos, comprensión y ayuda en los momentos difíciles, quienes me guiaron al camino de la superación.

Miguel Ángel Arboleda Minda

AGRADECIMIENTOS

A Dios, su amor y su bondad no tienen fin, me permite sonreír ante todos mis logros, que son el resultado de su ayuda, cuando caigo me pone a prueba y por brindarme su apoyo incondicional.

A mis padres y demás familiares por haberme brindado todo su apoyo incondicional.

Expresarles mis agradecimientos a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica De Babahoyo, por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera.

A mi amigo el Ing. Agr. Guillermo García Vásquez por brindarme su apoyo en la realización de este trabajo de titulación.

Miguel Ángel Arboleda Minda

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Objetivos.....	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1.	Características del sitio experimental.....	12
3.2.	Material genético.....	12
3.3.	Métodos	13
3.4.	Factores estudiados.....	13
3.5.	Tratamientos.....	13
3.6.	Diseño experimental.....	13
3.7.	Manejo del ensayo.....	14
3.8.	Datos evaluados.....	16
IV.	RESULTADOS.....	19
V.	DISCUSION.....	29
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
VII.	RESUMEN.....	32
VIII.	SUMMARY.....	34
IX.	LITERATURA CITADA.....	36
	ANEXOS.....	38
	Análisis de suelo.....	39
	Fotografías de la investigación.....	41

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los productos agrícolas más importantes en la alimentación humana, el 75 % de la población mundial lo consume en su dieta diaria debido a su valor nutricional, siendo el segundo cereal más consumido en el mundo después del trigo.

En el Ecuador se siembran aproximadamente 414.146,00 ha, de las cuales se cosechan 396.770,00 con una producción de 1.516.045,00 t. En la provincia de Los Ríos se siembran aproximadamente 114.545,00 ha, de las cuales se cosechan 110.386,00 ha, alcanzando una producción de 359.569,00 t.¹

Los problemas de nutrición en la mayoría de los cultivos se presentan con la fertilización química, ya que por lo general su aplicación se realiza en cantidades no adecuadas, así como el uso de técnicas inapropiadas para su aplicación; causando muchas veces incremento en los costos y baja eficiencia en la producción. A pesar de esto no se toma en cuenta el nivel de fertilidad de los suelos, especialmente cuando nos referimos a sus componentes biológicos.

La inadecuada fertilización química, junto con el desconocimiento del uso de fertilizantes edáficos biológicos complementarios a dicha fertilización, son factores que en la actualidad afectan el rendimiento del cultivo de arroz, lo cual evita aumentar la productividad promedio del país, la cual es de 4,22 t.²

Cabe destacar que la fertilidad biológica está estrechamente relacionada con todos los procesos biológicos del suelo (actividad que ejecutan los microorganismos para la transformación de los suelos), pues ayudan a mejorar la fijación de nutrientes en la rizosfera, producir estimulantes de crecimiento para las plantas, mejorar la estabilidad del suelo, facilitar el control biológico, reciclar nutrientes, favorecer la simbiosis micorrizal, entre otras.

¹Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 213. Disponible en http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=75

² Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca MAGAP - SINAGAP. 2014. Disponible en: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/site-map/2-produccion>

Por lo tanto la fertilización biológica es importante para la conservación de suelos, debido a la necesidad de preservarlos y mejorar sus características físicas y químicas, aportando materiales nutritivos e influyendo favorablemente en la estructura del suelo, ante su deterioro creciente en los últimos años.

Es por ello que la presente investigación tiene como finalidad demostrar que mediante el uso de una fertilización biológica, complementaria a la química, se mejoraría la capacidad productiva del cultivo de arroz.

1.1. Objetivos.

General:

- Evaluar el cultivo de arroz bajo riego, a la aplicación de fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química.

Específicos:

- Estudiar el comportamiento del cultivo de arroz a la aplicación de fertilizantes edáficos biológicos
- Establecer el fertilizante biológico y dosis adecuada con efecto sobre el rendimiento.
- Analizar económicamente los tratamientos evaluados en función de los rendimientos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

INIAP (2007) menciona que en Ecuador, el principal componente de la canasta básica de la población es el arroz. Este cultivo ocupa la mano de obra de numerosas familias ubicadas en los estratos socioeconómicos rurales medios y bajos y también genera ingreso a otros sectores que intervienen en el proceso: industriales, comerciantes mayoristas y minoristas y transportista. Se estima que el 11 % de la población económicamente activa del sector agrícola trabaja en este rubro, por ello el rendimiento promedio del cultivo de arroz requiere elevarse para lograr reducir los costos unitarios de producción, mejorar la economía campesina y/o fortalecer su competitividad.

Montaño (2005) sostiene que en la agricultura de arroz en el Ecuador uno de los problemas más críticos es la deficiencia del nitrógeno y de materia orgánica de los suelos de cultivo. El uso generalizado de fertilizantes artificiales tipo urea, como fuente de nitrógeno, si bien está sosteniendo la labor agrícola arroceras, por otro lado provoca problemas medioambientales, incluyendo apelmazamiento del terreno, cambios de la actividad microbiológica y química del suelo y contaminación del agua. Esta situación se torna todavía más crítica cuando las preferencias del mercado apuntan actualmente a los productos agrícolas orgánicos y naturales.

Para INIAP (2007) el arroz como todas las especies vegetales cultivables, para su crecimiento y nutrición, necesita disponer de una cantidad adecuada y sobre todo oportuna de nutrientes, suministrados por el suelo o por una fertilización balanceada. Cada uno de los nutrientes juega un rol específico en el metabolismo vegetal (Ley de la esencialidad), ninguno de ellos puede ser reemplazado por otro, de tal manera que no importa que las plantas de suficiente cantidad de todos ellos, si solo uno está en cantidad o proporción deficiente, ese es el que determina el crecimiento y rendimiento del cultivo (Ley de mínimo).

Carvajal y Mera (2010) informan que la creciente necesidad de abastecimiento de productos agrícolas para la alimentación y transformación en bienes de consumo por parte de la sociedad moderna ha suscitado un inmenso desarrollo de actividades agrícolas en las últimas décadas. Como resultado de ello, se ha percibido la necesidad

de implementar métodos que permitan, entre otras cosas, mejorar la eficiencia de los cultivos, mitigar efectos adversos sobre el suelo, disminuir la tasa de uso de fertilizantes químicos, aumentar las ganancias por área cultivada. Por esta razón, la implementación de modelos de Agricultura Conservativa (AC) ha sido un eje fundamental de las prácticas agrícolas en el ámbito global. La AC 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.

IFA (2002) menciona que los nutrientes que necesitan las plantas se toman del aire y del suelo. Si el suministro de nutrientes en el suelo es amplio, los cultivos probablemente crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si aún uno solo de los nutrientes necesarios es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. En consecuencia, a fin de obtener altos rendimientos, los fertilizantes son necesarios para proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando. Con los fertilizantes, los rendimientos de los cultivos pueden a menudo duplicarse o más aún triplicarse

En esta publicación también se informa que dentro del grupo de los macronutrientes y micronutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, los más importantes son nitrógeno, fósforo, potasio y azufre.

- El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.
- El Fósforo (P), que suple de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los

suelos naturales o agrícolas o dónde la fijación limita su disponibilidad.

- El Potasio (K), que supone del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

Roveda, Cabra y Ramírez (2008), publican que la importancia de los nutrientes para el normal crecimiento, desarrollo y producción de las plantas ha sido descrita, tal como se detalla a continuación:

- El Nitrógeno es el elemento que está directamente relacionado con el crecimiento y desarrollo de las plantas y con su valor nutritivo, ya que tiene que ver con la formación de hojas y ramas; las plantas requieren del nitrógeno en grandes cantidades, debido a su importancia en muchos procesos vitales para la planta, ya que forman parte de compuestos esenciales para las células, tales como aminoácidos y los ácidos nucleicos. Por lo tanto, la deficiencia de nitrógeno inhibe rápidamente el crecimiento de la planta. El síntoma de deficiencia es el lento crecimiento de la planta, acompañado de amarillamiento (clorosis) progresivo de las hojas, llegando hasta la caída o muerte de las mismas (necrosis).
- El fósforo es un elemento importante para las plantas, ya que participa en la respiración y fotosíntesis, también es un elemento que actúa en el metabolismo de las plantas y aporta la energía necesaria para los procesos metabólicos en forma de ATP. Adicionalmente, se hace parte de los ácidos nucleicos como el ADN y ARN. Este elemento forma parte activa en el proceso de enraizamiento y es considerado fundamentalmente en el desarrollo de estructuras reproductivas (flores y frutos), su deficiencia reduce la calidad de la fruta. El síntoma de deficiencia es la coloración morada de las hojas y tallos.
- El Potasio tiene un papel muy importante debido a que es un regulador del potencial osmótico de las células de la planta, también activa enzimas involucradas en la respiración y fotosíntesis. El primer síntoma que se puede observar es una clorosis marginal.

Moreno, *et al* (2011) difunden que los macronutrientes desempeñan una función vital en

el desarrollo de la plantas y están directamente relacionados con la productividad de los cultivos. El nitrógeno es esencial para la reproducción celular y se ha demostrado que la calidad de un abono está relacionada con su contenido en nitrógeno; favorece el color verde oscuro de las hojas y tallo, así como el crecimiento rápido de la planta. La presencia de dicho elemento además, mejora la calidad y funcionamiento de las hojas, aumenta el contenido proteico y ayuda a mejorar la resistencia frente a enfermedades. El fósforo es fundamental para la formación de compuestos celulares ricos en energía, siendo necesario para el metabolismo microbiano; acelera la fase de maduración de la planta y estimula el crecimiento de las raíces. El potasio ofrece resistencia frente a las enfermedades, impulsa el enraizamiento, ayuda a la formación de proteínas, tallo y frutos, y es esencial en la formación de almidón, azúcares y aceites.

INIAP (2007) detalla las funciones y síntomas de deficiencia de elementos esenciales en el cultivo de arroz, tal como el Nitrógeno que es un componente de las proteínas, las que a su vez son constituyentes del protoplasma, cloroplastos y enzimas. Participa activamente en la fotosíntesis y promueve la expansión de la lámina foliar. Las plantas con deficiencia de nitrógeno son raquílicas y con pocos macollos. Con excepción de las hojas jóvenes que son verdes, las demás son angostas, cortas, erectas y amarillentas. Las hojas inferiores presentan secamiento del ápice de la base. La deficiencia de nitrógeno se presenta a menudo en etapas críticas del crecimiento de las plantas, como el macollamiento y el inicio de la panícula, cuando la demanda de nitrógeno por parte de la planta es alta, reduciendo el número de macollos y de granos por panícula. En nuestro país, los suelos donde se cultiva arroz son deficientes en nitrógeno.

Montaño (2005) aclara que el nitrógeno (N) es elemento capital de la química de las plantas, que lo requieren normalmente en gran cantidad, por lo que con frecuencia este elemento resulta factor limitante de su crecimiento. Irónicamente las plantas no pueden utilizar el abundante nitrógeno diatómico (N_2) del aire, sino que lo asimilan en la forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En vista de que las plantas toman del suelo el nitrógeno necesario para su crecimiento, la restitución de este elemento al suelo es un asunto vital para la agricultura. Una alternativa original del abono nitrogenado químico es la fijación biológica de nitrógeno, que realizan ciertas bacterias y algas. Estos microorganismos poseen un complejo enzimático que se encarga de convertir el nitrógeno elemental en amonio que es directamente aprovechable para las plantas, o que

es oxidado a nitratos por bacterias nitrificantes presentes en los suelos.

De acuerdo a INIAP (2007), el Fósforo interviene en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas. Como fosfato inorgánico, es un compuesto alto en energía y como una coenzima está directamente involucrado en la fotosíntesis. Las plantas con deficiencia de fósforo son raquílicas y con escaso macollamiento. Las hojas jóvenes no desarrollan síntomas y las inferiores se tornan de color marrón y mueren, también puede desarrollar un color púrpura rojizo. Los tallos son delgados y alargados y el desarrollo de la planta se retarda. Se reduce el número de panículas y granos por panícula. Las plantas que se desarrollan en suelos deficientes en fósforo presentan retardo en su madurez. Cuando la deficiencia es severa la producción de granos puede no ocurrir. Los suelos productores de arroz de la provincia del Guayas presentan deficiencia de este nutriente, mientras que en la provincia de Los Ríos los contenidos varían de deficientes a adecuados.

Para Degiovanni *et al* (2010) el Fósforo es importante en los procesos de división celular y la formación de grasas y albúminas, la floración, la fructificación y la formación de las semillas, la maduración de la cosecha, el desarrollo de las raíces, especialmente de las laterales y las fibrosas, el vigor de los tallos herbáceos que ayuda a evitar el volcamiento y la calidad de las cosechas. Cuando existe deficiencia de P en las plantas se inhibe el crecimiento y la planta muestra enanismo, las hojas se tornan verde oscura porque la concentración de proteína y clorofila no es muy afectada y en ocasiones aumenta, sin embargo la eficiencia fotosintética por unidad de clorofila disminuye. Cuando la deficiencia se vuelve severa las hojas van cambiando de color morado a café oscuro y mueren.

INIAP (2007) aclara que el Potasio actúa en la apertura y cierre de los estomas, tiene que ver con el control de la difusión del gas carbónico en los tejidos verdes. Es esencial en la actividad de las enzimas. La deficiencia de potasio reduce el macollamiento y las plantas pueden sufrir de raquitismo moderado. A medida que las plantas crecen, las hojas inferiores toman un color verde amarillento entre las venas y se inclinan. Con el tiempo, las hojas inferiores se tornan de color marrón y la coloración amarillenta pasa a las hojas superiores. Las plantas deficientes en potasio presentan problemas de acame, alto porcentaje de espiguillas vanas o parcialmente llenas. Los suelos cultivados con

esta gramínea en la provincia del Guayas en gran porcentaje son deficientes en potasio, en la provincia de Los Ríos los contenidos varían de bajos a altos.

Según Degiovanni *et al* (2010), se observan los síntomas de deficiencia de Potasio en hojas viejas, las cuales presentan una coloración amarillenta que empieza en el ápice y avanza hacia su base. Cuando la deficiencia se agudiza aparecen manchas necróticas en la lámina de esas hojas.

López (1998) señala que los abonos orgánicos y los fertilizantes químicos (o inorgánicos) no son alternativos al punto de poder sustituirse entre sí. Contrariamente, ambos materiales son complementarios y deben ser usados conjunta, pero juiciosamente, ya que cada uno responde a un aspecto diferente de la producción agrícola. Estudios efectuados en otros países anotan claras diferencias en cuanto a las particularidades biológicas entre parcelas manejadas convencionalmente y aquellas que se manejan orgánicamente y confirman la importancia de la vida orgánica en el suelo. Se infiere igualmente, que la fecundidad del suelo o que la fertilidad, no puede lograrse artificialmente por medio de mezclas de elementos nutritivos sino que aquella aparece como resultado de un proceso biológico no perturbado y ordenado normalmente en relación con el suelo.

De acuerdo a Carvajal y Mera (2010), la fertilización biológica se basa en la utilización de insumos naturales (abonos, restos de descomposición de materia orgánica, excesos de cosechas, aguas residuales domésticas, estiércol animal y microorganismos como hongos, bacterias) para mejorar la fijación de nutrientes en la rizosfera, producir estimulantes de crecimiento para las plantas, mejorar la estabilidad del suelo, facilitar el control biológico, biodegradar sustancias, reciclar nutrientes, favorecer la simbiosis micorrizal, desarrollar procesos de bioremediación en suelos contaminados con sustancias tóxicas, xeno-bióticas, recalcitrantes, permitiendo mejorar la productividad por área cultivada en corto tiempo, consumir menores cantidades de energía, mitigar la contaminación del suelo y el agua, incrementar la fertilidad del suelo y favorecer el antagonismo y control biológico de organismos fitopatógenos, siendo beneficioso económicamente para los agricultores por efecto de los menores costos asociados al proceso de fertilización y obtención de mayores rendimientos en los cultivos.

González y Pomares (2008) indican que los biofertilizantes o fertilizantes biológicos son productos que están constituidos por un alto número de microorganismos de diferentes tipos (bacterias, microalgas, hongos formadores de micorizas, etc.), procedentes de cultivos de cepas seleccionadas, que al aplicarse al suelo contribuyen a mejorar la riqueza o disponibilidad de nutrientes en el suelo, mediante la fijación biológica del nitrógeno u otros procesos bioquímicos. A tenor de que la mayor parte de los productos utilizados para la fertilización libera los nutrientes de forma lenta, es conveniente realizar aplicaciones con antelación suficiente, para que por medio de la acción microbiana se liberen los nutrientes, particularmente el nitrógeno, a un ritmo adecuado para atender satisfactoriamente las exigencias de los cultivos.

Moreno *et al.* (2011) indican que en función del tipo de fertilizante utilizado existen “abonos orgánicos” y “abonos inorgánicos” y, según las sustancias utilizadas en los abonos, éstos se clasifican en dos grandes grupos: “abonos simples” o “abonos compuestos”. Los abonos simples están compuestos por un solo nutriente (N, P o K) y los compuestos pueden ser dobles (dos nutrientes: N+P, N+K o P+K) o triples (tres nutrientes: N, P y K). El objetivo principal de las operaciones de abonado o fertilización es conseguir altos rendimientos de gran calidad en los cultivos. Para ello, la acción fertilizante de los abonos debe centrarse en:

- Mejorar el suelo como sustrato nutritivo, es decir, debe permitir la mejora en la alimentación de las plantas desde el punto de vista de la retención y disponibilidad de los nutrientes.
- Complementar el suministro natural de nutrientes que, en ciertos casos es deficitario.
- Reponer los nutrientes que han sido extraídos por el propio cultivo o se han perdido por otras razones.

Carvajal y Mera (2010) mencionan las ventajas y limitaciones del uso de fertilizantes biológicos.

Ventajas:

- La movilización de nutrientes es favorecida por el desarrollo de actividad biológica en los suelos.
- El mantenimiento de la salud de las plantas se ve favorecido por la adición balanceada de nutrientes.

- Suministran alimento e impulsan el crecimiento de microorganismos y gusanos benéficos para el suelo.
- Debido a que brindan buena estructura al suelo, favorecen el crecimiento de raíces.
- El contenido de materia orgánica en el suelo es superior a los niveles normales.
- Se favorece el desarrollo de asociaciones de micorrizas, lo que incrementa la disponibilidad de fósforo (P) en el suelo.
- Ayudan a suprimir ciertas enfermedades plantulares y pueden brindar suministro continuo de micronutrientes al suelo.
- Contribuyen al mantenimiento de concentraciones de nitrógeno (N₂) y fósforo (P) estables, minimizando la lixiviación.
- Mejoran la capacidad de intercambio de nutrientes en el suelo, incrementan la retención de agua y promueven la agregación del suelo.

Limitaciones:

- El compost presenta concentraciones altamente variables de nutrientes. Además, los costos de aplicación son superiores a los de algunos fertilizantes químicos.
- La aplicación extensiva o a largo plazo puede resultar en acumulación de sales, nutrientes o metales pesados que podrían causar efectos adversos sobre el crecimiento de las plantas, el desarrollo de organismos propios del suelo, la calidad de los recursos hídricos y la salud humana.
- Se requieren grandes volúmenes para su aplicación en el suelo, debido a los bajos contenidos de nutrientes, en comparación con fertilizantes químicos.
- Los principales macronutrientes podrían no estar disponibles en cantidades suficientes para el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Podrían presentarse deficiencias nutrimentales, causadas por la baja tasa de transferencia de los micronutrientes y macronutrientes.

Farmagro (2014) en su Web difunde que el producto GreenEdge es un fertilizante edáfico con 15-15-15 de N, P, K más ácidos húmicos (10%) y extracto de algas (2,5%), física y químicamente uniforme, lo que permite aplicaciones más fáciles manual y mecánicamente. Apto para todo tipo de cultivos, mejor uniformidad en la liberación de nutrientes. En el cultivo de arroz: se aplica la primera fertilizada, en mezcla con fertilizantes tradicional, en dosis de 1,5 sacos/ha.

EUROAGRO (2013) menciona que DIX 10 N es el resultado de una selección

cuidadosa de sustancias orgánicas con proteínas procedentes de plumas (queratina) y desechos de aves que contienen una gran cantidad de aminoácidos a través del proceso de hidrólisis se obtiene un abono orgánico con 10% de nitrógeno; 100% asimilable para el cultivo. El producto libera su nitrógeno de mediana a lentamente, se disuelve con humedad y realza el desarrollo de las plantas, para obtener una mejor producción. El uso de DIX 10 N permite aumentar rápidamente del nivel de sustancia orgánica del suelo, mejorando su fertilidad. El nitrógeno es relacionado con el carbón orgánico biológico, no es lavado y es disponible para las cosechas durante meses. Contiene bacterias PGPR (Rizo bacteria promotora del crecimiento vegetal) un organismo altamente eficiente para aumentar el crecimiento de las plantas e incrementar su tolerancia a otros microorganismos patógenos causantes de enfermedades. Plantas inoculadas con bacterias PGPR (Rizo bacterias) estimulan varios factores benéficos uno de ellos es por la síntesis de ciertas sustancias reguladoras de crecimiento, como giberelinas, citoquininas y auxinas, las cuales estimulan la densidad y longitud de los pelos radicales, aumentando así la cantidad de raíces en las plantas, lo que incrementa a su vez la capacidad de absorción de agua y nutrientes. Está compuesto de sustancias orgánica, tales como: Carbón Orgánico 42 %, Aminoácidos Totales 48 %, Sustancia Orgánica 82 %, Ácidos Húmicos 7 %, Ácidos Fulvicos 7 %, pH 7 %, Peso específica 0,67 kg/L. Macroelementos, como: Nitrógeno 0 %, Fosforo 3 %, Potasio 3 % y Microelementos, como: Hierro 0,8 % y Boro 0,7 %

AGRIANDES (*s.f.*) informa que Naturcomplet-G es una enmienda orgánica húmica sólida granulada que contienen Leonardito natural, compuesta por Nitrógeno orgánico (1 %), Oxido potásico (5 %), materia orgánica total (35 %), Extracto húmico total (35 %), Ácidos húmicos (30 %), Ácidos fúlvicos (5 %), Hierro total (1 %) y humedad máxima (30 %). Recomendada para mejorar la efectividad de los abonos minerales, corregir la mineralización y salinización de los suelos, aumentar la producción y adelantar la fecha de recolección. Las dosis recomendadas varían entre 200 – 400 Kg/ha/año repartidas entre dos aplicaciones, aumentando la dosis en suelos bajos de materia orgánica.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características del sitio experimental

El presente trabajo se realizó en los terrenos de la Granja Experimental “San Pablo” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el km. 7,5 de la vía Babahoyo-Montalvo, con coordenadas geográficas de 79° 32', de longitud occidental y 1° 49' de latitud sur.

Esta zona posee un clima tropical húmedo, con una temperatura media anual de 25,8 °C, una precipitación anual de 2203.8 mm, humedad relativa de 79,6 %, evaporación de 1738,7 mm y una altura de 8 m.s.n.m.³ El suelo es de topografía plana, textura franco-arcillosa y drenaje regular.

3.2. Material genético.

Se utilizó semilla certificada de la variedad de arroz INIAP 16, cuyas características agronómicas son las siguientes:

Descripción	Características
Rendimiento	5 a 9 t/ha en riego 4,3 a t/ha en secano.
Ciclo vegetativo	117 a 140 días en riego 106 a 120 días en secano.
Altura de planta	83 a 117 cm en riego 93 a 109 cm en secano.
Panículas/planta	14 a 25
Granos llenos/panícula	145
Peso de 1000 granos (g)	27
Longitud del grano	7,7 mm
Acame de plantas	Resistente
<i>Tagosodes oryzicolus</i>	Resistente
<i>Pyricularia grisea</i>	Resistente
Hoja Blanca	M. resistente
Latencia en semanas	7 a 8

³ Datos tomados de la Estación Experimental Meteorológica UTB-INAHMI. 2014.

3.3. Métodos

En el siguiente ensayo se utilizaron los métodos: Deductivo, inductivo, empírico y experimental.

3.4. Factores estudiados

Variable Independiente: Dosis de fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química.

Variable Dependiente: Comportamiento del cultivo de arroz bajo riego.

3.5. Tratamientos

Se evaluaron los tratamientos que se indican en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Tratamientos, dosis y épocas de aplicación en el cultivo de arroz bajo riego sometido a fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química. FACIAG, UTB. 2016.

Tratamientos		Dosis de fertilizantes edáficos biológicos kg/ha	Época de Aplicación (dds)
T1	GreenEdge + N – P – K	25	15 – 30 - 45
T2	GreenEdge + N – P – K	50	15 – 30 - 45
T3	Dix 10 N + N – P – K	25	15 – 30 - 45
T4	Dix 10 N + N – P – K	50	15 – 30 - 45
T5	Naturcomplet – G + N – P – K	25	15 – 30 - 45
T6	Naturcomplet – G + N – P – K	50	15 – 30 - 45
T7	Fertilización Química N – P – K	218 – 65 – 100	15 – 30 - 45
T8	Fertilización Química N – P – K, realizada por los agricultores.	92 – 0 – 30	25 - 40

La fertilización química con N – P – K se realizó en base a los resultados del análisis de suelo. (dds): Días después de la siembra.

3.6. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con ocho tratamientos y tres repeticiones.

3.6.1. Diseños de las parcelas experimentales

Las parcelas experimentales tuvieron dimensiones de 3 x 6 m. La separación entre repeticiones fue de 1 m, dando un área del ensayo de 528 m².

3.7. Análisis de varianza (ANDEVA)

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	7
Repeticiones	2
Error experimental	14
Total	23

3.8. Análisis funcional

Las comparaciones de las medias se efectuaron con la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

3.9. Manejo del ensayo

Se realizaron todas las labores agrícolas necesarias en el cultivo de arroz de riego para su normal desarrollo, tales como:

3.9.1. Análisis de suelo

Previamente antes de la preparación del suelo se realizó el respectivo análisis físico y químico, con la finalidad de determinar la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo y determinar los tratamientos de acuerdo a la fertilización química.

3.9.2. Preparación del terreno

La preparación del suelo se efectuó mediante dos pases de romplow y uno de rastra liviana, con el propósito de que el suelo quede suelto para depositar la semilla.

3.9.3. Siembra

La siembra se efectuó en forma manual al voleo, con una densidad de 100 kg/ha, con semilla pre germinada.

3.9.4. Riego

El cultivo de arroz se manejó bajo el sistema de riego, manteniendo lámina de agua conforme requerimiento hídrico del cultivo.

3.9.5. Fertilización

El programa de fertilización se determinó en base al resultado del análisis de suelo y los tratamientos estudiados en el Cuadro 1.

Se aplicó 218 Kg/ha de N, fraccionado en dosis de 74, 72 y 72 Kg/ha a los 15, 30 y 45 días después de la siembra, respectivamente. El Fósforo y Potasio fue aplicado en dosis de 65 y 100 Kg/ha, distribuidos en 50 % cada aplicación al momento de la siembra y a los 15 días después de la siembra.

Los fertilizantes edáficos biológicos se aplicaron a los 15, 30 y 45 días después de la siembra, conjuntamente con el Nitrógeno, tal como se detalla a continuación:

GreenEdge 25 Kg/ha, fraccionado en dosis de 10, 10 y 5 Kg/ha.

GreenEdge 50 Kg/ha, fraccionado en dosis de 20, 20 y 10 Kg/ha.

Dix 10 N 25 Kg/ha, fraccionado en dosis de 10, 10 y 5 Kg/ha.

Dix 10 N 50 Kg/ha, fraccionado en dosis de 20, 20 y 10 Kg/ha

Naturcomplet – G 25 Kg/ha, fraccionado en dosis de 10, 10 y 5 Kg/ha.

Naturcomplet – G 50 Kg/ha, fraccionado en dosis de 20, 20 y 10 Kg/ha.

La fertilización química realizada por los agricultores se efectuó en dosis de 4 sacos de Urea/ha (92 Kg de Nitrógeno/ha) y 1 saco de muriato de Potasio (30 Kg de Potasio/ha), ambos fraccionados en dos partes, a los 25 y 40 días después de la siembra.

3.9.6. Control de malezas

En preemergencia se aplicó Gamit, en dosis de 800 cc/ha, en postemergencia se aplicó Propanil, en dosis de 4 L/ha a los 10 días después de la siembra y posteriormente Checker, en dosis de 300 g/ha a los 30 días después de la siembra.

3.9.7. Control fitosanitario

A los 15 días después de la siembra se detectó la presencia de saltador de la hoja (*Hortensia similis*), lo que se controló con Imidacloprid en dosis de 250 cc/ha. Además

a los 35 días después de la siembra se presentó Langosta, controlándose con Suko (*Lambda cyhalotrina*) en dosis de 350 cc/ha.

3.9.8. Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual, conforme se presente la madurez fisiológica de las plantas en los diferentes tratamientos.

3.10. Datos evaluados

Para estimar en forma correcta los efectos de los tratamientos se tomaron los siguientes datos:

3.10.1. Altura de planta a la cosecha

En diez plantas tomadas al azar, existentes dentro de un marco de 1 m², se evaluó la altura de planta al momento de la cosecha, midiéndola desde el nivel del suelo hasta el ápice de la panícula más sobresaliente. Los resultados se expresaron en centímetros.

3.10.2. Días a floración

Para determinar el periodo de floración, se realizaron inspecciones semanales a partir de los 60 días hasta los 100 días de edad del cultivo.

3.10.3. Días a maduración

El tiempo de maduración se registró a partir de los 90 días de edad del cultivo y se evaluó semanalmente hasta que los granos presentaron la madurez comercial (cosecha).

3.10.4. Número de macollos por metro cuadrado

Dentro del área útil de cada parcela experimental, en el mismo marco de 1 m², se contó a la cosecha el número de macollos.

3.10.5. Número de panículas por metro cuadrado

En el mismo metro cuadrado que se evaluó el número de macollos, se contabilizaron las panículas al momento de la cosecha.

3.10.6. Longitud de panícula

La longitud de panícula estuvo determinada por la distancia comprendida entre el nudo ciliar y el ápice de la panícula más sobresaliente, excluyendo las aristas; se tomaron diez panículas al azar por parcela experimental y su promedio se expresó en centímetros.

3.10.7. Granos por panícula

Al momento de la cosecha se tomaron diez panículas al azar por cada parcela experimental y se contaron los granos para luego poder obtener un promedio.

3.10.8. Relación grano – paja

Estuvo determinada por la relación del peso de los granos y peso de la paja a un mismo porcentaje de humedad. Esto se determinó en el mismo metro cuadrado que se evaluaron las variables anteriores.

3.10.9. Peso de 1000 granos

Se tomaron al azar 1000 granos por tratamiento y se pesó en una balanza de precisión, este valor se expresó en gramos.

3.10.10. Rendimiento del cultivo

Esta variable se evaluó por el peso de los granos provenientes del área útil de cada parcela experimental, ajustado al 14 % de humedad. Sus resultados se transformaron a kg/ha.

Para ajustar los pesos se utilizó la siguiente fórmula:

$$PU = \frac{Pa(100 - ha)}{(100 - hd)}$$

Donde:

PU= Peso uniformizado.

Pa= Peso actual.

ha= Humedad actual.

hd= Humedad deseada.

3.10.11. Análisis económico.

El análisis económico se realizó en función del rendimiento de grano en kg/ha y al costo de cada uno de los tratamientos.

IV. RESULTADOS

3.11. Altura de planta al momento de la cosecha

En el Cuadro 2, se registran los valores de altura de planta al momento de la cosecha. El análisis de varianza no reportó diferencias significativas, el promedio general fue 98,4 cm y el coeficiente de variación 6,79 %.

La aplicación de Dix 10 N, en dosis de 25 kg/ha + N, P, K obtuvo una altura de 107,5 cm, a diferencia de Naturcomplet – G, en dosis de 25 kg/ha + N, P, K que consiguió 92,7 cm de altura.

Cuadro 2. Altura de planta al momento de la cosecha, en el cultivo de arroz bajo riego sometido a fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química. FACIAG, UTB. 2015.

Tratamientos		Dosis de fertilizantes (kg/ha)	Época de Aplicación (dds)	Altura de planta a la cosecha (cm)
T1	GreenEdge + N – P – K	25	15 – 30 - 45	101,3
T2	GreenEdge + N – P – K	50	15 – 30 - 45	95,8
T3	Dix 10 N + N – P – K	25	15 – 30 - 45	107,5
T4	Dix 10 N + N – P – K	50	15 – 30 - 45	93,9
T5	Naturcomplet – G + N – P - K	25	15 – 30 - 45	92,7
T6	Naturcomplet – G + N – P - K	50	15 – 30 - 45	96,5
T7	Fertilización Química N – P – K	-----	15 – 30 - 45	100,2
T8	Fertilización Química N – P – K, realizada por los agricultores.	-----	-----	99,7
Promedio				98,4
Significancia estadística				ns
Coeficiente de variación (%)				6,79

(dds): Días después de la siembra.

ns= no significativo

3.12. Días a floración

En lo referente a días a floración, utilizando la fertilización química a base de N, P, K realizada por los agricultores, el cultivo floreció a los 84 días mientras que aplicando los productos edáficos GreenEdge en dosis de 25 kg/ha, complementarios a la fertilización química, floreció a los 79 días (Cuadro 3). El análisis de varianza no detectó diferencias significativas, el promedio general fue de 61 días y el coeficiente de variación 4,14 %.

3.13. Días a maduración

En la variable días a maduración (Cuadro 3), se observó que el cultivo de arroz maduró con un promedio de los 112 días; el análisis de varianza no obtuvo diferencias significativas con un coeficiente de variación de 0,18 %.

3.14. Número macollos por metro cuadrado

Los valores promedios de número de macollos/m² se encuentran en el Cuadro 4; el análisis de varianza no presentó diferencias significativas, el promedio general fue 560 macollos y el coeficiente de variación 5,02 %.

El empleo de Dix 10 N, en dosis de 25 kg/ha + N, P, K registró 581 macollos/m² y la fertilización química a base de N, P, K realizada por los agricultores 535 macollos/m².

3.15. Número de panículas por metro cuadrado

En el número de panículas/m², el análisis de varianza no detectó diferencias significativas, el promedio general fue 411 panículas/m² y el coeficiente de variación 9,48 % (Cuadro 4).

Aplicando GreenEdge, en dosis de 50 kg/ha + N, P, K alcanzó 431 panículas/m² en el cultivo de arroz y Naturcomplet G, en dosis de 25 kg/ha + N, P, K reportó 389 panículas/m².

Cuadro 3. Días a floración y maduración, en el cultivo de arroz bajo riego sometido a fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química. FACIAG, UTB. 2015.

Tratamientos		Dosis de fertilizantes (kg/ha)	Época de Aplicación (dds)	Días a floración	Días a maduración
T1	GreenEdge + N - P - K	25	15 - 30 - 45	74	110
T2	GreenEdge + N - P - K	50	15 - 30 - 45	75	112
T3	Dix 10 N + N - P - K	25	15 - 30 - 45	77	113
T4	Dix 10 N + N - P - K	50	15 - 30 - 45	76	111
T5	Naturcomplet - G + N - P - K	25	15 - 30 - 45	79	110
T6	Naturcomplet - G + N - P - K	50	15 - 30 - 45	81	112
T7	Fertilización Química N - P - K	-----	15 - 30 - 45	83	113
T8	Fertilización Química N - P - K, realizada por los agricultores.	-----	-----	84	115
Promedio				79	112
Significancia estadística				ns	ns
Coeficiente de variación (%)				4,14	0,18

(dds): Días después de la siembra.
Ns= no significativo

Cuadro 4. Número de macollos y panículas/m², en el cultivo de arroz bajo riego sometido a fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química. FACIAG, UTB. 2016.

Tratamientos		Dosis de fertilizantes (kg/ha)	Época de Aplicación (dds)	Número de macollos/m ²	Número de panículas/m ²
T1	GreenEdge + N - P - K	25	15 - 30 - 45	559	420
T2	GreenEdge + N - P - K	50	15 - 30 - 45	561	431
T3	Dix 10 N + N - P - K	25	15 - 30 - 45	581	416
T4	Dix 10 N + N - P - K	50	15 - 30 - 45	571	398
T5	Naturcomplet - G + N - P - K	25	15 - 30 - 45	568	389
T6	Naturcomplet - G + N - P - K	50	15 - 30 - 45	555	412
T7	Fertilización Química N - P - K	-----	15 - 30 - 45	551	408
T8	Fertilización Química N - P - K, realizada por los agricultores.	-----	-----	535	414
Promedio				560	411
Significancia estadística				ns	ns
Coeficiente de variación (%)				5,02	9,18

(dds): Días después de la siembra.

Ns= no significativo

3.16. Longitud de panícula

La mayor longitud de panículas se observó en la aplicación de Naturcomplet G, en dosis de 50 kg/ha + N, P, K (21,2 cm) y el mismo producto en dosis de 25 kg/ha obtuvo la menor longitud de panícula (19,0 cm).

El promedio general fue 19,7 cm; el coeficiente de variación 7,55 % y el análisis de varianza no presentó diferencias significativas, según lo observado en el Cuadro 5.

3.17. Granos por panícula

En la variable granos por panículas, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas, el promedio general fue 71 granos y el coeficiente de variación

7,75 % (Cuadro 5).

La utilización del fertilizante edáfico Naturcomplet G, en dosis de 50 kg/ha + N, P, K reportó 77 granos/panícula y la fertilización química a base de N, P, K según el resultado del análisis de suelo consiguió 66 granos/panícula.

Cuadro 5. Longitud de panículas y granos por panículas, en el cultivo de arroz bajo riego sometido a fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química. FACIAG, UTB. 2015.

Tratamientos		Dosis de fertilizantes (kg/ha)	Época de Aplicación (dds)	Longitud de panícula (cm)	Granos/panícula
T1	GreenEdge + N - P - K	25	15 - 30 - 45	19,3	71
T2	GreenEdge + N - P - K	50	15 - 30 - 45	20,3	67
T3	Dix 10 N + N - P - K	25	15 - 30 - 45	19,4	75
T4	Dix 10 N + N - P - K	50	15 - 30 - 45	19,8	73
T5	Naturcomplet - G + N - P - K	25	15 - 30 - 45	19,0	70
T6	Naturcomplet - G + N - P - K	50	15 - 30 - 45	21,2	77
T7	Fertilización Química N - P - K	-----	15 - 30 - 45	19,5	66
T8	Fertilización Química N - P - K, realizada por los agricultores.	-----	-----	19,5	70
Promedio				19,7	71
Significancia estadística				Ns	ns
Coeficiente de variación (%)				7,55	7,75

(dds): Días después de la siembra.

ns= no significativo

3.18. Relación grano – paja

En la relación grano – paja, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas, el promedio general fue 0,18 y el coeficiente de variación 13,68 %.

El empleo de Naturcomplet G, en dosis de 25 kg/ha + N, P, K obtuvo 0,20 y

GreenEdge, en dosis de 25 kg/ha + N, P, K y Dix 10 N, en dosis de 50 kg/ha + N, P, K presentó 0,17.

3.19. Peso de 1000 granos

La utilización del fertilizante edáfico Naturcomplet G, en dosis de 25 kg/ha + N, P, K reportó 27,1 g y GreenEdge, en dosis de 50 kg/ha + N, P, K 25,0 g.

El análisis de varianza no presentó diferencias significativas, según lo observado en el Cuadro 6, el promedio general 26,0 g y el coeficiente de variación 5,20 %.

3.20. Rendimiento

En el Cuadro 7, se registran los valores promedios de rendimiento. El análisis de varianza detectó diferencias significativas, el promedio general fue 4008,5 kg/ha y el coeficiente de variación 2,98 %.

La aplicación de Naturcomplet G, en dosis de 25 kg/ha + N, P, K obtuvo el mayor rendimiento con 4329,0 kg/ha, estadísticamente igual a los tratamientos que se aplicó GreenEdge (dosis de 25 y 50 kg/ha); Dix 10 N (dosis de 25 y 50 kg/ha); Naturcomplet – G (dosis de 50 kg/ha) complementarios todos ellos a la fertilización química y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, repostando el menor valor el tratamiento que se utilizó la fertilización química a base de N, P, K realizada por los agricultores con 3409,0 kg/ha.

Cuadro 6. Relación grano – paja y peso de 1000 granos, en el cultivo de arroz bajo riego sometido a fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química. FACIAG, UTB. 2015

Tratamientos		Dosis de fertilizantes (kg/ha)	Época de Aplicación (dds)	Relación grano - paja	Peso de 1000 granos (g)
T1	GreenEdge + N - P - K	25	15 - 30 - 45	0,17	25,3
T2	GreenEdge + N - P - K	50	15 - 30 - 45	0,18	25,0
T3	Dix 10 N + N - P - K	25	15 - 30 - 45	0,19	25,7
T4	Dix 10 N + N - P - K	50	15 - 30 - 45	0,17	26,0
T5	Naturcomplet - G + N - P - K	25	15 - 30 - 45	0,20	27,1
T6	Naturcomplet - G + N - P - K	50	15 - 30 - 45	0,18	26,5
T7	Fertilización Química N - P - K	-----	15 - 30 - 45	0,18	26,6
T8	Fertilización Química N - P - K, realizada por los agricultores.	-----	-----	0,18	25,8
Promedio/				0,18	26,0
Significancia estadística				Ns	ns
Coeficiente de variación (%)				13,68	5,20

(dds): Días después de la siembra.
 ns= no significativo

Cuadro 7. Rendimiento, el cultivo de arroz bajo riego sometido a fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química. FACIAG, UTB. 2015.

Tratamientos		Dosis de fertilizantes (kg/ha)	Época de Aplicación (dds)	Rendimiento (kg/ha)
T1	GreenEdge + N - P - K	25	15 - 30 - 45	4144,0 a
T2	GreenEdge + N - P - K	50	15 - 30 - 45	4261,3 a
T3	Dix 10 N + N - P - K	25	15 - 30 - 45	4253,3 a
T4	Dix 10 N + N - P - K	50	15 - 30 - 45	4085,0 a
T5	Naturcomplet - G + N - P - K	25	15 - 30 - 45	4329,0 a
T6	Naturcomplet - G + N - P - K	50	15 - 30 - 45	4118,3 a
T7	Fertilización Química N - P - K	-----	15 - 30 - 45	3467,7 b
T8	Fertilización Química N - P - K, realizada por los agricultores.	-----	-----	3409,0 b
Promedio				4008,5
Significancia estadística				*
Coeficiente de variación (%)				2,98

(dds): Días después de la siembra.

Valores con la misma letra no difieren significativamente, según la prueba de Tukey.

*= significativo

3.21. Análisis económico

El costo fijo/ha refleja una inversión de \$ 932,61 (Cuadro 8), dando el mayor beneficio neto a la aplicación de Naturcomplet G, en dosis de 25 kg/ha + N, P, K con \$ 165,75 (Cuadro 9).

Cuadro 8. Costos fijos/ha, el cultivo de arroz bajo riego sometido a fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química. FACIAG, UTB. 2015.

Descripción	Unidades	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Alquiler de terreno	ha	1	200,00	200,00
Análisis de suelo	ha	1	25,00	25,00
Siembra				
Semilla (100 kg)	sacos	2	80,00	160,00
Jornales	ha	4	12,00	48,00
Preparación de suelo				
Rastra y Romplow	u	3	25,00	75,00
Riego	u	7	15,00	105,00
Control de malezas				
Gamit (800 cc)	L	1	27,00	27,00
Propanil (4 L)	L	4	11,00	44,00
Checker (300 g)	u	1	22,00	22,00
Aplicación	jornales	6	12,00	72,00
Control fitosanitario				
Imidacloprid (250 cc)	frasco	1	34,20	34,20
Suko (400 cc)	frasco	1	28,00	28,00
Aplicación	jornales	4	12,00	48,00
Sub Total				888,20
Administración (5%)				44,41
Total Costo Fijo				932,61

Cuadro 9. Análisis económico/ha, el cultivo de arroz bajo riego sometido a fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química. FACIAG, UTB. 2015.

Tratamientos	Dosis de fertilizantes edáficos biológicos kg/ha	Época de Aplicación (dds)	Rend. kg/ha	Sacas /ha	Valor de producción (USD)	Costo de producción (USD)						Beneficio neto (USD)	
						Fijos	Variables				Total		
							Costo de F. edáficos	Costo N, P, K	Jornales trat.	Cosecha + Trans			
T1	GreenEdge + N – P - K	25	15 – 30 - 45	4144,0	45,6	1732,2	932,61	109,00	400,00	96,00	159,54	1697,15	35,04
T2	GreenEdge + N – P - K	50	15 – 30 - 45	4261,3	46,9	1781,2	932,61	163,50	400,00	96,00	164,06	1756,17	25,07
T3	Dix 10 N + N – P - K	25	15 – 30 - 45	4253,3	46,8	1777,9	932,61	60,30	400,00	96,00	163,75	1652,66	125,23
T4	Dix 10 N + N – P - K	50	15 – 30 - 45	4085,0	44,9	1707,5	932,61	120,60	400,00	96,00	157,27	1706,48	1,05
T5	Naturcomplet – G + N – P - K	25	15 – 30 - 45	4329,0	47,6	1809,5	932,61	48,50	400,00	96,00	166,67	1643,78	165,75
T6	Naturcomplet – G + N – P - K	50	15 – 30 - 45	4118,3	45,3	1721,5	932,61	97,00	400,00	96,00	158,56	1684,17	37,30
T7	Fertilización Química N – P – K	-----	15 – 30 - 45	3467,7	38,1	1449,5	932,61	0,00	400,00	96,00	133,51	1562,12	-112,63
T8	Fertilización Química N – P – K, realizada por los agricultores.	-----	-----	3409,0	37,5	1425,0	932,61	0,00	116,50	96,00	131,25	1276,36	148,61

Jornal = \$ 12,00

Costo Saca de 200 lb= \$ 38

Cosecha + transporte = \$ 3,50

GreenEdge (20 kg) = \$ 54,50

Dix 10 N (25 kg) = \$ 60,00

Naturcomplet – G (25 kg) = \$ 48,50

Urea (50 kg) = \$ 23,00

Fosfatodiamonico-DAP (50 kg) = \$ 24,00

Muriato de potasio (50 kg) = \$ 24,50

V. DISCUSIÓN

La aplicación de fertilizantes edáficos biológicos promovieron buenos resultados en el cultivo de arroz bajo riego, coincidiendo con Carvajal y Mera (2010), que la fertilización biológica se basa en la utilización de insumos naturales para producir estimulantes de crecimiento para las plantas, mejorar la estabilidad del suelo, facilitar el control biológico, incrementando la fertilidad del suelo y favorecer el antagonismo y control biológico de organismos fitopatógenos, siendo beneficioso económicamente para los agricultores por efecto de los menores costos asociados al proceso de fertilización y obtención de mayores rendimientos en los cultivos.

La aplicación de Nitrógeno, Fósforo y Potasio complementarios, fueron indispensables en el desarrollo del cultivo, según lo reportado en las características agronómicas de altura de planta, macollos y panículas/m², longitud y granos por panícula, peso de 1000 granos y rendimiento, ya que INIAP (2007), informa que el arroz para su crecimiento y nutrición, necesita disponer de una cantidad adecuada y sobre todo oportuna de nutrientes, suministrados por el suelo o por una fertilización balanceada. Cada uno de los nutrientes juega un rol específico en el metabolismo vegetal (Ley de la esencialidad), ninguno de ellos puede ser reemplazado por otro, de tal manera que no importa que las plantas de suficiente cantidad de todos ellos, si solo uno está en cantidad o proporción deficiente, ese es el que determina el crecimiento y rendimiento del cultivo (Ley de mínimo).

La combinación de los fertilizantes edáficos biológicos y la fertilización química corroboraron lo que indica IFA (2002), que si el suministro de nutrientes en el suelo es amplio, los cultivos probablemente crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si aún uno solo de los nutrientes necesarios es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. En consecuencia, a fin de obtener altos rendimientos, los fertilizantes son necesarios para proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando. Con los fertilizantes, los rendimientos de los cultivos pueden a menudo duplicarse o más aún triplicarse.

En los tratamientos que se aplicaron los fertilizantes edáficos biológicos (GreenEdge, Naturcomplet-G y DIX 10 N) junto con la fertilización química (N – P – K), se obtuvieron mayores rendimientos por ha, lo que demuestra lo mencionado por González y Pomares (2008), quienes indican que los biofertilizantes o fertilizantes biológicos son productos que están constituidos por un alto número de microorganismos de diferentes tipos, que al aplicarse al suelo contribuyen a mejorar la riqueza o disponibilidad de nutrientes en el suelo, mediante la fijación biológica del nitrógeno u otros procesos bioquímicos.

El mayor rendimiento por ha (4329,0 Kg/ha) se obtuvo con la aplicación de Naturcomplet-G en dosis de 25 Kg/ha + N – P - K, comprobándose lo dicho por AGRIANDES (*s.f.*), quien informa que Naturcomplet-G es una enmienda orgánica húmica sólida granulada que contienen Leonardito natural, compuesta por Nitrógeno orgánico (1 %), Oxido potásico (5 %), materia orgánica total (35 %), Extracto húmico total (35 %), Ácidos húmicos (30 %), Ácidos fúlvicos (5 %), Hierro total (1 %) y humedad máxima (30 %), recomendada para mejorar la efectividad de los abonos minerales, corregir la mineralización y salinización de los suelos, aumentar la producción y adelantar la fecha de recolección.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos, se detallan las conclusiones siguientes:

- El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego, obtuvo buena respuesta a la aplicación de fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química.
- Numéricamente, la mayor altura de planta al momento de la cosecha y mayor número de macollos/m² se presentó con la aplicación de Dix 10 N (25 kg/ha) + N – P – K, mientras que aplicando la fertilización química a base de N, P, K realizada por los agricultores, el cultivo floreció en mayor cantidad de tiempo.
- La plantación de arroz maduró a un promedio de 112 días.
- El empleo de GreenEdge (en dosis de 50 kg/ha) + N – P – K registró mayor número de panículas.
- Los valores promedios de longitud de panícula y granos por panícula sobresalieron con la aplicación de Naturcomplet – G (en dosis de 50 kg/ha) + N – P – K.
- Utilizando Naturcomplet – G (en dosis de 25 kg/ha) + N – P – K se obtuvo mayor relación grano – paja, peso de 1000 granos, así como mayor rendimiento (4329,0 kg/ha) y beneficio neto (\$ 165,75).

Recomendaciones:

- Aplicar Naturcomplet – G, en dosis de 25 kg/ha, complementario a la fertilización química a base de N – P – K para obtener mayor rendimiento y beneficio económico en el cultivo de arroz bajo riego, variedad INIAP 16.
- Incentivar a los agricultores de la zona a la aplicación de fertilizantes edáficos biológicos para generar mayor producción en el cultivo de arroz.
- Efectuar investigaciones con los mismos fertilizantes biológicos complementarios a la fertilización química en el cultivo de arroz, bajo condiciones de secano.

VII. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en los terrenos de la Granja Experimental “San Pablo” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el km. 7,5 de la vía Babahoyo-Montalvo, con coordenadas geográficas de 79° 32', de longitud occidental y 1° 49' de latitud sur. Esta zona posee un clima tropical húmedo, con una temperatura media anual de 25,8 °C, una precipitación anual de 2203.8 mm, humedad relativa de 79,6 %, evaporación de 1738,7 mm y una altura de 8 m.s.n.m. El suelo es de topografía plana, textura franco-arcillosa y drenaje regular.

Se utilizó semilla certificada de la variedad de arroz INIAP 16, cuyos objetivos perseguidos en la investigación fueron estudiar el comportamiento del cultivo de arroz a la aplicación de los tratamientos; establecer el fertilizante biológico y dosis adecuada con efecto sobre el rendimiento y analizar económicamente los tratamientos evaluados en función de los rendimientos.

Se evaluaron los tratamientos con fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química, tales como GreenEdge; Dix 10 N y Naturcomplet – G en dosis de 25 y 50 kg/ha mas dos tratamientos adicionales de fertilización química según los resultado del análisis de suelo y la realizada por los agricultores. Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con ocho tratamientos y tres repeticiones, las comparaciones de las medias se efectuaron con la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. Las parcelas experimentales tuvieron dimensiones de 3 x 6 m. La separación entre repeticiones fue de 1 m, dando un área del ensayo de 528 m².

Se realizaron todas las labores agrícolas necesarias en el cultivo de arroz de riego para su normal desarrollo, siendo estos análisis de suelo, preparación del terreno, siembra, riego, fertilización, control de malezas, control fitosanitario y cosecha. Para estimar en forma correcta los efectos de los tratamientos se tomaron los datos de altura de planta a la cosecha, días a floración y maduración, número de macollos y panículas por metro cuadrado, longitud y granos por panícula, relación grano – paja, peso de 1000 granos, rendimiento del cultivo y análisis económico.

Según los resultados obtenidos, se determinó que el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego, obtuvo buena respuesta a la aplicación de fertilizantes edáficos biológicos, complementarios a la fertilización química. La mayor altura de planta al momento de la cosecha y mayor número de macollos/m² se presentó con la aplicación de Dix 10 N (25 kg/ha) + N – P – K, mientras que aplicando la fertilización química a base de N, P, K realizada por los agricultores, el cultivo floreció en mayor cantidad de tiempo; la plantación de arroz maduró a un promedio de 112 días; el empleo de GreenEdge (en dosis de 50 kg/ha) + N – P – K registró mayor número de panículas; los valores promedios de longitud de panícula y granos por panícula sobresalieron con la aplicación de Naturcomplet – G (en dosis de 50 kg/ha) + N – P – K y utilizando Naturcomplet – G (en dosis de 25 kg/ha) + N – P – K se obtuvo mayor relación grano – paja, peso de 1000 granos, así como mayor rendimiento (4329,0 kg/ha) y beneficio neto (\$ 165,75).

VIII. SUMMARY

This work was done on the grounds of the Experimental Farm "San Pablo" of the Faculty of Agricultural Sciences at the Technical University of Babahoyo, located at km. 7.5 of Babahoyo Montalvo route with geographical coordinates of $79^{\circ} 32'$, west longitude and south latitude $49^{\circ} 1'$. This area has a humid tropical climate with an average annual temperature of 25.80 C, an annual rainfall of 2203.8 mm, 79.6% relative humidity, evaporation of 1738.7 mm and a height of 8 m.s.n.m. The floor is flat topography, clay loam texture and regulate drainage.

certified seed of the rice variety INIAP 16, whose research objectives were to study the behavior of rice to the application of the treatments used; bilógico fertilizer and establish the appropriate dose effect on performance and cost analysis evaluated based treatments yields.

Soil treatments biological fertilizers, complementary chemical fertilizers, such as GreenEdge were evaluated; Dix 10N and Naturcomplet - G in doses of 25 and 50 kg / ha plus two additional treatments of chemical fertilizer according to soil test results and by farmers. the experimental randomized complete design with eight treatments and three repetitions blocks used, comparisons of means were performed using the Tukey test at 95% probability. The experimental plots had dimensions of 3 x 6 m. The separation between replicates was 1 m, giving an area of 528 m² assay.

All agricultural work required in the cultivation of irrigated rice for normal development were made, and these soil analysis, soil preparation, planting, watering, fertilizing, weed control, plant protection and harvesting. straw weight - to estimate correctly the effects of treatments data plant height at harvest, days to flowering and maturity, number of tillers and panicles per square meter, length and grains per panicle, grain ratio were taken 1000 grain crop yield and economic analysis.

According to the results, it was determined that the cultivation of rice (*Oryza sativa* L.) under irrigation, got excellent response to the application of biological soil fertilizer, chemical fertilization complementary; the tallest plants at harvest time and increased

number of tillers / m² was presented with the application of Dix 10 N (25 kg / ha) + N - P - K, while applying chemical fertilization based on N, P, K by farmers, cultivation flourished in most time; all rice plantation matured to 102 days; employing GreenEdge (in doses of 50 kg / ha) + N - P - K showed greater number of panicles; the average values of panicle length and grains per panicle excelled by applying Naturcomplet - G (in doses of 50 kg / ha) + N - P - K and using Naturcomplet - G (in doses of 25 kg / ha) + N - P - straw, 1000 grain weight and higher yield (4329.0 kg / ha) and net profit (\$ 165.75) - K larger grain ratio was obtained.

IX. LITERATURA CITADA

- AGRIANDES. s.f. Producto Naturcomplet-G. Disponible en <http://www.agriandes.com/archivos/fichastecnicas/Naturcomplet-G.pdf>
- Carvajal, J. y Mera, A. 2010. Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552010000200007&lang=pt
- Degiovanni, V. Martínez, C. y Motta, F. 2010. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Tomo I. Cali, Co. p. 317, 319
- EUROAGRO. 2013. Producto DIX 10 N. Disponible en <http://euroagroec.com/wp-content/uploads/2013/12/dix10n.pdf>
- FARMAGRO. 2014. Fertilizante edáfico GreenEdge. Disponible en <http://www.farmagro.com/index.php/nutricion/fertilizante-edafo>
- González, V. y Pomares, F. 2008. La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Disponible en <http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/manuales-tecnicos/manual-fertilizacion-fpomares.pdf>
- Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA). 2002. Los fertilizantes y su uso. Efecto de la fertilización equilibrada en los rendimientos de cultivos. 4° Ed. p. 3, 32
- Instituto nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2007. Manual del cultivo de arroz. Importancia económica del cultivo de arroz. 2° Ed. Guayas, Ecu. p. 40- 42, 145
- López, A. 1998. El mejoramiento de la agricultura mediante la biodegradación controlada de los residuos orgánicos. Fertilización convencional versus

fertilización biológica. CR. p. 20


Moreno, R., García, T., Storch, J., Muñoz, M. Yáñez, E. y Pérez, E. 2011. Fertilización y corrección edáfica de suelos agrícolas con productos orgánicos. Disponible en <http://www.uax.es/publicacion/fertilizacion-y-correccion-edafica-de-suelos-agricolas-con-productos-organicos.pdf>

Montaño, M. 2005. Estudio de la aplicación de *Azolla Anabaena* como bioabono en el cultivo de arroz en el Litoral Ecuatoriano. Guayas, Ecu. Disponible en <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/240>

Roveda, G., Cabra, L. y Ramírez, M. 2008. Uso de los microorganismos con potencial como biofertilizantes en el cultivo de mora. Importancia de los nutrientes en el crecimiento y desarrollo de los vegetales. Bogotá, Co. p. 18


ANEXOS

Análisis de suelo



INIAP
INSTITUTO NACIONAL
DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 20 Vía Durán - Tambo Agda. Postal 09-01-7000 Yaguachi - Guayas - Ecuador
Teléfono: 2717181 Fax: 2717119 Celular: 094535183 - 094535163 - 099351760 e-mail: iniap_n_info@yahoo.es



Ministerio de
Agricultura, Ganadería,
Acuicultura y Pesca

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : MIGUEL ANGEL ARBOLEDA MINDA
Dirección : JUAN X MARCOS Y BOLIVAR
Ciudad : BABAHOYO
Teléfono : 952736704
Fax : N/E

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : GRANJA EXP. SAN PABLO - UT
Provincia : LOS RÍOS
Cantón : BABAHOYO
Parroquia : CLEMENTE BAQUERIZO
Ubicación : NE

DATOS DE LA MUESTRA

Informe No. : 0017380 Factura No. : 00463
Responsable Muestreo : Cliente Fecha Análisis : 27/07/2015
Fecha Muestreo : 23/07/2015 Fecha Emisión : 31/07/2015
Fecha Ingreso : 23/07/2015 Fecha Impresión : 31/07/2015
Condiciones Ambientales : T°C: 22.5 %H: 62.0 Cultivo Actual : ARROZ

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml												
			NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Cl	
57411	MUESTRA 1	6.1 LAc	24 M	11 M	77 B	3021 A	668 A	8 B	2.8 M	15.1 A	179 A	12.0 M	0.06 B		

Interpretación

pH	
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	Mb = Muy Acido
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	Jv = Acido
B	MbAc = Med. Acido
M	LAc = Lq. Acido
A	PU = Poca. Acido

Extracción

Elemento	Extracción	Color
N, Ca, Mg	Alumina	Mediocre
Zn, Cu, Fe, Mn	Alumina	pH 5.5
S	Tiobacina	Fuente de Co
B	Calomelina	Mercurio
Cl	Mercurio	Punto de ebullición
pH	Indicador	Suave Agua (1:2.5)

Niveles de Referencia Suavizada

Medio (ug/ml)					
NH ₄	20	40	Mg	121.5	243
P	10	20	P	10	20
K	75	150	Zn	2.0	7.0
Ca	800	1600	Cu	1.0	4.0

NE = No entregado

<L = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

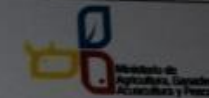
Responsable Laboratorio

Página 1 de 2



**ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"**
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km. 26 Vía Durán - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
Teléfono: 2717161 Fax: 2717119 Celular: 094535163 - 084635163 - 099351760 e-mail: iniap_ls_lab@yahoo.es



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre :	MIGUEL ANGEL ARBOLEDA MINDA	Nombre :	GRANJA EXP. SAN PABLO - UT	Informe No. :	0017380
Dirección :	JUAN X MARCOS Y BOLIVAR	Provincia :	LOS RIOS	Responsable Muestreo :	Cliente
Ciudad :	BABAHOYO	Cantón :	BABAHOYO	Fecha Muestreo :	23/07/2015
Teléfono :	052736704	Parroquia :	CLEMENTE BAQUERIZO	Fecha Ingreso :	23/07/2015
Fax :	N/E	Ubicación :	NE	Condiciones Ambientales :	T°C:22.5 %H: 62.0
				Factura No. :	00462
				Fecha Análisis :	27/07/2015
				Fecha Emisión :	31/07/2015
				Fecha Impresión :	31/07/2015
				Cultivo Actual :	ARROZ

N° Laborat.	Identificación	Textura (%)			Clase Textural	meq/100ml			mS/cm	pH	meq/100ml			Ca	Mg	Ca+Mg									
		Arena	Limo	Arcilla		Al+H	Al	Na			C.E.	M.O.	K				Ca	Mg	Σ Bases						
57411	MUESTRA 1										2.07	B	0.20	B	15.11	A	5.50	A	20.80	2.75	M	27.8	A	104.3	A

Interpretación	
Al+H, Al, Na	C.E.
Al = Alocado	MS = No Salino
LT = Ligero Toxic	LS = Lq; Salino
T = Toxic	S = Salino
	MS = Muy Salino

Interpretación	
C.E. Conductividad Eléctrica	
M.O. Materia Orgánica	
COC. Capacidad de intercambio Catiónico	

Determinación		Extracción	
M.O.	Volúmen Black	Dicromato de K	
COC		Acetato de Amonio	
Na		Cloruro de Bario	
C.E.	Filtro de pasta saturada	Agua	

Liq.	Límite meq/100ml	Niveles de Referencia		Medio	Medio (meq/100ml)
		Liq. Salino (20ml)	Medio		
Al+H	0.51 - 1.5	C.E. 2.0 - 4.0	Cs/Mg	3.0 - 8.0	K 0.2 - 0.4
Al	0.31 - 1.0	Medio (%)	Mg/K	2.5 - 10.0	Ca 4 - 8
Na	0.5 - 1.0	M.O. 3.1 - 5.0	(Ca+Mg)/K	12.5 - 60.0	Mg 1 - 2

NE = No entregado
 <LC = Menor al Límite de Cuantificación
 Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al OAE.
 Las opiniones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al OAE.
 ** Ensayo subcontratado.
 Se prohíbe la reproducción parcial, si se ve a copiar que sea en su totalidad

Responsable Laboratorio

Fotografías de la investigación



Fig. 1. Preparación del terreno



Fig. 2. Siembra del cultivo de arroz



Fig. 3. Verificación de los fertilizantes



Fig. 4. Fertilización del cultivo



Fig. 5. Control de malezas



Fig. 6. Aplicación de fertilizantes a los 45 días después de la siembra



Fig. 7. Evaluación de altura de planta



Fig. 8. Evaluación de días a floración



Fig. 9. Evaluación de días a maduración



Fig. 10. Número de macollos/m²



Fig. 11. Conteo de número de panículas/m²



Fig. 12. Evaluación de longitud de panícula



Fig. 13. Conteo de granos por panícula



Fig. 14. Granos para la variable peso de 1000 granos



Fig. 15. Relación grano - paja



Fig. 16. Cosecha