

# Eficiencia agronómica del arroz INIAP-17 con niveles de fertilización química y biológica en el Litoral Ecuatoriano

## Agronomic efficiency INIAP-17 rice with levels of chemical and biological fertilization in Ecuadorian Coast

Johnny Rodríguez Gaibor<sup>1,\*</sup>, Eduardo Colina Navarrete<sup>2,†</sup>, Carlos Castro Arteaga<sup>2,‡</sup>, Guillermo García Vásquez<sup>2,⊗</sup>, Martha Uvidia Vélez<sup>2,◇</sup>, Danilo Santana Aragoné<sup>2,⊖</sup>

<sup>1</sup>Agrícola “La Martina” - La Concordia, Ecuador.

<sup>2</sup>Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.

jhonnytorodriguez@hotmail.com, {ncolina;cacastro;ggarcia;muvidia}@utb.edu.ec, daniloxavier@hotmail.com

Fecha de recepción: 14 de febrero de 2017 — Fecha de aceptación: 05 de mayo de 2017

**Resumen**—La investigación fue realizada en la granja experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, cantón Babahoyo. Se evaluaron diez tratamientos con tres repeticiones. El objetivo fue analizar la influencia de cuatro bioestimulantes orgánicos sobre la eficiencia de la fertilización química convencional en arroz (*Oryza sativa*), para medir el efecto sobre el comportamiento agronómico del cultivo. Se sembró la variedad de arroz INIAP-17 en parcelas de  $20m^2$ . Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar. Para la evaluación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5 % de significancia. Al final del ciclo del cultivo se evaluó altura de plantas, número de macollos por  $m^2$ , granos por panícula, longitud y número de panículas  $m^2$ , días a floración, días a cosecha, número de granos por panícula, peso 1000 granos y rendimiento por hectárea. Los resultados determinaron que la aplicación de un programa de alto nivel de fertilización ( $140 - 60 - 90 - 30kg/ha$ , de  $N - P - K - S$ ) + *Azospirillum*  $3L/ha$ , aumentó el rendimiento de grano con incrementos del 23,44 % con relación al testigo. De la misma manera aplicaciones de *Bacillus* y *Azotobacter* más niveles medios ( $120 - 40 - 60 - 20$ ) y bajos ( $100 - 30 - 40 - 10$ ) de aplicación de  $N - P - K - S$ , no inciden en días a la floración, volcamiento, peso de 1000 granos, número de granos por panícula y relación grano/paja.

**Palabras Clave**—Biofertilizante, Rendimiento, Fertilización, Sostenibilidad.

**Abstract**—The investigation was carried out in the experimental farm of the College of Agricultural Sciences of the Technical University of Babahoyo, canton Babahoyo. Ten treatments were evaluated with three repetitions. The objective was to analyze the influence of four organic bioestimulantes on the efficiency of the conventional chemical fertilization in rice (*Oryza sativa*), to measure the effect on the agronomic behavior of the cultivation. The variety of rice INIAP-17 was sowed in parcels of  $20m^2$ . The treatments were distributed at random in a design of complete blocks. For the evaluation of stockings the test was used from Tukey to significancia 5 %. At the end of the cycle of the cultivation was evaluated: height of plants, sprout number for  $m^2$ , grains for panicles, length and number of panicles  $m^2$ , days to flowering, days to crop, number of grains for panicles, weight 1000 grains and yield for hectare. The results determined that the application of a program of high fertilization level ( $140 - 60 - 90 - 30kg/ha$ , of  $N - P - K - S$ ) + *Azospirillum*  $3L/ha$ , the grain yield increased with increments of 23,44 % with relationship to the witness. In the same way applications of *Bacillus* and *Azotobacter* more levels means ( $120 - 40 - 60 - 20$ ) and first floor ( $100 - 30 - 40 - 10$ ) of application of  $N - P - K - S$ , they don't impact in days to the flowering, tipping, weight of 1000 grains, number of grains for panicles and relationship grain/straw.

**Keywords**—Biofertilizer, Yield, Fertilization, Sustainability.

### INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L) es uno de los productos de mayor importancia en el Ecuador, ya que constituye una de las principales fuentes de alimentación de la población, en la actualidad se siembran aproximadamente 415 000 ha al año bajo condiciones de secano (lluvias) y de riego con un promedio de productividad de 3,9 t/ha de arroz en cascara, valor considerado bajo comparado con otros países que obtienen 6 a 7 t/ha. El cultivo presenta mayor volumen de siembra en las provincias de los Ríos y Guayas con alrededor del 92 %

de la producción total del país, siendo este volumen repartido en condiciones de secano donde se siembran el 32 % y bajo Riego un 60 % (Sistema Nacional de Gestión Agropecuaria, 2014).

Muchos trabajos demuestran que el usos de nutrientes y su incorporación en el suelo, tienen mucha importancia en los sistemas productivos arroceros en América. Los contenidos de elementos en los análisis realizados son de gran importancia, especialmente en la formación de tejidos específicos. Estas mismas investigaciones demuestran que los nutrientes presentan una marcada variabilidad, esta depende del tipo de suelo, las condiciones climatológicas, manejo de cultivos, rotación de las cosechas y uso de residuos de cosecha. Los estudios realizados por Fixen (2009), indican que las plantas usan del suelo elementos como  $N, P, K$ , en cantidades relativamente mayores o menores, dependiendo la etapa fenológica y el

\*Ingeniero Agrónomo.

†Ingeniero Agrónomo, Magister Agroecología.

‡Ingeniero Agrónomo, Magister Agroecología.

⊗Ingeniero Agrónomo, Magister Gestión Ambiental.

◇Licenciada en Informática, Magister en Informática.

⊖Ingeniero Agrónomo.

suministro de los mismos en el suelo, ya que algunos son requeridos en dosis más bajas.

En el Ecuador para el manejo del cultivo de arroz entre los problemas encontrados en los sistemas de producción es la deficiencia de macronutrientes y de materia orgánica de los suelos. Esto se debe a la generalización del uso de fertilizantes químicos, ya que la diversidad de fuentes en estos ha logrado aumentar los rendimientos en la actividad productiva. Sin embargo el costo medioambiental ha sido alto, dañando los suelos, variaciones en la capacidad microbiológica y en la química del suelo por contaminación.

Es por esto que se ha encontrado en campo programas de nutrición con criterios muy variados en la producción y sin una base analítica de laboratorios por lo que la corrección en detalles de macro y micronutrientes se debe realizar en la mayoría de los casos de forma visual. Cada especie tiene sus exigencias peculiares, tanto por la calidad como por la cantidad de fertilizantes a aplicar, solamente con conocimientos de estas necesidades permite establecer una fertilización ideal que garantice una producción máxima y que al mismo tiempo, conserve el suelo en un estado natural perfecto sin que haya el peligro de desequilibrios minerales que puedan alcanzar niveles realmente peligrosos, sobre todo tratándose de monocultivos continuos (AGRIPAC, 2010).

Las investigaciones demuestran que el nitrógeno (*N*), por ser parte de la gran cantidad de compuestos químicos de la planta, es el elemento más importante en la bioquímica de los organismos vegetales, por este motivo se lo requiere en cantidades altas, por este motivo es considerado un factor limitante en la producción de los cultivos. Dentro del grupo de alternativas que se han planteado como parte del manejo de fertilizantes nitrogenados, es la fijación biológica de nitrógeno. Esta se realiza por un grupo específico de hongos, bacterias y algas. Se sabe que estos microorganismos, poseen un complejo enzimático que se encargan de convertir al nitrógeno elemental en amonio que es directamente aprovechable por las plantas, o que es oxidado a nitratos por bacterias nitrificantes presentes en los suelos (Castilla, 2005).

Arias et al. (2007), concuerdan que las bacterias fijadoras de nitrógeno son componentes muy importante del suelo, para desarrollar la fertilidad del suelo de aumentar el contenido del nitrógeno en las condiciones medioambientales adecuados, las bacterias fijadoras de nitrógeno producen encima que toman el nitrógeno en su forma gaseosa de la atmósfera y con las azúcares que obtienen de la planta fijan el nitrógeno dentro de la biomasa bacteriana, si las bacterias satisfacen sus necesidades de nitrógeno pasan a la planta y pueden absorber niveles elevados de proteína en las plantas.

Dixon and Kahn (2004) ponen como ejemplo, que la aplicación conjunta de micorrizas o de bacterias solubilizadoras de fósforo con *Azotobacter* permiten que las cantidades fijadas de nitrógeno atmosférico sean mayores, porque las bacterias disponen de mayor cantidad de fósforo (elemento esencial para la fijación) suministrado por la actividad de los organismos solubilizadores.

Las bacterias del género *Azotobacter* son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico en el suelo, fijan aproximadamente 20mgN/g de azúcar en el cultivo o puro en un medio libre

de nitrógeno siendo una fuente para obtener un biofertilizante. Así mismo los microorganismos de alta biotecnología, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, mejora la estructura del suelo aporta bacterias fijadoras de 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 (Andrade, 2009).

Se conoce que las cepas de *Azotobacter* proporcionan muchas ventajas como reguladores en el crecimiento de las plantas promueve el crecimiento de las raíces lo que conlleva a un aumento en la concentración de materia seca, produciendo fitohormonas (Kennedy and Tchan, 1992).

Okon (1994), señala que con la inoculación de *Azospirillum* se observa frecuentemente un mayor desarrollo del sistema radical, el cual se traduce en mayor superficie de absorción de nutrientes, así como en mayor desarrollo de la parte aérea de las plantas. También se han observado incrementos en el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y otros minerales en las plantas inoculadas.

Para Espinoza et al. (2003), el *Bacillus subtilis* es un enemigo natural de muchas enfermedades (*Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Oidium*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Erwinia*, *Pseudomonas* y *Xanthomonas*) y nematodos de varios géneros; logrando reducir la incidencia de estos. La particularidad de esta cepa es que es nativa de suelos agrícolas de Ecuador y esta potencializada para el control de patógenos resistentes a los fungicidas de uso común. Así mismo *Bacillus subtilis* cepa LALBs1, tiene como acción colonizar la raíz del cultivo además de producir sustancias que estimulan el desarrollo del sistema radicular y promueve el desarrollo vegetativo.

En la última década los enfoques se han dirigido especialmente en la obtención de nuevas variedades, esencialmente aquellas que sean de alto potencial productivo y resistente a plagas. En lo referente a trabajos sobre nutrición del cultivo, el enfoque ha sido hacia la dosificación de productos fertilizantes químicos, dejando de lado a la agricultura biológica. Para incrementar la producción del arroz, se debe realizar un trabajo muy eficiente con el uso de fertilizantes biológicos a base de microorganismos (hongos o bacterias) que planteen un desarrollo tecnológico del cultivo dirigido a programas de biofertilización.

Por lo antes expuesto se hace prioritario buscar alternativas ecológicas y sustentables, que favorezcan la producción de la gramínea, disminuyendo la aplicación de fertilización química sobre el cultivo de arroz. Por este motivo el trabajo buscó: a) Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de arroz a las aplicaciones de los tratamientos y b) Determinar el tratamiento más influyente sobre el rendimiento del cultivo del arroz de secano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación fue realizado en la granja experimental "San Pablo" de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo. La zona tiene un clima tropical húmedo, altura de 8 m.s.n.m., coordenadas

UTM longitud 668606 oeste, latitud 9800482 sur, precipitación media anual 1895,4 mm, temperatura media anual 25,4 °C (Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología, 2016).

Para la realización del ensayo se utilizó como material de siembra la variedad de arroz INIAP-17 (Villavicencio and Vasquez, 2008).

Los tratamientos utilizados se describen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** tratamientos utilizados

| Nº  | Tratamientos                   |                                  |
|-----|--------------------------------|----------------------------------|
|     | Fertilizantes                  | Dosis fertilizantes kg/ha + L/ha |
| 1   | N-P-K-S + Azospirillum         | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           |
| 2   | N-P-K-S + Azotobacter          | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           |
| 3   | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           |
| 4   | N-P-K-S + Azospirillum         | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           |
| 5   | N-P-K-S + Azotobacter          | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           |
| 6   | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           |
| 7   | N-P-K-S + Azospirillum         | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           |
| 8   | N-P-K-S + Azotobacter          | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           |
| 9   | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           |
| T10 | Fertilización según agricultor | 92 N - 0 P - 30 K                |

1, 2, 3: Nivel Alto; 4, 5, 6: Nivel Medio; 7, 8, 9: Nivel Bajo  
N-P-K-S: Nitrogeno, Fósforo, Potasio y Azufre\*

El diseño experimental fue bloques completos al azar en arreglo factorial  $3 \times 3 + 1$  testigo, dando 10 tratamientos y tres repeticiones. Para la evaluación y comparación de medias de los tratamientos se realizó la prueba de Tukey al 5 % de significancia.

Antes de la preparación del terreno se tomó una muestra compuesta de suelo del sitio experimental, para realizar el análisis físico-químico. El terreno se preparó con un pase de arado y dos de rastra cruzados.

La siembra fue a chorro continuo en hileras distanciadas a 30 cm, utilizando 90 kg/ha de semilla certificada variedad INIAP-17. Esta fue protegida con Thiodicarb 3 cc/kg-semilla, para evitar el ataque de gusanos trozadores.

Los herbicidas fueron aplicados en preemergencia (pendimetalin 2,5 L  $ha^{-1}$  y butaclor 3 L  $ha^{-1}$ ) y 30 días después (Bispiribac sodium, 250 cc  $ha^{-1}$ , 2-4 D amina 300 cc  $ha^{-1}$  y Metsulfuron 150 g  $ha^{-1}$ ). Además se hicieron dos desyerbas manuales a los 55 y 80 días después de la siembra. Los herbicidas se aplicaron con un aspersor de mochila  $CP^{-3}$  y boquilla polijet para cobertura de 2 m.

El cultivo presentó ataque de langosta (*Spodoptera frugiperda*), controlado con clorpirifos 500 cc  $ha^{-1}$  y cipermetrina 300 cc  $ha^{-1}$ , a los 25 días después de la siembra. En la etapa de reproducción (65 días después de la siembra) se aplicó Fipronil para el control de chinches 250 cc  $ha^{-1}$ . No se observó la presencia de enfermedades en el cultivo, no aplicándose fungicidas. El ensayo se realizó bajo condiciones de lluvia, por este motivo no se aplicó riegos a la plantación.

La fertilización fue realizada a los 15, 30 y 45 días después de la siembra (30-50 y 20 % de dosis en cada aplicación) al voleo, siendo el testigo manejado de igual manera. Las fuentes utilizadas fueron Urea, Sulfato de amonio, Muriato de potasio y fósforo DAP. Los biofertilizantes se aplicaron con una bomba de mochila  $CP^{-3}$  calibrada, al igual que el microelemento Boro (1,5 L  $ha^{-1}$ , 20 días después de la siembra).

La cosecha se realizó en cada parcela experimental de forma manual, cuando los granos alcanzaron la madurez fisiológica (24 % humedad).

Durante y al final del trabajo se evaluó las siguientes variables: Altura de la planta, Numero de macollos/ $m^2$ , Número de panículas/ $m^2$ , número de granos por espiga, días a floración, longitud de espigas, peso de 1000 semillas, días a la cosecha y rendimiento por hectárea.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Número de macollos por metro cuadrado*

Se registró alta significancia estadística (Tabla 1), el mayor número de macollos con la aplicación de *NPKS* en dosis de 140-60-90-30 (Nivel Alto) + Azospirillum 3 L  $ha^{-1}$  con 429,78 macollos/ $m^2$ , el cual fue superior estadísticamente a todos los tratamientos evaluados. Se presentó menor macollaje cuando solo se aplicó Fertilización según agricultor (322,50 macollos/ $m^2$ ), el coeficiente de variación fue 1,68 %. Esta variable está relacionada con lo descrito por Jiménez (2008) quien encontró en un estudio poblacional con Azospirillum en arroz, resultados variados dependiendo los niveles nutricionales planteados, con aumentos de materia verde en altas poblaciones de la bacteria.

### *Número de panículas por metro cuadrado*

Se encontró alta significancia (Tabla 2), con mayor número de panículas cuando se usó el tratamiento *NPKS* en dosis de 140-60-90-30 (Nivel Alto) + Azospirillum 3L  $ha^{-1}$  (343,75 panículas/ $m^2$ ), siendo este estadísticamente superior y diferentes al resto de tratamientos. Con la aplicación de Fertilización según agricultor (258,00 panículas/ $m^2$ ), se logró menos panículas (CV 1,71 %). Estos resultados corroboran los obtenidos por Hapase et al. (2004), al determinar incrementos en el establecimiento del material sembrado, desarrollo de raíces, macollamiento y numero de tallos móviles, lo cual incremento la producción por unidad de área.

### *Días a floración*

En la Tabla 3, están registrados los días a floración, no alcanzándose significancia estadística, siendo el coeficiente de variación de 1,84 %. El tratamiento fertilizante químico en dosis de 100 N - 30 P - 40 K - 10 S (Nivel Bajo) + Azotobacter 3 L  $ha^{-1}$  presentó floración a los 82 días después de la siembra, sin embargo la floración más rápida se logró aplicando 120 N - 40 P - 60 K - 20 S (Nivel Medio) + Azotobacter 3 L  $ha^{-1}$  (78 días). Esto concuerda con Andrade (2009) quien encontró que las poblaciones altas de Azotobacter aumentan la capacidad de intercambio catiónico y reducen la floración y fructificación.

### *Días a maduración fisiológica*

El análisis de varianza no alcanzó alta significancia estadística al 95 % de probabilidad. El coeficiente de variación fue 0,96 %. La maduración más lenta numéricamente, fue reportada con la aplicación de Fertilización química según agricultor (116 días). La maduración más rápida se logró con la aplicación del

**Tabla 2.** N° de macollos y N° de panículas por metro cuadrado

| N°                         | Tratamientos                   |                                  |                         |                          |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                            | Fertilizantes                  | Dosis fertilizantes kg/ha + L/ha | Macollos m <sup>2</sup> | Panículas m <sup>2</sup> |
| 1                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 429,75 a                | 343,75 a                 |
| 2                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 332,00 cd               | 265,50 cd                |
| 3                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 346,25 c                | 277,25 c                 |
| 4                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 342,25 c                | 273,75 c                 |
| 5                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 335,28 cd               | 268,00 cd                |
| 6                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 345,25 c                | 278,15 c                 |
| 7                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 334,25 cd               | 272,26 cd                |
| 8                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 332,25 cd               | 265,75 cd                |
| 9                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 369,50 b                | 303,50 b                 |
| T10                        | Fertilización según agricultor | 92 N - 0 P - 30 K                | 322,50 d                | 258,00 d                 |
| Promedios                  |                                |                                  | 354,92                  | 284,00                   |
| Significancia estadísticas |                                |                                  | **                      | **                       |
| Coeficiente de variación % |                                |                                  | 1,68                    | 1,71                     |

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5 % de significancia.

fertilizante químico en dosis media + Bacillus sp. 3 L ha<sup>-1</sup> (109,00 días) (Tabla 3). Los valores obtenidos se presentan por cuanto la Bacteria posee la habilidad para colonizar raíces de las plantas, actuando como bioestimulante del crecimiento radicular, promoviendo la secreción de fitohormonas, lo que permite disminuir el periodo de fructificación. (ecocampo, 2014).

**Tabla 3.** Días a floración y maduración fisiológica, con tratamientos de fertilizantes inorgánicos y biológicos. Babahoyo, 2016.

| N°                         | Tratamientos                   |                                  | Días Floración | Días Maduración Fisiológica |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|
|                            | Fertilizantes                  | Dosis fertilizantes kg/ha + L/ha |                |                             |
| 1                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 79,00          | 111,00                      |
| 2                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 80,00          | 113,00                      |
| 3                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 80,00          | 115,00                      |
| 4                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 80,00          | 111,00                      |
| 5                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 78,00          | 112,00                      |
| 6                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 80,00          | 109,00                      |
| 7                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 80,00          | 112,00                      |
| 8                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 82,00          | 115,00                      |
| 9                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 80,00          | 112,00                      |
| T10                        | Fertilización según agricultor | 92 N - 0 P - 30 K                | 81,00          | 116,00                      |
| Promedios                  |                                |                                  | 80,71          | 113,28                      |
| Significancia estadísticas |                                |                                  | NS             | NS                          |
| Coeficiente de variación % |                                |                                  | 1,84           | 0,96                        |

N.S: no significativo al 95 % de probabilidad

### Número de granos por panículas

Realizado el análisis de varianza del número de granos por panícula, no alcanzó significancia estadística, teniendo un coeficiente de variación fue 8,88 % (Tabla 4). Numéricamente hubo más granos en el tratamiento según las aplicaciones del agricultor (85,05 granos) y menor número de granos con la aplicación de fertilizante químico 140 N - 60 P - 90 K - 30 S (Nivel Alto) + Azospirillum 3 L ha<sup>-1</sup> (72,19 granos). Esto concuerda con Decker (2014), quien sostiene que el tamaño y peso del grano, así como un aumento en el porcentaje de espiguillas mal llenadas, es producido por una pobre viabilidad del polen, que se presentan en deficiencia de potasio.

### Longitud de panículas

La mayor longitud estuvo aplicando de fertilizante químico 140 N - 60 P - 90 K - 30 S (Nivel Alto) + Azospirillum 3 L ha<sup>-1</sup> (24,92 cm) que fue estadísticamente superior a todos los tratamientos, con menor promedio en testigo agricultor (21,40 cm) (Tabla 4), se evidenció alta significancia estadística con un coeficiente de variación de 2,32 %. Esto corrobora lo descrito por Mcsteen and Zhao (2008), quienes indican que las bacterias benéficas de suelo segregan sustancias hormonales que activan procesos de división celular, relacionadas con funciones fisiológicas asociadas a la elongación de panículas, sin embargo este proceso puede crear volcamiento del cultivo si los niveles de nitrógeno son excesivos. (Villavicencio and Vasquez, 2008).

**Tabla 4.** N° de granos por panículas y long. de panículas

| N°                         | Tratamientos                   |                                  | Número de granos | Longitud de Panículas |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------------|
|                            | Fertilizantes                  | Dosis fertilizantes kg/ha + L/ha |                  |                       |
| 1                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 72,19            | 24,92 a               |
| 2                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 73,94            | 21,70 cd              |
| 3                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 74,75            | 23,02 bc              |
| 4                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 79,50            | 22,15 cd              |
| 5                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 78,90            | 22,25 cd              |
| 6                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 82,15            | 22,75 cd              |
| 7                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 73,90            | 21,95 cd              |
| 8                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 81,75            | 21,85 cd              |
| 9                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 78,05            | 22,75 cd              |
| T10                        | Fertilización según agricultor | 92 N - 0 P - 30 K                | 85,05            | 116,00                |
| Promedios                  |                                |                                  | 78,02            | 22,47                 |
| Significancia estadísticas |                                |                                  | NS               | **                    |
| Coeficiente de variación % |                                |                                  | 8,88             | 2,32                  |

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5 % de significancia.

N.S: no significativo al 95 % de probabilidad

### Altura de planta

En la evaluación realizada se encontró alta significancia estadística, siendo el tratamiento con NPKS en dosis de 140-60-90-3 (Nivel Alto) + Azospirillum 3 L ha<sup>-1</sup> (80,63 cm),

estadísticamente diferente y superior a los demás tratamientos. En las parcelas donde se aplicaron los fertilizantes químicos en igual dosis que el antes mencionado (Nivel Alto) + Azotobacter 3 L ha<sup>-1</sup>, las plantas registraron menor altura (74,67 cm), con coeficiente de variación de 1,68 % (Tabla 5).

**Tabla 5.** Altura de plantas con tratamientos de fertilizantes inorgánicos y biológicos. Babahoyo, 2016.

| Nº                         | Tratamientos                   |                                  | Altura de planta cm |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------|
|                            | Fertilizantes                  | Dosis fertilizantes kg/ha + L/ha |                     |
| 1                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 80,62 a             |
| 2                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 74,67 cd            |
| 3                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 75,19 c             |
| 4                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 75,75 c             |
| 5                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 74,87 cd            |
| 6                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 75,87 c             |
| 7                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 75,25 c             |
| 8                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 76,45 bc            |
| 9                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 75,59 c             |
| T10                        | Fertilización según agricultor | 92 N - 0 P - 30 K                | 76,25 bc            |
| Promedios                  |                                |                                  | 77,28               |
| Significancia estadísticas |                                |                                  | **                  |
| Coeficiente de variación % |                                |                                  | 1,68                |

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5 % de significancia.

### Peso de 1000 granos

En el peso de 1000 granos, no encontró significancia estadística (Tabla 6), teniendo un coeficiente de variación de 5,39 %. El mayor peso de granos (32,50 g), lo presentó la aplicación de fertilizante químico en dosis alta + Azospirillum 3 L ha<sup>-1</sup>, con un testigo agricultor con 30,75 g y menor peso cuando se aplicó el nivel medio de fertilización + Bacillus sp. 3 L ha<sup>-1</sup> (29,5 g). Las aplicaciones muestran que Azospirillum al ser una rizobacteria promueve el crecimiento vegetal (PGPR), aumentando la disponibilidad de fósforo para la planta, lo que repercute en el peso de granos (Rodríguez and Rubiano, 2002).

### Rendimiento por hectárea

En los promedios se encontró que el tratamiento en dosis alta de fertilizantes + Azospirillum 3 L ha<sup>-1</sup> (5236,50 kg ha<sup>-1</sup>) fue estadísticamente superior a los demás tratamientos (Tabla 6). El menor promedio se obtuvo aplicando nivel medio de fertilizantes + Bacillus sp. con 3747,75 kg ha<sup>-1</sup>, siendo este inferior a los demás, con un testigo agricultor de 4008,75 kg ha<sup>-1</sup>. Se encontró alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 4,06 %. Los valores encontrados concuerdan con resultados encontrados por Hapase et al. (2004), los que encontraron que inoculando Azospirillum en plantaciones comerciales, originaba un incremento en el desarrollo de las raíces, macollamiento, altura y número panículas,

lo cual incrementó el rendimiento por hectárea, al generar mayor biomasa mejores características agronómicas.

**Tabla 6.** Peso de 1000 granos y rendimiento, con tratamientos de fertilizantes inorgánicos y biológicos

| Nº                         | Tratamientos                   |                                  | Peso granos (g) | Rendimiento kg ha <sup>-1</sup> |
|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------------|
|                            | Fertilizantes                  | Dosis fertilizantes kg/ha + L/ha |                 |                                 |
| 1                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 32,50           | 5236,50 a                       |
| 2                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 31,00           | 4445,50 bc                      |
| 3                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 140 - 60 - 90 - 30 + 3           | 30,75           | 4758,50 bc                      |
| 4                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 30,50           | 4495,75 bc                      |
| 5                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 30,25           | 4412,50 bc                      |
| 6                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 120 - 40 - 60 - 20 + 3           | 29,50           | 3747,75 d                       |
| 7                          | N-P-K-S + Azospirillum         | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 30,00           | 4656,75 bc                      |
| 8                          | N-P-K-S + Azotobacter          | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 29,75           | 4491,50 bc                      |
| 9                          | N-P-K-S + Bacillus sp.         | 100 - 30 - 40 - 10 + 3           | 30,75           | 4455,50 bc                      |
| T10                        | Fertilización según agricultor | 92 N - 0 P - 30 K                | 76,25 bc        | 4008,75 cd                      |
| Promedios                  |                                |                                  | 30,00           | 4501,3                          |
| Significancia estadísticas |                                |                                  | NS              | **                              |
| Coeficiente de variación % |                                |                                  | 5,39            | 4,06                            |

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5 % de significancia.

Con las aplicaciones de biofertilizantes sobre la variedad de arroz, se encontró que estas no influyeron significativamente en días a floración, día a maduración fisiológica, número de granos por panícula y peso de granos, sin embargo otros factores agronómicos estudiados tuvieron alta manifestación en la producción del cultivo como macollos y panículas por m<sup>2</sup>, longitud de panículas, altura de planta y rendimiento por hectárea. Esto concuerda con AGRIPAC (2010), quienes mencionan que cada especie tiene sus exigencias peculiares, tanto por la calidad como por la cantidad de fertilizantes aplicados, solamente con conocimientos de estas necesidades permite establecer una fertilización ideal que garantice una producción máxima y que al mismo tiempo, conserve el suelo en un estado natural perfecto sin que haya el peligro de desequilibrio minerales que puedan alcanzar niveles realmente peligrosos, sobre todo tratándose de monocultivos continuos. La observación de resultados estadísticos muestran que las diferentes aplicaciones de biofertilizantes más fertilización química, activan también a microorganismos beneficios del suelo, los cuales mejoran las condiciones físicas y químicas del mismo, ya que aumentan la carga biológica que entre otras cosas descomponen la materia orgánica creando un adecuado balance nutricional, sin embargo este efecto se observa de mejor manera comparando las variables y colocando diferentes fuentes nutricionales, como lo menciona Okon (1994).

### CONCLUSIONES

La aplicación de 140-60-90-30 kg ha<sup>-1</sup> (N - P - K - S) + Azospirillum 3 L ha<sup>-1</sup>, influyen directamente sobre el crecimiento del arroz INIAP-17. Esta misma dosis aumentó

el rendimiento de grano con incrementos del 23,44 % (5236,5 kg  $ha^{-1}$ ) con relación al testigo (4008,75 kg  $ha^{-1}$ ) y 39, 72 % con N-P-K-S (120-40-60-20 kg  $ha^{-1}$ ) + *Bacillus* sp.+ 3, siendo la relación con mayor rentabilidad económica.

### BIBLIOGRAFÍA

- AGRIPAC, S. (2010). Mixpac, nueva solución para el agro. *Revista AGRIPAC*.
- Andrade, J. (2009). *Efecto de la inoculación con Azotobacter sp. en el crecimiento de plantas injertadas de cacao (Theobroma cacao), genotipo nacional, en la provincia de Esmeraldas. Tesis Inédita Ingeniero Agrónomo. Universidad Luis Vargas Torres, Esmeraldas-EC.* PhD thesis.
- Arias, F., López, V., and Guerrero, P. (2007). Tratamiento de cultivos sin suelo. *Revista Horticultura*, pages 13–15.
- Castilla, L. (2005). Evaluación de líneas interespecíficas de arroz (*Oryza* spp) a la inoculación con las bacterias fijadoras de nitrógeno *azotobacter chroococcum* y *azospirillum amazonense* en un typic haplustalf de la meseta de ibagué. colombia. *Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Área de Énfasis en Suelos. Palmira, Colombia.*
- Decker, L. (2014). Regulación Genética de la Fijación Biológica de Nitrógeno. *Nat Rev Microbiol.* 2(8), pages 621–631.
- Dixon, R. and Kahn, D. (2004). Genetic regulation of biological nitrogen fixation. *Nature Reviews Microbiology*, 2(8):621–631.
- Espinoza, V., Armenta, B., and Olalde, P. (2003). Interacción de micorriza y *Bacillus subtilis* en la producción de plántula de chile en invernadero. AMIA. Oaxaca, México. *XII Congreso nacional de Ingeniería Agrícola y II foro de la agroindustria del mezcal (memorias).*
- Fixen, P. (2009). Maximizing (productivity and efficiency) in contemporary agriculture. In *The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI.*
- Fixen, P. E. et al. (2009). World fertilizer nutrient reserves—a view to the future. *Better Crops*, 93(3):8–11.
- Hapase, L., Bonanote, B., Bolhman, B., and Willimas, C. (2004). Pruebas de laboratorio en la aplicación de microorganismo biológicos fijadores de nitrógeno, experiencia y resultados. *CATIE, Departamento de Biología. In memorias del IV Congreso Costarricense de Agricultura Sostenible.*
- Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología (2016). Información climática para Ecuador: Año 2015. Informe Técnico anual. Quito, EC.
- Jiménez, M. (2008). Manejo de plantación de cacao con biofertilización: fijadores biológicos de nitrógeno. *Revista El Agro. Quito*, pages 20–65.
- Kennedy, J. and Tchan, J. (1992). Producción orgánica de cultivos en el valle del Cauca. *Universidad de la Sabana. Editorial Produmedios, Colombia*, pages 45–54.
- Mcsteen, F. and Zhao, H. (2008). Brassinosteroid. *Annu Rev Plant Biol.* 2010;63:300-314. Review. PMID:16669769 [PubMed - indexed for Excelsior].
- Okon, J. (1994). Producción orgánica de cultivos en el valle del Cauca. *Universidad de la Sabana. Editorial Produmedios, Colombia*, pages 45–54.
- Rodríguez, H. and Rubiano, E. (2002). Aislamiento e identificación de hongos solubilizadores de fosfatos aislados de cultivos de arroz y evaluación del pH y concentraciones de sacarosa y cloruro de sodio sobre su actividad solubilizadora. *Trabajo de Grado de la Pontificia Universidad Javeriana Bogotá.*
- Sistema Nacional de Gestión Agropecuaria (2014). Zonificación agroecológica económica del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Ecuador Continental. Quito, EC.
- Villavicencio, A. and Vasquez, W. (2008). *Guía técnica de cultivos.* INIAP Archivo Historico.