



Efectos de la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno en plantación de café variedad caturra rojo

Effects of the application of nitrogen fixing microorganisms in coffee plantation red caturra variety

Efeitos da aplicação de microrganismos fixadores de nitrogênio em caturra vermelha de variedade cafeeira

Danilo Santana

xavierdanilo21061991@hotmail.com

Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador

Artículo recibido mayo 2016, arbitrado junio 2017 y publicado en septiembre 2017

RESUMEN

El presente estudio está dedicado a destacar la importancia que tienen el uso de fertilizantes de liberación controlada los cuales juegan un papel importante en la mejora del rendimiento de los cultivos, reduciendo las pérdidas de nutrientes y facilitando la aplicación de fertilizantes para un mejor rendimiento en el maíz duro. Método: se utilizó como material vegetativo los híbridos de maíz DK-7088 y H-601. Las aplicaciones se realizaron en presencia de la humedad de suelo. En los tratamientos solo con fertilizantes de liberación controlada se realizó una sola aplicación 5 días después de la siembra. Los resultados muestran que el uso de fertilizantes de liberación controlada solos o en mezclas con fertilización química convencional, influyen en el rendimiento del cultivo de maíz en la zona de estudio. Los rendimientos presentados fueron muy aceptables, alcanzando su tope más alto con 7854.2 kg/ha en promedio siendo el híbrido de maíz DK-7088 (9041.7 kg/ha) superior a la producción del híbrido H-601 (6666.7 kg/ha). Sin embargo los resultados alcanzados con la utilización de fertilizantes de liberación controlada solos, no superan a la mezcla de estos con fertilización convencional.

Palabras clave: Fertilizante controlados; rendimiento; convencional; maíz; biomasa

ABSTRACT

The present study is dedicated to emphasize the importance of the use of controlled release fertilizers, which play an important role in improving crop yields, reducing nutrient losses and facilitating the application of fertilizers for better yield hard corn Method: DK-7088 and H-601 maize hybrids were used as vegetative material. Applications were made in the presence of soil moisture. In treatments with only controlled release fertilizers, a single application was performed 5 days after sowing. The results show that the use of controlled release fertilizers alone or in mixtures with conventional chemical fertilization, influence the yield of corn in the study area. The yields presented were very acceptable, reaching their highest level with 7854.2 kg / ha on average being the corn hybrid DK-7088 (9041.7 kg / ha) higher than the production of the hybrid H-601 (6666.7 kg / ha). However, the results achieved with the use of controlled release fertilizers alone, do not exceed the mixture of these with conventional fertilization.

Key words: Fertilizer controlled; yield; conventional; maize; biomass

RESUMO

A pesquisa foi dedicada ao estudo dos principais problemas do cultivo de café no Ecuador, como o baixo rendimento nas fazendas produtoras. Muito disso se deve ao fato de os produtores não investirem para melhorar a safra, onde a maioria dos casos é dedicada apenas à colheita. Seu objetivo era encontrar alternativas biológicas para a fertilização da lavoura cafeeira; a fim de obter melhores rendimentos e contribuir para o desenvolvimento agrícola na área de Babahoyo. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados com 10 tratamentos e 3 repetições. Para avaliação e comparação das médias, foi utilizado o teste de Tukey a 5% de possibilidades. Os resultados do rendimento por hectare alcançado no ensaio são mostrados na Tabela 6. A análise de variância determinou alta significância estatística. O coeficiente de variação foi de 32,93%. O maior rendimento foi obtido com a aplicação de Micro-Asp 6 L / ha + PF com 1118,75 kg / ha, que foi estatisticamente igual ao tratamento Micro-Asp 9 L / ha + PF (668,82 kg / ha) e superior a Outros tratamentos O menor registro de produtividade foi dado no controle sem aplicação de produtos com 260,70 kg / ha. Os retornos apresentados foram aceitáveis, dadas as condições da área. Os rendimentos alcançados para a variedade atingiram seu limite mais alto com a aplicação de fertilização e Azospirillum (1118,75 kg / ha).

Palavras-chave: Red caturra coffee; biofertilizantes; crescimento, rendimento

INTRODUCCIÓN

El café es uno de los cultivos más importante dentro de la economía ecuatoriana, en el mundo más de la mitad de la población utiliza el café en diversos tipos de usos, si se considera la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de gente que depende de su cosecha. A nivel

mundial el café ocupa el tercer lugar después del banano y cacao, en importancia económica. En Ecuador el cultivo de café según datos registrados por COFENAC, se siembra en 23 de las 24 provincias existentes, en aproximadamente 199.215 hectáreas, de las cuales 136.385 hectáreas corresponden a cafetales arábigos y 62.830 hectáreas a café robusta, siendo las provincias de mayor importancia: Los Ríos, Manabí, Loja, El Oro y las provincias amazónicas. El promedio de rendimiento actual es 5.1 quintales de café oro por hectárea para arábigos y 5.5 quintales de café oro por hectárea para robusta. Existe un excedente en la producción de café, esto debido a que la producción abastece el mercado interno y genera un excedente bastante considerable para el mercado externo, siendo Estados Unidos y la Unión Europea los principales mercados. (COFENAC, 2014).

Uno de los principales problemas del cultivo de café en el país es el bajo rendimiento en las fincas productoras. Mucho de esto se debe a que los productores no invierten para mejorar el cultivo, en donde la mayoría de los casos solo se dedican a la cosecha. En general, los suelos tropicales son deficientes especialmente en contenido de MOs y consecuentemente se observan deficientes de N. A pesar de este conocimiento los productores cafetaleros no utilizan ninguna práctica de fertilizantes y otras enmiendas para mejorar la nutrición del cultivo.

Debido a las condiciones de manejo de cultivos agrícolas y de los recursos vegetales, el componente microbiano, el cual es importante para la salud de los ecosistemas es afectado tanto en su biodiversidad como en la densidad de las poblaciones microbianas implicadas; los resultados a mediano y largo plazo pueden ser la pérdida de fertilidad de los suelos y su progresiva pauperización. El empleo de cepas de microorganismos con un alto potencial de acción sobre el crecimiento y

desarrollo de las plantas y el estudio de la diversidad biológica será clave para su controlen el manejo integral de cultivos (Olalde y Portugal 1998).

Durante muchos años se ha estudiado en diversos cultivos la aplicación de microorganismos que ayuden en la fijación de nitrógeno atmosférico en el suelo, estos estudios han demostrado la eficiencia de los mismos no solo en el aspecto mencionado sino en crear condiciones para la planta más favorable para su desarrollo y producción.

El género *Azospirillum* pertenece a un grupo de bacterias Gram negativas, fijador de nitrógeno, productor de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citocininas, así como de producir sideróforos y bacteriocinas. *Azospirillum* es un habitante a menudo de la rizósfera de una amplia variedad de plantas así como en diversas regiones climáticas del mundo. Aun cuando son más frecuentes en regiones tropicales, también se les encuentra en regiones, templadas, frías y desérticas, ha sido aislado de la superficie de la raíz y de su rizósfera de una muy amplia variedad de plantas (Tapia, *et al.* 1990).

En los últimos años el estudio de microorganismos asociados a plantas ha sido tema de interés para muchos investigadores, por todos los beneficios que estos pueden aportar a las plantas, entre esta fijación biológica de nitrógeno, producción de hormonas, así como también la influencia de estos en el ecosistema. El estudio poblacional de *Azospirillum* en plantas de café, mostró resultados variados dependiendo del lugar muestreado, en Oaxaca se encontraron las más altas poblaciones de *Azospirillum* 1.6×10^7 -- 1.5×10^4 ufc/g de peso fresco; tanto en campo como en vivero respectivamente, así como también variación en la actividad reductora de acetileno, del total de cepas aisladas todas presentaron fijación de nitrógeno por arriba de 10 nmol/h/ML (Jiménez, 2008).

Azotobacter es un género de bacterias que puede producir cantidades grandes de limo capsular. *Azotobacter* es un microbio aerobio libre, que vive del suelo y fija el nitrógeno de la atmósfera. Más allá del uso de *Azotobacter* como un *organismo modelo* tiene usos *biotecnológicos*, especialmente para producción de *nitrógeno*. *Azotobacter* son bacterias Gram-negativas (Clementi, 2006).

Las bacterias *Azotobacter* son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico en el suelo, fijan aproximadamente 20 mg N/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, aumentan la capacidad de intercambio catiónico, mejoran la estructura del suelo, aportan 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).

Azotobacter proporcionan muchas ventajas. Como reguladores, promueve el crecimiento de las raíces lo que conllevan a un aumento en la concentración de materia seca, produciendo fitohormonas (Kennedy y Tchan 1992).

Las bacterias fijadoras de nitrógeno son componentes muy importantes 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 enzimas que toman el nitrógeno en su forma gaseosa de la atmosfera y con los azucares 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 (Arias, López y Guerrero, 2007).

Actualmente es poca la información generada sobre el uso de los microorganismos captadores de nitrógeno atmosférico, en cultivos de ciclo perenne. Los trabajos de investigación realizados, aún no demuestran que dosis o que productos (microorganismos) logran una mayor captación, por lo tanto el desarrollo de la misma debe estar acorde con la aparición de nuevas fórmulas de más fácil manipulación y aplicación, así como su posterior aplicación comercial.

En vista a lo expresado anteriormente, se consideró justificable la presente investigación, con el propósito de encontrar alternativas biológicas a la fertilización del cultivo café; con el fin de alcanzar mejores rendimientos y aportar al desarrollo agrícola en la zona de Babahoyo.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos de la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno, complementarios a la fertilización química en una plantación de café variedad caturra rojo. Los objetivos planteados para el efecto fueron 1) Determinar el comportamiento agronómico del cultivo de café a las aplicaciones de varios microorganismos, 2) Identificar la dosis de aplicación y productos, que mejor beneficio den sobre la producción y 3) Realizar el análisis económico de los tratamientos.

MATERIALES Y METODOS

Procedimiento Experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en los terrenos de la granja.

experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Km. 7.5 vía Montalvo. El mismo se ubicó en el Programa de café, en una plantación de café caturra rojo con dos años de desarrollo.

La zona presenta un clima tropical húmedo según clasificación de Holdribge, con temperatura anual de 24.6° C, una precipitación de 1569 mm/año, humedad relativa de 85 % y 873 horas de heliofanía de promedio anual. Coordenadas geográficas 79°32', de longitud occidental y 1° 49' de latitud sur 1/.

Material de siembra

Se utilizó la variedad de café, caturra rojo, con una edad de dos años, la cual tiene las siguientes características:

- Porte bajo
- Baya color rojo
- Entrenudos cortos
- Ramas con 45 grados de inclinación
- Amplia adaptabilidad
- Alta producción
- Buenas características agronómicas
- Grano organoléptico excelente
- Susceptible a roya

Factores de estudio

- Variable dependiente: Dosis de aplicación de microorganismos.
- Variable independiente: Comportamiento agronómico del cultivo.

Tratamientos

Las combinaciones de tratamientos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Combinaciones de tratamientos

| Tratamientos | Dosis/ha | Época de aplicación |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------|
| <i>Azospirillum</i> artesanal | 300 kg | Trimestral |
| <i>Azospirillum</i> artesanal | 600 kg | Trimestral |
| Micro-Asp + P.F | 1.0 L | Bimensual |
| Micro-Asp + P.F | 1.5 L | Bimensual |
| Micro-Azot + P.F | 1.0 L | Bimensual |
| Micro-Azot + P.F | 1.5 L | Bimensual |
| Micro-Azot | 1.0 L | Bimensual |
| Micro-Asp | 1.0 L | Bimensual |
| Testigo químico | Según análisis de suelo | Mensual |
| Testigo absoluto | | Sin aplicación |

- P.F: Programa de fertilización: 160 kg N, 60 kg P, 75 kg K, 30 kg S, 20 kg Mg, 0.4 kg B, 0.2 kg Zn.
- Testigo químico: 160 kg N, 60 kg P, 75 kg K.

Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental "Bloque completo al azar BCA, con 10 tratamientos y 3 repeticiones. Para la evaluación y comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% de posibilidades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

En la tabla 2, se presentan los promedios de altura de plantas de café evaluados a los 30, 150 y 240 días después de la instalación del ensayo. Se encontró alta significancia estadística en todas las observaciones realizadas. Los coeficientes de variación fueron 3.91 %, 4.81 % y 7.06 %, respectivamente.

En la evaluación a los 30 días se encontró que los tratamientos *Azospirillum* artesanal 2400 kg/ha (2.57 m), Micro-Asp 6 L/ha + P.F (2.57 m), Micro-Asp 9 L/ha + P.F (2.6 m),

Micro-Azot 6 L/ha + P.F (2.6 m) y Micro-Azot 9 L/ha + P.F (2.56 m), fueron estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos. El registro más bajo se dio cuando no se aplicó los tratamientos en el testigo con 1.29 m.

A los 150 días se reportó que los tratamientos *Azospirillum* artesanal 2400 kg/ha (2.54 m), Micro-Asp 9 L/ha + P.F (2.54 m), Micro-Azot 6 L/ha + P.F (2.56 m) y Micro-Azot 9 L/ha + P.F (2.63 m), fueron estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos. El registro más bajo se dio sin la aplicación de productos en el testigo con 1.55 m.

Cuando se evaluó a los 240 días, se observó que el tratamiento Micro-Asp 9 L/ha + P.F (3.02 m), fue estadísticamente igual al tratamiento Micro-Azot 6 L/ha + P.F (2.73 m) y superior al resto de tratamientos. El registro más bajo se dio en el testigo químico con 1.35 m.

Efectos de la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno en plantación de café variedad caturra rojo

Tabla 2. Altura de planta con la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno, complementarios a la fertilización química en una plantación de café variedad caturra rojo. Babahoyo.

| Tratamientos | Dosis/ha | Altura de planta (m) | | |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------|-------------|
| | | 30 d.d.i. | 150 d.d.i. | 240 d.d.i. |
| <i>Azospirillum</i> artesanal | 1200 kg | 1.76 c | 1.94 c | 2.27 cd |
| <i>Azospirillum</i> artesanal | 2400 kg | 2.57 a | 2.54 a | 2.43 bcd |
| Micro-Asp + P.F | 6,0 L | 2.57 a | 2.42 ab | 2.56 bc |
| Micro-Asp + P.F | 9,0 L | 2.60 a | 2.54 a | 3.02 a |
| Micro-Azot + P.F | 6,0 L | 2.60 a | 2.56 a | 2.73 ab |
| Micro-Azot + P.F | 9,0 L | 2.56 a | 2.63 a | 2.53 bc |
| Micro-Azot | 6,0 L | 2.22 b | 2.11 c | 2.12 cd |
| Micro-Asp | 6,0 L | 2.22 b | 2.23 bc | 2.03 d |
| Testigo químico | 160 kg N-60 kg P-75 kg K | 2.04 b | 2.05 c | 1.35 e |
| Testigo absoluto | 0-0-0 | 1.29 d | 1.55 d | 1.53 e |
| Promedios | | 2.24 | 2.26 | 2.26 |
| Significancia estadísticas | | ** | ** | ** |
| Coefficiente de variación % | | 3.91 | 4.81 | 7.06 |

d.d.i.: días después del inicio del ensayo. (**): Altamente significativo.

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

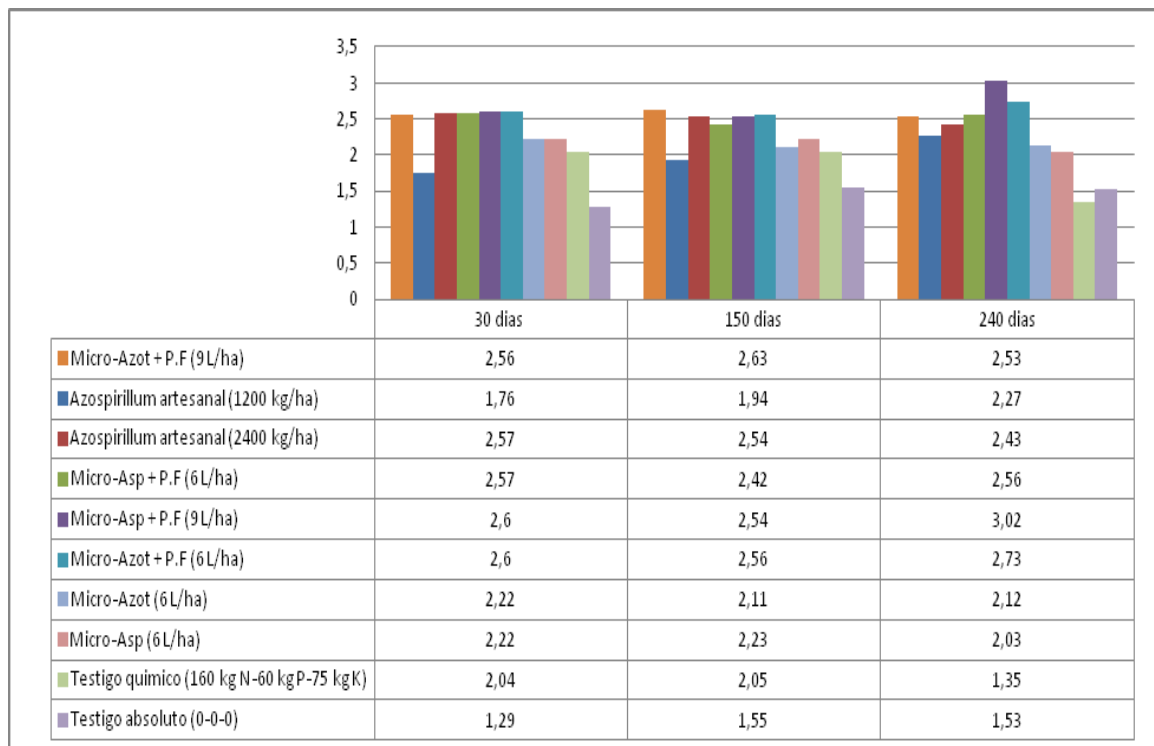


Figura 1. Altura de planta.

Diámetro de tallo por planta

La tabla 2, presenta los promedios de diámetro de tallo de plantas café evaluados a los 30, 150 y 240 días después de la instalación del experimento. Se encontró alta significancia al 5 %, con coeficientes de variación de 11.51 %, 15.23 % y 15.97 %, respectivamente.

En la evaluación a los 30 días se encontró que los tratamientos *Azospirillum* artesanal 2400 kg/ha (62.67 cm), Micro-Asp 6 L/ha + P.F (64 cm), Micro-Asp 9 L/ha + P.F (63 cm), y Micro-Azot 9 L/ha + P.F (64.67 cm), fueron estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos. El registro más bajo se dio sin la aplicación de productos en el testigo con 26.33 cm.

Las observaciones a los 150 días reportaron, que los tratamientos Micro-Asp 9 L/ha + P.F (67.33 cm) y Micro-Azot 9 L/ha + P.F (66.67 cm), fueron estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos. El registro más bajo se dio con la aplicación de *Azospirillum* artesanal 1200 kg/ha con 26.33 cm.

Con 240 días después de la instalación del ensayo, se observó que el tratamiento Micro-Azot 6 L/ha + P.F (66.33 cm), fue estadísticamente superior al resto de tratamientos. El menor promedio estuvo en el testigo con 27.67 cm.

Cuadro 2. Diámetro de tallo por planta con la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno, complementarios a la fertilización química en una plantación de café variedad caturra rojo. Babahoyo.

| Tratamientos | Dosis/ha | Diámetro de tallo (cm) | | |
|-------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|--------------|
| | | 30 d.d.i. | 150 d.d.i. | 240 d.d.i. |
| <i>Azospirillum</i> artesanal | 1200 kg | 36.33 cd | 26.33 e | 36.67 cd |
| <i>Azospirillum</i> artesanal | 2400 kg | 62.67 a | 43 cde | 40 bcd |
| Micro-Asp + P.F | 6,0 L | 64 a | 65.33 ab | 42.67 bcd |
| Micro-Asp + P.F | 9,0 L | 63 a | 67.33 a | 59.33 ab |
| Micro-Azot + P.F | 6,0 L | 55 ab | 64 abc | 51 abc |
| Micro-Azot + P.F | 9,0 L | 64.67 a | 66.67 a | 60.33 ab |
| Micro-Azot | 6,0 L | 52.67 abc | 49 abcd | 66.33 a |
| Micro-Asp | 6,0 L | 50.33 abc | 44.33 bcde | 48.33 abcd |
| Testigo químico | 160 kg N-60 kg P-75 kg K | 40.67 bcd | 39.67 de | 36.33 cd |
| Testigo absoluto | 0-0-0 | 26.33 d | 35.33 de | 27.67 d |
| Promedios | | 51.57 | 50.10 | 46.87 |
| Significancia estadísticas | | ** | ** | ** |
| Coeficiente de variación % | | 11.51 | 15.23 | 15.97 |

d.d.i. : días después del inicio del ensayo. (**): Altamente significativo.

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

Efectos de la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno en plantación de café variedad caturra rojo

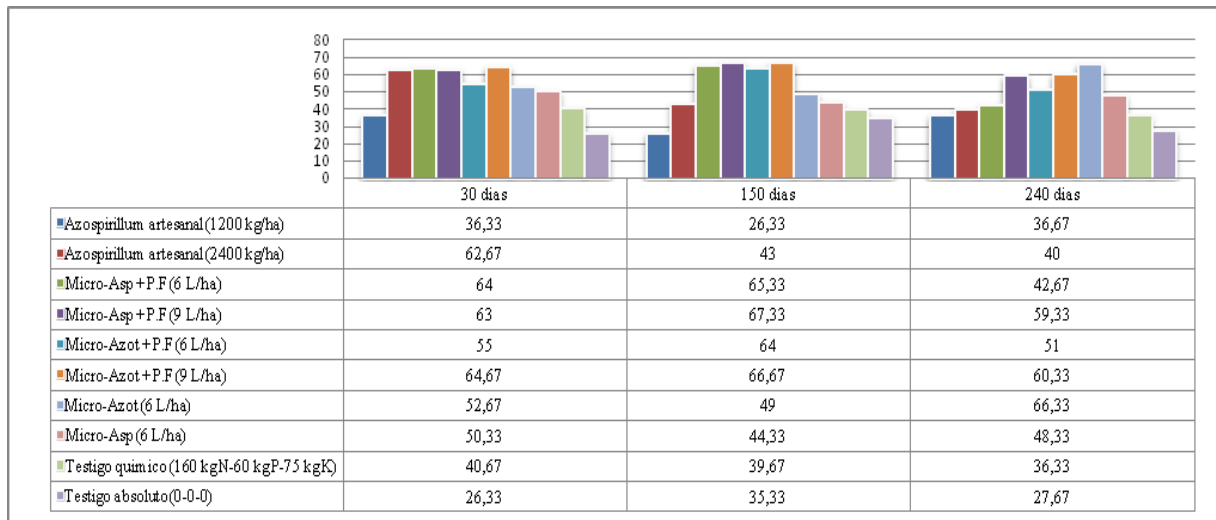


Figura 2. Diámetro de tallos.

Numero de ramas por planta

Los promedios de número de ramas por planta encontrados, se muestran en el Cuadro 3. Se presentó alta significancia estadística en la evaluación realizada, siendo el coeficiente de variación 21.68%. El análisis de Tukey determinó que el tratamiento Micro-Azot 6

L/ha + P.F (144), fue estadísticamente igual al tratamiento Micro-Azot 9 L/ha + P.F (129) y superior al resto de tratamientos, registrándose el promedio más bajo con la aplicación de *Azospirillum* artesanal en dosis de 2400 kg/ha con 44 ramas.

Tabla 3. Número de ramas por planta con la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno, complementarios a la fertilización química en una plantación de café variedad caturra rojo. Babahoyo.

| Tratamientos | Dosis/ha | Número de ramas por planta |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>Azospirillum</i> artesanal | 1200 kg | 53 cd |
| <i>Azospirillum</i> artesanal | 2400 kg | 44 d |
| Micro-Asp + P.F | 6,0 L | 55 cd |
| Micro-Asp + P.F | 9,0 L | 77 cd |
| Micro-Azot + P.F | 6,0 L | 144 a |
| Micro-Azot + P.F | 9,0 L | 129 ab |
| Micro-Azot | 6,0 L | 67 cd |
| Micro-Asp | 6,0 L | 84 bcd |
| Testigo químico | 160 kg N-60 kg P-75 kg K | 99 abc |
| Testigo absoluto | 0-0-0 | 54 cd |
| Promedios | | 80.6 |
| Significancia estadísticas | | ** |
| Coeficiente de variación % | | 21.68 |

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia. (**): Altamente significativo.

Número de granos por planta

En tabla 4, se observan los promedios de

número de granos por planta encontrados. No se encontró significancia estadística

obteniéndose un coeficiente de variación de 29.67%. El tratamiento con mayor número de granos por planta fue *Azospirillum* artesanal en dosis de 2400 kg/ha con 671

granos/planta, presentándose menor cantidad de granos en el testigo con 302 granos/planta.

Tabla 4. Número de granos por planta con la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno, complementarios a la fertilización química en una plantación de café variedad caturra rojo. Babahoyo.

| Tratamientos | Dosis/ha | Numero de granos por planta |
|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Azospirillum artesanal | 1200 kg | 356 |
| Azospirillum artesanal | 2400 kg | 671 |
| Micro-Asp + P.F | 6,0 L | 643 |
| Micro-Asp + P.F | 9,0 L | 556 |
| Micro-Azot + P.F | 6,0 L | 380 |
| Micro-Azot + P.F | 9,0 L | 431 |
| Micro-Azot | 6,0 L | 433 |
| Micro-Asp | 6,0 L | 436 |
| Testigo químico | 160 kg N-60 kg P-75 kg K | 406 |
| Testigo absoluto | 0-0-0 | 302 |
| Promedios | | 461.4 |
| Significancia estadísticas | | Ns |
| Coeficiente de variación % | | 29.67 |

Ns: no significativo.

Peso de 100 granos

La tabla 5, detalla los promedios de peso de 100 granos de café evaluados a la cosecha final, la evaluación reportó significancia estadística, registrándose un coeficiente de

variación de 22.99 %. Con la aplicación de Micro-Asp 6 L/ha (96.78 g) se encontró el mayor peso, el mismo fue estadísticamente igual a los demás tratamientos con excepción de Micro-Asp 6 L/ha + P.F con 47.44 g/planta.

Efectos de la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno en plantación de café variedad caturra rojo

Tabla 5. Promedio de peso de 100 granos con la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno, complementarios a la fertilización química en una plantación de café variedad caturra rojo. Babahoyo.

| Tratamientos | Dosis/ha | Peso de 100 granos (g) |
|-------------------------------|--------------------------|------------------------|
| <i>Azospirillum</i> artesanal | 1200 kg | 86.67 ab |
| <i>Azospirillum</i> artesanal | 2400 kg | 84.67 ab |
| Micro-Asp + P.F | 6,0 L | 47.44 b |
| Micro-Asp + P.F | 9,0 L | 61.11 ab |
| Micro-Azot + P.F | 6,0 L | 56.55 ab |
| Micro-Azot + P.F | 9,0 L | 55.44 ab |
| Micro-Azot | 6,0 L | 54 ab |
| Micro-Asp | 6,0 L | 96.78 a |
| Testigo químico | 160 kg N-60 kg P-75 kg K | 56.67 ab |
| Testigo absoluto | 0-0-0 | 88.89 ab |
| Promedios | | 68.82 |
| Significancia estadísticas | | ** |
| Coefficiente de variación % | | 22.99 |

(*): Significante.

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

Los resultados del rendimiento por hectárea alcanzado en el ensayo, se muestran en tabla 6. El análisis de varianza determinó alta significancia estadística. El coeficiente de variación fue 32.93 %. El rendimiento más alto se tuvo con la aplicación de Micro-Asp 6

L/ha + PF con 1118.75 kg/ha, el cual fue estadísticamente igual al tratamiento Micro-Asp 9 L/ha + P.F (668.82 kg/ha) y superior al resto de tratamientos. El registro más bajo de rendimiento se dio en el testigo sin aplicación de productos con 260.70 kg/ha.

Tabla 6. Rendimiento por hectárea de café con la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno, complementarios a la fertilización química en una plantación de café variedad caturra rojo. Babahoyo.

| Tratamientos | Dosis/ha | Rendimiento (kg/ha) |
|-------------------------------|--------------------------|---------------------|
| <i>Azospirillum</i> artesanal | 1200 kg | 311.42 b |
| <i>Azospirillum</i> artesanal | 2400 kg | 579.55 b |
| Micro-Asp + P.F | 6,0 L | 1118.75 a |
| Micro-Asp + P.F | 9,0 L | 668.82 ab |
| Micro-Azot + P.F | 6,0 L | 480.38 b |
| Micro-Azot + P.F | 9,0 L | 574.95 b |
| Micro-Asp | 6,0 L | 583.52 b |
| Micro- Azot | 6,0 L | 341.20 b |
| Testigo químico | 160 kg N-60 kg P-75 kg K | 541.38 b |
| Testigo absoluto | 0-0-0 | 260.70 b |
| Promedios | | 546.07 |
| Significancia estadísticas | | ** |
| Coefficiente de variación % | | 32.93 |

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

(**): Altamente significativo.

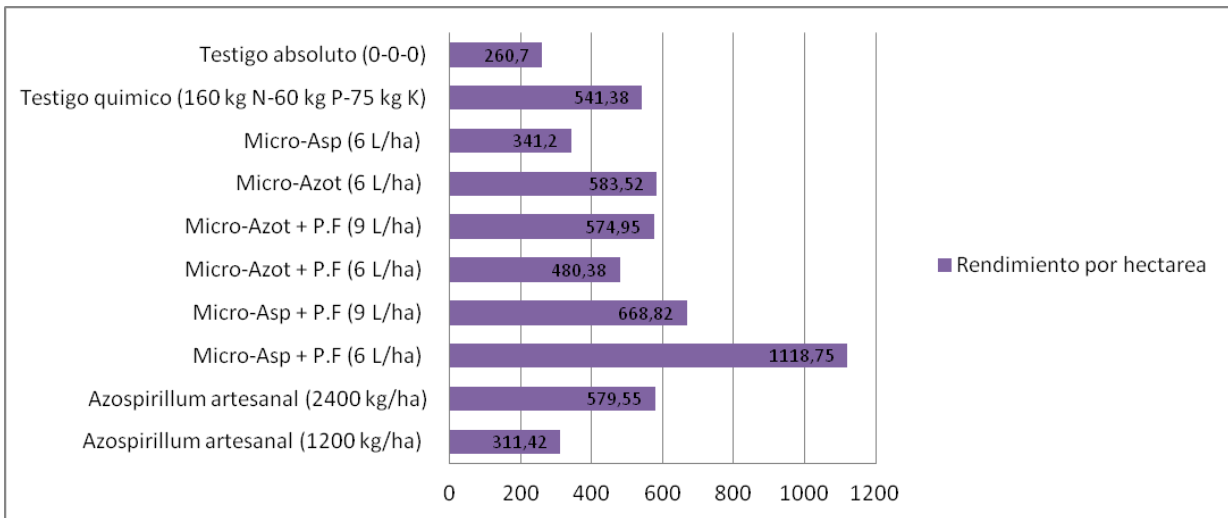


Figura 3. Rendimiento por hectárea.

Análisis Económico

El análisis económico realizado a los tratamientos del ensayo, se registran en la tabla 7. El tratamiento Micro-Asp 6 L/ha + PF presentó la mejor utilidad con \$1814.04, habiéndose encontrado la menor utilidad en Micro-Azot 6 L/ha + PF con \$17,26.

Tabla 7. Análisis económico con la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno, complementarios a la fertilización química en una plantación de café variedad caturra rojo. Babahoyo. 2014.

| Tratamientos | Rendimiento (Kg/ha) | Ingresos | Costos Producción | | | Utilidad neta |
|--|---------------------|----------|-------------------|--------------|-------------|---------------|
| | | | Costos Variables | Costos Fijos | Costo Total | |
| Azospirillum artesanal 1200 kg/ha | 311,42 | 870,68 | 132,0 | 640 | 772,0 | 98,68 |
| Azospirillum artesanal 2400 kg/ha | 579,55 | 1620,33 | 204,0 | 640 | 844,0 | 776,33 |
| Micro-Asp 6 L/ha + P.F | 1118,75 | 3127,84 | 673,8 | 640 | 1313,8 | 1814,04 |
| Micro-Asp 9 L/ha + P.F | 668,82 | 1869,91 | 739,8 | 640 | 1379,8 | 490,11 |
| Micro-Azot 6 L/ha + P.F | 480,38 | 1343,06 | 685,8 | 640 | 1325,8 | 17,26 |
| Micro-Azot 9 L/ha + P.F | 574,95 | 1607,46 | 757,8 | 640 | 1397,8 | 209,66 |
| Micro-Azot 6 L/ha | 583,52 | 1631,42 | 192,0 | 640 | 832,0 | 799,42 |
| Micro-Asp 6 L/ha | 341,20 | 953,94 | 204,0 | 640 | 844,0 | 109,94 |
| Testigo químico (160 kg N-60 kg P-75 kg K) | 541,38 | 1513,61 | 541,8 | 640 | 1181,8 | 331,81 |
| Testigo absoluto (0-0-0) | 260,70 | 728,87 | 0 | 640 | 640,0 | 88,87 |

Café qq de 60 kg: \$167.75 MicroASP: \$22 MicroAZOT: \$24

Azospirillum Artesanal: \$3/qq Programa de fertilización: \$481,8

CONCLUSIONES

Basado en los resultados obtenidos en la presente investigación se determinó que el uso de *Azospirillum* en combinación con un programa de fertilización en función del análisis de suelo, tuvieron incidencia sobre el rendimiento del cultivo de café en campo.

Con las aplicaciones de biofertilizantes y fertilizantes químicos sobre la variedad evaluada, se encontró que influyeron significativamente en altura de planta y diámetro de tallo, esto es debido a que estas características agronómicas son influenciadas por la formación de hormonas reguladoras de crecimiento, esto es corroborado por Jiménez (2008), quien manifiesta que en los últimos años el estudio de microorganismos asociados a plantas ha sido tema de interés para muchos investigadores, por todos los beneficios que estos pueden aportar a las plantas, entre estos: fijación biológica de nitrógeno, producción de hormonas, así como también la influencia de estos en el ecosistema. Así mismo 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.

Adicionalmente los análisis de estadística demuestran que las diferentes aplicaciones de *Azospirillum* logran un incremento en las condiciones agronómicas del cultivo de café, debido a que las mismas ponen los nutrientes a disposición de la planta de una manera más adecuada y distribuida, el proceso de asimilación y nutrición es realizado de mejor manera, ya que la planta tiene los nutrientes en las etapas de máximo desarrollo, lo que no afecta la producción del cultivo. Esto se explica con lo manifestado por Rao y Krishna (2006),

quienes mencionan que la asociación planta-bacterias fijadoras de nitrógeno ha sido estudiada en plantas anuales y perennes debido a que contribuyen en el efecto directo del crecimiento de la planta, por la producción de fitohormonas, en la disponibilidad de nutrimentos y en la reducción de las poblaciones de patógenos de la raíz.

El mayor rendimiento en grano oro, se encontró con la aplicación de *Azospirillum* en dosis de 6 L/ha más programa de fertilización. Esta aplicación incentiva al cultivo a lograr un crecimiento relativamente parejo y sostenido, lo cual es previsible ya que la aportación balanceada de nutrientes y su mejor distribución en el sistema radicular estimulan el desarrollo vegetativo adecuado de las plantas maximizando su potencial productivo. Esto concuerda con lo manifestado por Euroagro (2014), quienes manifiestan que la bacteria también promueve el crecimiento que proviene de sustancias como el ácido acético del indol (IAA), las giberelinas, ayuda también a la correcta formación de raíces principales y secundarias.

En lo referente a la variable número de granos por planta, no presentó significancia estadística en las evaluaciones realizadas. Lo que permite ver que la influencia de los fertilizantes en los suelos del ensayo, no afectan esta variable sino directamente el rendimiento del cultivo.

Los rendimientos presentados fueron aceptables dadas las condiciones de la zona. Los rendimientos alcanzados para la variedad alcanzaron su tope más alto con la aplicación de la fertilización y *Azospirillum* (1118.75 kg/ha), las que superan considerablemente la producción media nacional y a los demás tratamientos. Los resultados alcanzados con la utilización de fertilizantes sin la aplicación de la bacteria no superan a la mezcla de estos con fertilización convencional.

REFERENCIAS

- Andrade, J. (2009). Efecto de la inoculación con *Azotobacter* sp. En el crecimiento de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.), genotipo nacional, en la provincia de Esmeraldas. Director: José Sergio Velázquez. Escuela Politécnica Nacional, Quito,
- Arias, F; López, V; Guerrero, P. (2007). "Tratamiento de cultivos sin suelo". *Horticultura Ecológica*. Ed mundipresa: vol 5, num. 2, p. 13-15
- Clementi, F. (2006). Producción de Alginato por *Azotobacter vinelandii*. *Crit Rev Biotechnol*. Madrid, p. 327-61
- COFENAC. Situación actual del café. Catálogo (en línea). Disponible en Web: <http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/09/situacion-sector-cafe-cu2013.pdf2/> (Consulta: 21 de mayo de 2017)
- EUROAGRO. (2014). Manual y catálogo de productos (en línea). Disponible en Web: www.euroagro.com.ec (Consulta: 22 de mayo de 2014)
- Jiménez, M. (2008). Manejo de cultivos con biofertilización: fijadores biológicos de nitrógeno. *Importancia de microrganismos benéficos en los cultivos*. 2008, vol 8, núm. 5, p. 20-65
- Kennedy, J.; Tchan, J. (1992). Agricultura ecológica en Colombia y sus nuevas proyecciones. In: *Memorias II Congreso Nacional de Agricultura Ecológica*. Bogotá: 1992, p. 230-231
- Olalde K., Portugal P. (1998) "Reducción de biofertilizantes costos y daño ambiental". *Imagen agropecuaria*. Vol 1, num. 3, p.12-14
- Rao, A; Khishna, F. (2006). "Influence of amino acids on Nitrogen Fixation ability and grown of *Azospirillum* spp". *Applied Enviromental Microbiology*. Vol.54, núm. 1, p. 87-93
- Tapia, H. *et al.* (1990). Detección de bacterias benéficas en suelos con banano (*Musa aaa*, simmonds) cultivar 'gran enano' y su potencial para integrar un biofertilizante". *Importancia de las bacterias fijadoras de nitrógeno*. Vol. 44, num. 6, p. 120-145