

EFECTO DE UNA RIZOBACTERIA NITROFIJADORA Y NIVELES DE FERTILIZANTE EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL TOMATE *Lycopersicon esculentum* var.

Jorge E. Aguilar S.¹ - Marina Sánchez de P.²

COMPENDIO

Se evaluó la posibilidad de reemplazar fertilización nitrogenada con una rizobacteria fijadora de N_2 aislada del mismo sitio, la cual, en pruebas previas, incrementó el crecimiento y materia seca de este cultivo. Para ello se diseñaron los tratamientos: una inoculación bacteriana a semilla (S), trasplante (T) y 30 días después de trasplante (30DT); dos inoculaciones bacterianas en S y 30 días después de T (S30DT), en trasplante 30 días después (T30DT); fertilización química media más inoculaciones bacterianas a semilla (SF/2), trasplante (TF/2), semilla y trasplante (STF/2), 30 días después de trasplante (30DTF/2) y en las tres etapas (ST30DTF/2), comparados con fertilización completa (FC) y media (F/2) - 30 y 15 g/planta NPK, respectivamente. Para inocular las semillas se prepararon soluciones de 2.3×10^7 unidades formadoras de colonias de la bacteria nitro fijadora/ml y en ellas se imbibieron por espacio de 1 hora; en trasplante y 30 días después se usó la misma concentración bacteriana, a razón de 20 ml de solución/pl. Los tratamientos SF/2, TF/2, STF/2, ST30DTF/2, superaron significativamente a los testigos (FC y F/2) en 15% en rendimiento por planta (g), rendimiento total estimado (t/ha) y número de frutos por planta (g), y en 5% en el peso promedio de frutos (g). El nitrógeno total en hojas (mg/planta) fue mayor en los tratamientos inoculados más fertilización media, seguido por los testigos. No basta la aplicación de la bacteria para obtener rendimientos comparables con la fertilización química, pero el uso del fertilizante se puede reducir a la mitad mediante inoculación bacteriana. En el suelo donde se realizó el ensayo se presentó un ligero incremento de las poblaciones de rizobacterias nitro fijadoras.

Palabras claves: Fijadores asimbióticos de nitrógeno, *Lycopersicon esculentum*, Fertilización.

ABSTRACT

EFFECT OF NITROGEN FIXING RHYZOBACTERIA AND CHEMICAL FERTILIZATION ON YIELD OF *Lycopersicon esculentum* Mill var. Santa clara

The present work was done with the objective of trying to substitute the nitrogen fertilization by a fixing N_2 rhyzobacteria. The rhyzobacteria was isolated in cultivation unit Universidad Nacional - Palmira. To do that were designed the following treatments: one bacterial inoculation to: seed (S), transplant (T) and after 30 days (30DT); two bacterial inoculations to: seed and 30 days after transplant (S30DT), transplant and after 30 days (T30DT); bacterial inoculations plus chemical fertilization to: seed, transplant and after 30 days plus half fertilization (ST30DTF/2), seed plus half fertilization (SF/2), transplant plus half fertilization (TF/2), seed, transplant plus half fertilization (STF/2), 30 days after transplant plus half fertilization (30DTF/2), compared to complete fertilization (FC) and half fertilization (F/2) 30 and 15 g NPK per plant, respectively. It was found that soaking the seed into the bacterial solution for one hour (concentration of 2.31×10^7 U.F.C. bacteria/ml) promoted a greater emerge, height, dry weight aerial part and roots, and foliage area, in tomatoe plants 30 days after sow. The treatments SF/2, TF/2, STF/2 and ST30DTF/2 were superior to controls (FC and F/2) in terms of 15% additional in performance per plant (g), in total estimated performance (t/ha), and in number of fruits per plant; and in 5% additional, for average weigth of fruits (g). was not enough for obtaining similar performance to that obtained using chemical fertilization. The N total in leaves (mg/plant) was higher in the inoculated treatments, using half fertilization, followed by control treatments. There was a slightly increment in the rhyzobacterial population (5.62×10^7 U.F.C./g wet soil) on the soil were the assay was done.

Key words: Nitrogen asimbiotic fixers, *Lycopersicon esculentum*, Fertilization.

¹ Estudiante de Pregrado, Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira; ² Profesora titular. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira, A.A 237.

INTRODUCCION

Dada la participación del nitrógeno en el crecimiento y desarrollo de las plantas, los requerimientos de los cultivos por este elemento son altos, mientras que su contenido en los suelos tropicales no alcanza para cubrir estas necesidades, por lo cual, se han desarrollado estrategias tecnológicas para suplementar total o parcialmente este nutriente. La técnica más utilizada por el agricultor es la aplicación de fertilizantes químicos, lo cual incrementa los costos de producción ya que representa aproximadamente el 5% de los gastos directos, sumado a su elevado costo ambiental.

En el plano biológico una alternativa es el empleo de fijadores simbióticos como rizobios en asociación con leguminosas; existe también un potencial representado por las rizobacterias nitro fijadoras de vida libre. En algunos países, se han investigado las posibilidades de inocularlas en cultivos de importancia económica, entre ellos hortalizas, con incrementos en rendimiento.

El efecto benéfico de las bacterias de vida libre no sólo se debe a la cantidad de N_2 fijado, sino también a la presencia de vitaminas y sustancias reguladoras de crecimiento (auxinas, giberelinas y citocininas). *A. chroococcum* sintetiza tiamina, ácido nicotínico, ácido pantoténico, biotina, y otras vitaminas; mediante su acción conjunta, estas sustancias son capaces de estimular la germinación de las semillas y acelerar el crecimiento de las plantas, siempre que sea adecuada la concentración de microorganismos en el sistema radical. También estas bacterias sintetizan sustancias fungistáticas a *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*, *Colletotrichum sp.*, *Pythium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Helminthosporium sp.* y *Peronospora arborescens*. (Primavesi, 1984 ; Sharma y Chanal, 1987; Chakrabarti y Yadav, 1990; Shabaev et al, 1991; Novo, 1994).

Trabajos realizados en La India y Cuba, muestran el efecto benéfico de la inoculación de semillas con *A. chroococcum* sobre la producción de materia seca, área foliar, producción de proteínas en el follaje y grano, acumulación de nitrógeno total, altura de plantas, desarrollo de raíces, así como en la sanidad y la uniformidad vegetal de maíz, sorgo, morera, café, algodón, piña, cebolla, yuca, amapola, papa, tomate, cebada, avena y arroz, entre otros. Estos resultados se han atribuido a la activación de enzimas, supresión de microorganismos fitopatógenos y activación del equilibrio microbiano en el suelo y la rizósfera. Además, se ha demostrado que la inoculación de las semillas y la aplicación de biofertilizantes a base de *A. chroococcum* disminuye en 30, 50 y hasta en 100% los requerimientos de fertilizantes nitrogenados, logrando

rendimientos similares o superiores a los obtenidos con las dosis convencionales de ellos. (Hussain et al., 1987; Martínez et al., 1988; Chakrabarti y Yadav, 1990; Shabaev, Smolin y Strekozova, 1991; Salazar y González, 1994).

Al tratar hipocótilos y raíces de *Brassica campestris*, *Triticum turgidum*, *Lycopersicon esculentum* y *Helianthus annuus* con cultivos de *A. paspali*; se registró incremento significativo en peso de hojas, raíces y cambios en la morfología de las raíces a partir de 5 días después de la inoculación; a los 21 días, el efecto principal se concentró en el diámetro de raíces. (Abbass y Okon, 1993).

Se han aislado *Azospirillum sp.*, *A. chroococcum* y *Pseudomonas fluorescens*, que al inocular en semillas incrementó la tasa de germinación; con respecto a peso seco total, de la raíz y longitud de raíces, mostró mayor efectividad *A. chroococcum*. Las inoculaciones en semillero redujeron la incidencia y severidad de *Rhizoctonia solani*. (Gupta, Arora y Srivastava, 1995)

Para evaluar la posibilidad de reemplazar fertilización nitrogenada mediante inoculación con rizobacterias fijadoras de N_2 se llevó a cabo esta investigación con el fin de:

- ♦ Determinar el efecto de la inoculación de una rizobacteria nitro fijadora sobre algunos caracteres asociados al rendimiento del tomate *Lycopersicon esculentum* var. Santa Clara.
- ♦ Establecer la época más propicia de inoculación en el campo.
- ♦ Evaluar el efecto de la combinación de esta rizobacteria con niveles de fertilizante nitrogenado en el rendimiento del cultivo
- ♦ Estimar cambios en las poblaciones de rizobacterias nitro fijadoras en el campo donde se realizó el ensayo.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La investigación se adelantó en la Universidad Nacional- Sede Palmira, municipio ubicado en el Departamento del Valle del Cauca, a 1001 msnm, 76°16' de longitud oeste y 31°48' de latitud norte, temperatura promedio de 26°C, precipitación 1002 mm anuales, humedad relativa 75% y un brillo solar de 5.5 horas/día (Consuegra y Maya, citados por Madriñán y Ruiz, 1994).

La rizobacteria se aisló y se caracterizó en trabajos anteriores y se identificó en forma preliminar como *Azotobacter sp.* (Aguilar, Tofiño y Sánchez de P., 1995). Se optó por ella dado que fue la cepa nativa que presentó

mayor promoción de crecimiento en ensayos preliminares efectuados en tomate (Aguilar, Tofiño y Sánchez de P., 1996). Para efectos de este trabajo se envió al IMI (International Mycological Institute - Inglaterra) para identificación.

Ensayo preliminar

Con el fin de evaluar la concentración del inoculante, se efectuó un ensayo preliminar en casa de mallas así: cultivos puros de la bacteria, obtenidos en medio Ashby sólido, se sembraron en erlenmeyers que contenían 20 cm³ del mismo medio en estado líquido, se colocaron en agitación constante a 30 °C. Con las soluciones bacterianas obtenidas al cabo de las 48 horas, se efectuaron diluciones desde 10⁻⁵ hasta 10⁻⁹. Las semillas se imbibieron por espacio de una hora y se sembraron en cachaza-carbonilla en relación 3:1 (Bruzón, 1994). Las testigo se imbibieron en agua destilada estéril. Se utilizó un diseño completamente al azar con 8 repeticiones por tratamiento. A los 8 días se evaluó porcentaje de emergencia y a los 30 días altura de planta, peso seco parte aérea, peso seco de raíces y área foliar.

Las alícuotas de las diluciones 10⁻⁵ hasta 10⁻⁹ se sembraron en cajas de Petri con medio Ashby, con el fin de conocer las unidades formadoras de colonias bacterianas por mililitro que se estaban aplicando en cada dilución. Las lecturas se efectuaron a las 48 horas de siembra. La dilución con que se obtuvo la mayor respuesta en las variables evaluadas en este ensayo, se convirtió en la base para la producción del inoculante a aplicar en el campo.

Ensayo en el campo

El suelo donde se realizó el ensayo se ha caracterizado como PACHIC HAPLUSTOLL, con pH 6, altos contenidos de materia orgánica (4.3%), P asimilable (103 ppm), K y Ca (0.82 y 11.8 meq/100 g de suelo, respectivamente), CIC de 23.4 meq/100 g y adecuada disponibilidad de elementos menores, con excepción del B que es muy bajo. Presenta una textura pesada y en épocas secas se alcanza a apreciar la formación de grietas, característica de la presencia de arcillas 2:1.

Se empleó un diseño en bloques completos al azar con 12 tratamientos y 84 plantas/tratamiento. La unidad experimental consistió en una parcela de 10.5 m², que comprendía 3 surcos de 3.5 m de largo, con distancias de 1.0 m entre surcos y 0.50 m entre plantas. La parcela de muestreo fue el surco central, se eliminaba 1 planta por surco en la cabecera, para un total 5 plantas útiles evaluadas por bloque y 20 plantas/ tratamiento con un área de 2.5m².

Para cumplir con el objetivo propuesto, en la variedad de tomate Chonto Santa Clara se probaron los tratamientos:

TESTIGOS	DESCRIPTOR
♦ Fertilización completa	FC
♦ Fertilización media	F/2
UNA INOCULACION BACTERIANA A	
♦ Semilla	S
♦ Trasplante	T
♦ 30 días después de trasplante	T 30DT
DOS INOCULACIONES BACTERIANAS A	
♦ Semilla y 30 días después de trasplante	S 30DT
♦ Trasplante y 30 días después	T 30DT
INOCULACIONES BACTERIANAS MAS FERTILIZACION QUIMICA	
♦ Semilla, trasplante y 30 días después + fertilización media	ST 30DT F/2
♦ Semilla + fertilización media	S F/2
♦ Trasplante + fertilización media	T F/2
♦ Semilla, trasplante + fertilización media	ST F/2
♦ 30 días después de trasplante + fertilización media	30DT F/2

En los tratamientos que llevaban inoculación de semillas, éstas se imbibieron durante una hora en la dilución bacteriana seleccionada en el ensayo previo. Las semillas del testigo se imbibieron en agua destilada. Para las inoculaciones al trasplante y 30 días después se le aplicaron 20 ml/planta. Para los tratamientos con fertilización química, se realizaron tres aplicaciones de NPK (Triple 18): a los 8 días del trasplante; 15 días después y al momento de floración. En la fertilización media se aplicaron 15g/planta (300 kg/ha de NPK) y en la denominada completa, el doble de esta cantidad.

Para evaluar la germinación natural de la semilla utilizada y un posible efecto de la inoculación bacteriana, en cajas de Petri recubiertas con papel toalla, se depositaron semillas imbibidas por espacio de una hora, en agua destilada estéril (testigo) y en la dilución bacteriana seleccionada para el campo, 100 semillas/condición.

Los semilleros destinados al campo se hicieron en vasos plásticos con el sustrato usado en el ensayo preliminar, se sembraron 3 semillas/vaso y se raleó posteriormente. Las plántulas se mantuvieron en penumbra por espacio de 10 días y luego a plena exposición solar hasta los 45 días cuando se llevaron al

campo. En esta etapa se evaluó el número de plantas emergidas/vaso/tratamiento.

Dado que las plántulas en semillero presentaron deficiencias de fósforo y menores, se les aplicó ácido fosfórico (1 cm³/l) a razón de 30 ml/planta, tres veces a la semana³ hasta la desaparición de los síntomas, complementado con tres aplicaciones foliares de Micronutrex (1 cm³/l) durante la etapa de semillero. Los tratamientos testigo (fertilización completa y media) recibieron tres aplicaciones foliares con TOTTAL (2 cm³/l), de acuerdo con el manejo que se proporciona a este cultivo dentro del Programa de Mejoramiento de Hortalizas.

Al suelo donde se estableció el ensayo se le hizo análisis químico y se preparó mediante dos pases de rastrillo y uno con surcadora.

Se efectuó control biológico de mosca blanca y *Lyriomiza sp* con Bionim, producto de origen vegetal (5 cm³/l). Se hizo recolección manual de larvas de cogollero y 2 liberaciones semanales de *Trichogramma sp* a razón de 20 pulgadas², como complemento, para cogollero y el pasador del fruto, se aplicó semanalmente Mycobiol completo (200g/40 l de agua), producto biológico a base de conidias de hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisoplae*, *Verticillium lecani*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Entomophthora muscae* e *Hirsutella thompsonii*). Se realizaron labores de tutorado, amarres y deschuponadas; el sistema de poda utilizado fue a dos ramas. El riego se hizo por gravedad con una frecuencia de dos riegos/semana. La cosecha se realizó manualmente, dos pases/semana para un total de diez pases.

Las variables evaluadas en el experimento fueron: número de frutos por planta, peso promedio de frutos (g), rendimiento por planta (g/planta), rendimiento total estimado (t/ha), N total foliar (método de Mikrokjeldahl). Se efectuaron estimaciones de bacterias fijadoras de nitrógeno en el campo (U.F.C./g suelo húmedo) antes de siembra y en el último pase de cosecha, utilizando diluciones seriadas desde 10⁻³ hasta 10⁻⁹, en medio Ashby e incubación a 30°C; los conteos se hicieron 24 y 48 horas después de la siembra.

Se realizó análisis de varianza para cada variable, usando el paquete estadístico SAS y Duncan. Para confrontar efectos de los tratamientos se recurrió a comparaciones planeadas:

C1: S vs T vs 30DT: se compara cuál es la mejor época cuando se inocula una vez.

C2: S + T + 30DT vs S30DT + T30DT: Efecto de una inoculación contra dos inoculaciones.

C3: SF/2 vs TF/2 vs 30DTF/2: Compara una inoculación en diferente época con fertilización media.

C4: SF/2 + TF/2 vs FC + F/2: Efecto de época de inoculación y fertilización media versus fertilización media y completa (testigos)

C5: SF/2 vs F/2 : Efecto de la fertilización media cuando se hace una inoculación a la semilla, y efecto de una inoculación bacteriana contra fertilización completa.

RESULTADOS Y DISCUSION

Ensayo preliminar

Se obtuvieron emergencias del 100% en las semillas embebidas con las diluciones 10⁻⁵ a 10⁻⁸; del 87.5% en 10⁻⁹ y del 75% en testigos.

El análisis de varianza para altura de planta, peso seco parte aérea, peso seco de raíces y área foliar, mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos a un nivel de significancia de P≤0.01. En las diluciones 10⁻⁵ y 10⁻⁶ se obtuvieron los mayores valores -Figura 1-. En dichas variables, la dilución 10⁻⁵ de la rizobacteria superó al testigo (T) en 34, 85, 183 y 188%, respectivamente. Para esta dilución, el conteo de la rizobacteria arrojó una concentración de 2,31X10⁷ U.F.C./ml. Esta concentración se acerca a la utilizada por Martínez-Toledo et al., 1988, quienes aplicaron 1x 10⁸ U.F.C./ml de *A. chroococcum* en semillas de maíz y observaron que promovían el crecimiento de esta planta. Con base en ello, para el ensayo en el campo, se optó por diluir el inóculo de la rizobacteria a probar hasta 10⁻⁵.

Ensayo de campo

El 85% de las semillas embebidas en la solución bacteriana germinaron a los 4 días, mientras que el 72% de las testigo germinaron a los 5 días.

En el semillero, el 95% de las semillas inoculadas emergieron a los 6 días después de siembra (dds), sólo el 85% de las testigo emergió a los 7 días dds., este efecto ha sido explicado con base en la presencia de sustancias reguladoras de crecimiento y vitaminas cuya acción conjunta estimula la germinación de las semillas, cuando se aplica una concentración adecuada de rizobacterias fijadoras de nitrógeno.

Análisis de variables

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos a un nivel de significancia

³ Según recomendación del Profesor de Horticultura Serapio Bruzon, Universidad Nacional Palmira.

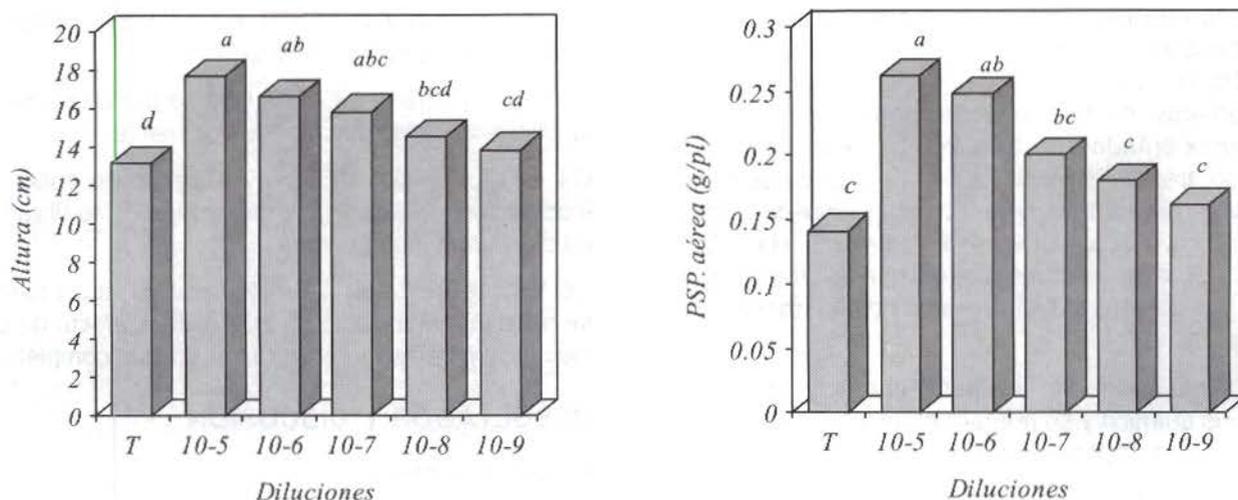


FIGURA 1. Altura (cm) y peso seco parte aérea (g/pl), de plantas de tomate inoculadas con diferentes concentraciones de la rizobacteria, 30 días después de siembra.

de $P = 0.01$ en número de frutos por planta, peso promedio de frutos (g), rendimiento por planta (g/planta) y rendimiento total estimado (t/ha).

Con relación al número de frutos por planta - Figura 2a -, la combinación de fertilización media con la inoculación bacteriana a semilla, trasplante (SF/2, TF/2), en ambas épocas (STF/2) y la triple inoculación (ST30DTF/2) superó a la fertilización media (F/2) y completa (FC) en 11%, aunque no se presentaron diferencias significativas entre estos tratamientos. Para los tratamientos con sólo inoculación bacteriana (S, T, 30DT) se obtuvo un promedio de 9 frutos/pl y de 17 frutos/planta para aquellos inoculados más fertilización media (TF/2, STF/2, ST30DTF/2, SF/2), lo cual representa un incremento promedio del 46% debido a la combinación de los factores inoculación y F/2. La sola inoculación bacteriana (S, T, 30DT) no reemplazó la fertilización completa o media (F/2 y FC). En este ensayo, la fertilización completa y media no difirió significativamente en el número de frutos promedio por planta.

En el peso promedio de frutos - Figura 2b - la inoculación a semilla más fertilización media (SF/2) con promedios de 117,4 g/fruto superó significativamente a la fertilización media y completa (111,7 g/fruto y 109,7 g/fruto, respectivamente) y a la inoculación bacteriana (104 g/fruto).

En cuanto al rendimiento promedio por planta (g), no hubo diferencias significativas entre fertilización media y completa y tratamientos que incluían F/2 e inoculaciones bacterianas, los valores más altos se concentraron en esta última situación, con excepción de las inoculaciones efectuadas 30 días después del trasplante que aparentemente resultan ser tardías - Figura 3a.

Las inoculaciones bacterianas a semilla, trasplante y su combinación fertilización media (TF/2, STF/2, ST30DTF/2, SF/2) con valores promedios en rendimiento de 1900 g/planta y 38 t/ha superaron en 15% a la fertilización media y fertilización completa (F/2 y FC) con valores promedios de 1600 g/planta y 32 t/ha; y en 51% a la inoculación bacteriana sola, independiente que se realizara a semilla, trasplante ó 30 días después (S, T, 30DT) que alcanzó 926 g/planta y 18 t/ha. - Figura 3b -.

Con respecto a las comparaciones planeadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Comparación 1: Efecto de época de inoculación

El análisis de varianza de rendimiento promedio por planta (g), número de frutos por planta, peso promedio de frutos (g) y rendimiento total estimado (t/ha) no se presentó diferencias significativas entre inocular a semilla, al trasplante ó 30 días después (Figura 4 a y b),

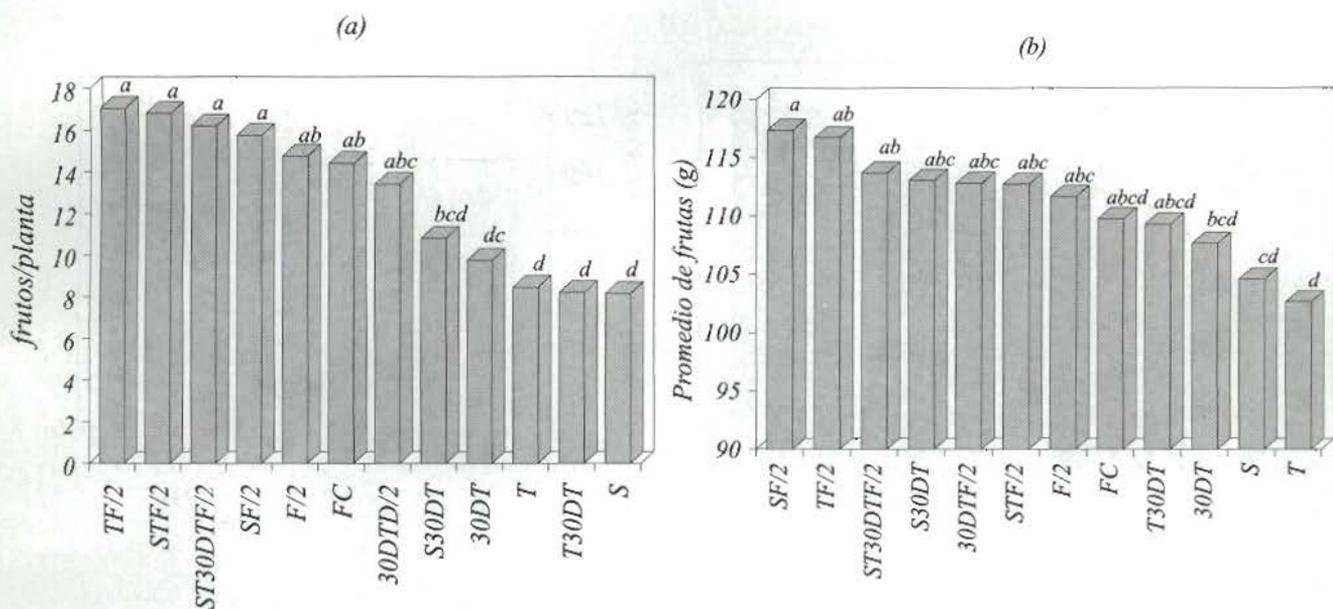


FIGURA 2. Efecto de la inoculación bacteriana y fertilización química en el número y peso promedio de frutos (g).

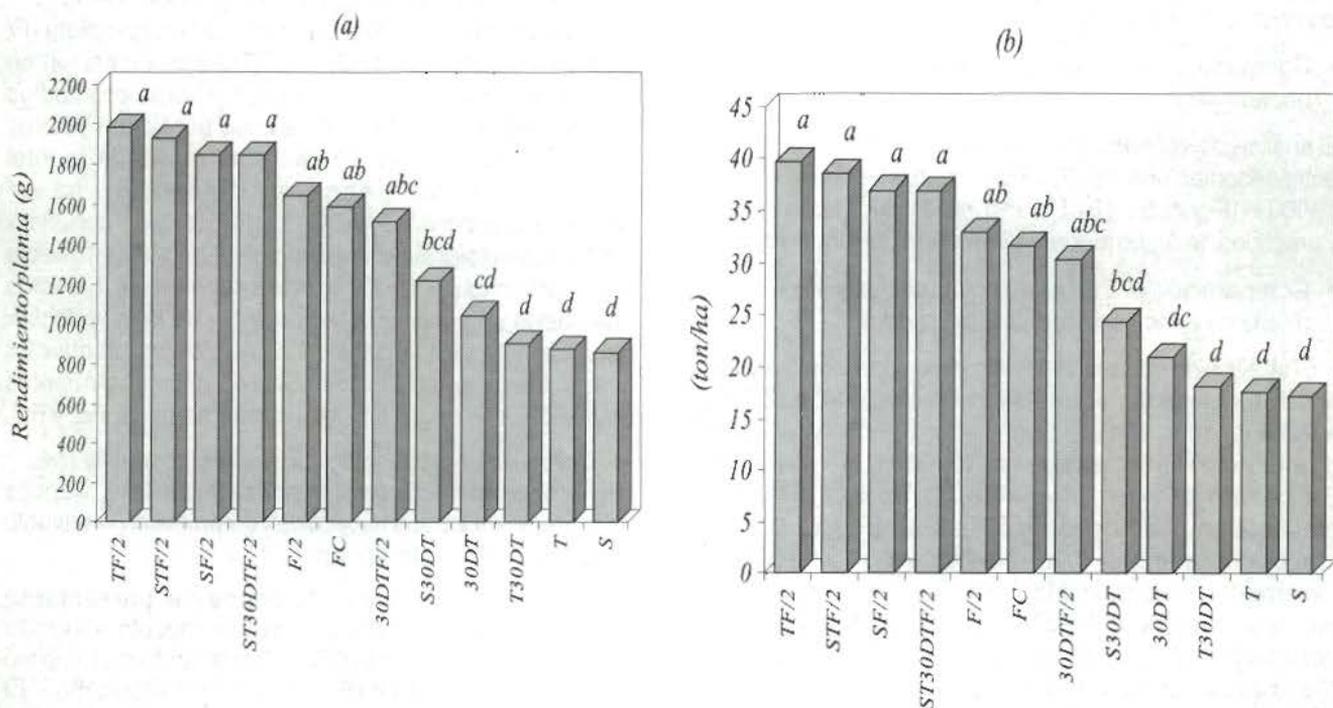


FIGURA 3. Efecto la inoculación bacteriana y fertilización química en el rendimiento por planta (g) y rendimiento total estimado (t/ha).

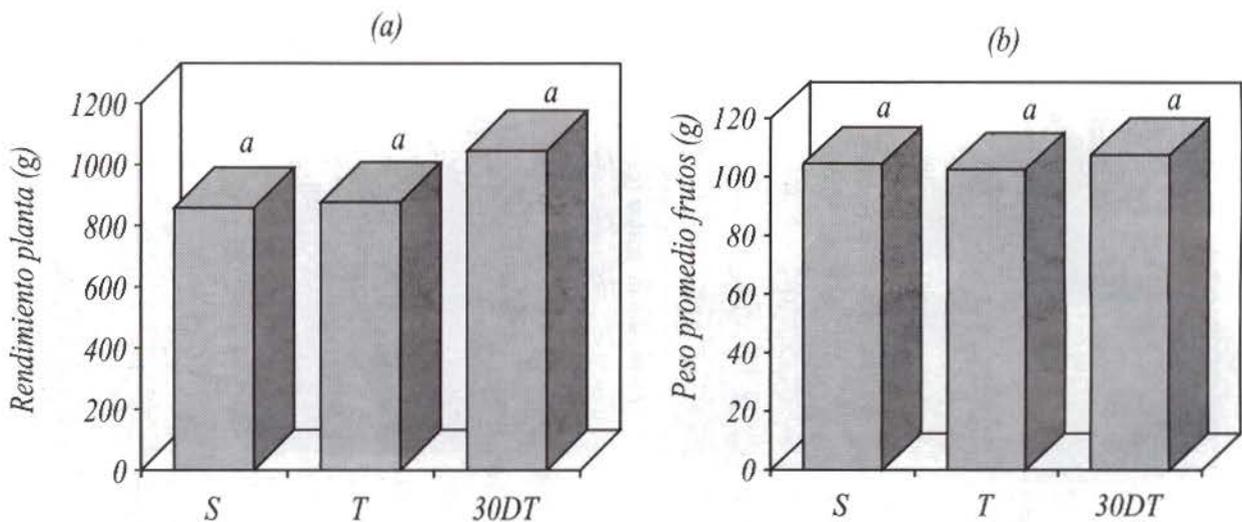


FIGURA 4 . Efecto de la época de inoculación sobre las variables rendimiento por planta (g) y peso promedio de frutos (g).

entonces, las inoculaciones tempranas a semilla o en el trasplante serían recomendables puesto que son prácticas, sencillas y económicas pues disminuye la cantidad del inoculante, la mano de obra, y por ende los costos de aplicación.

- ♦ Comparación 2: Efecto de número de inoculaciones bacterianas

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre inocular una (S, T, 30DT) o dos veces (S30DT, T30DT) - (Figura 5 a y b). Por ello, en términos económicos y prácticos, lo recomendable sería una sola inoculación.

- ♦ Comparación 3: Efecto de una inoculación en diferente época con fertilización media.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre inocular a semilla más fertilización media (SF/2), trasplante más fertilización media (TF/2), y 30 días después más fertilización media (30DTF/2) - (Figura 6a). En cuanto al peso promedio de frutos (g) no se presentaron diferencias significativas (Figura 6b). El inocular la semilla o al momento del trasplante incrementa en aproximadamente 20% los rendimientos promedio por planta (1900 g/planta), número de frutos por planta (17 frutos) y el rendimiento total estimado (38 t/ha), en comparación a inocular 30 días después del trasplante más fertilización media, que parece ser una inoculación tardía.

- ♦ Comparación 4: Efecto de época de inoculación y

fertilización media versus fertilización media y completa

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre inocular la semilla más fertilización media (SF/2), al momento del trasplante más fertilización media (TF/2) versus fertilización media y fertilización completa (F/2 y FC) - Figura 7 a y b - SF/2 y TF/2 incrementaron en 15% el rendimiento por planta con valores promedios de 1900 g/planta, 7% en el peso de frutos con valores promedio de 116,7 g y 15% en el rendimiento total estimado con valores promedio de 38 t/ha en comparación con F/2 y FC. La fertilización completa (FC) no difirió significativamente de la fertilización media (F/2) para ninguna de las variables evaluadas. En estos resultados se aprecia la importancia de la inoculación que potencia el uso del fertilizante por las plantas. En cuanto al número de frutos por planta los tratamientos SF/2 y TF/2 no difirieron significativamente de F/2 y FC.

- ♦ Comparación 5: Efecto de inocular a semilla más fertilización media versus fertilización media, y época de inoculación versus fertilización completa en la variable peso promedio de frutos (g)

En el peso promedio de frutos se presentaron diferencias significativas cuando se inocular a semilla más fertilización media (SF/2), tratamiento que superó a la fertilización media (F/2) en un 7% - Figura 8a -. El peso promedio de frutos (g) en los tratamientos donde

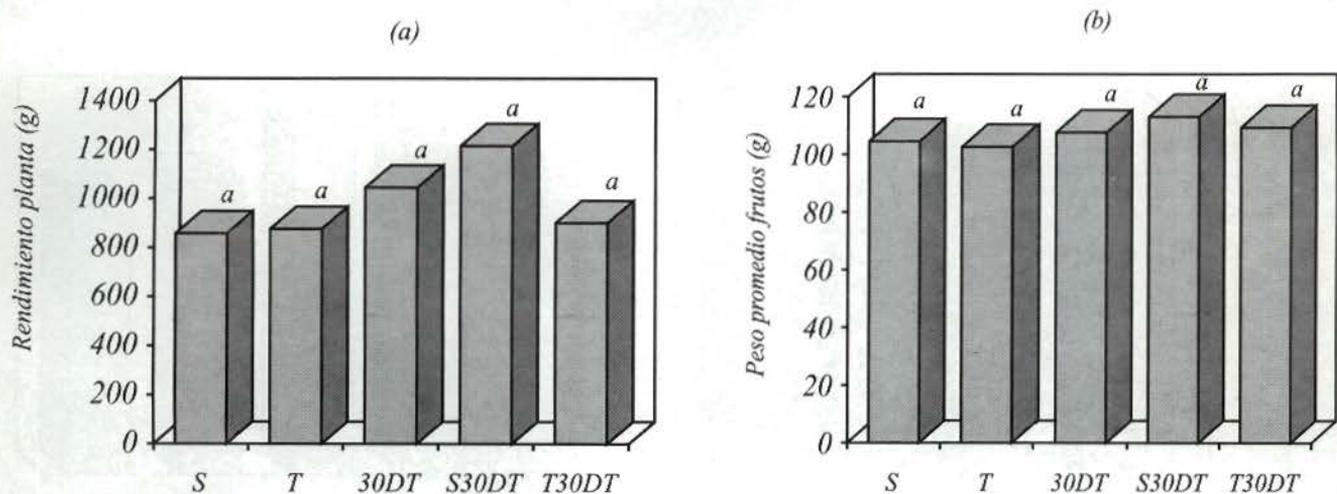


FIGURA 5 . Efecto de número de inoculaciones sobre las variables rendimiento por planta (g) y peso promedio de frutos (g).

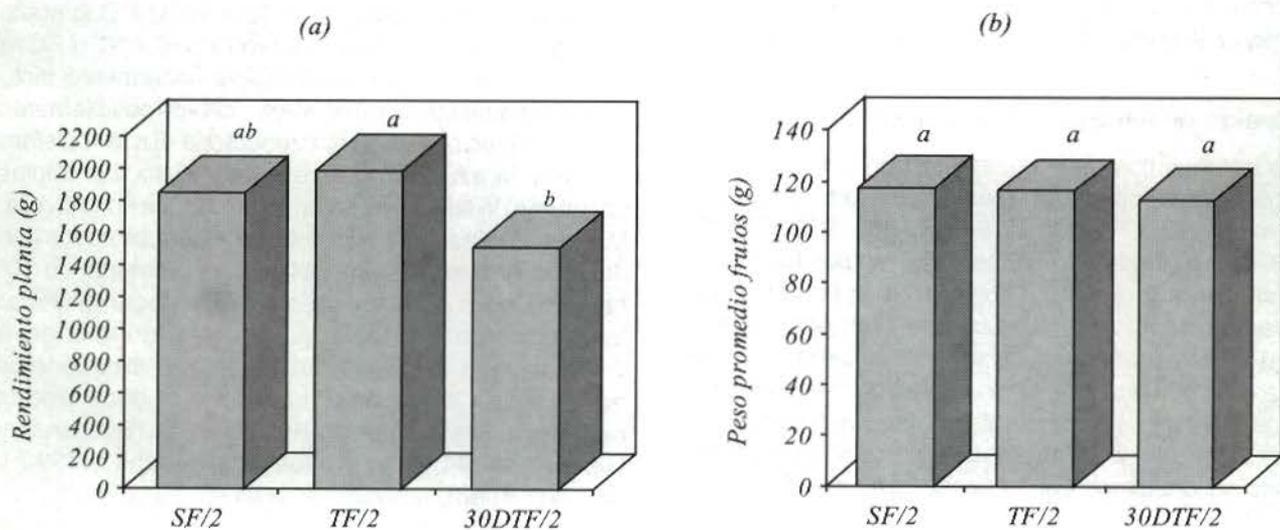


FIGURA 6 . Efecto de la época de inoculación y fertilización media sobre el rendimiento por planta (g) y peso promedio de frutos (g)

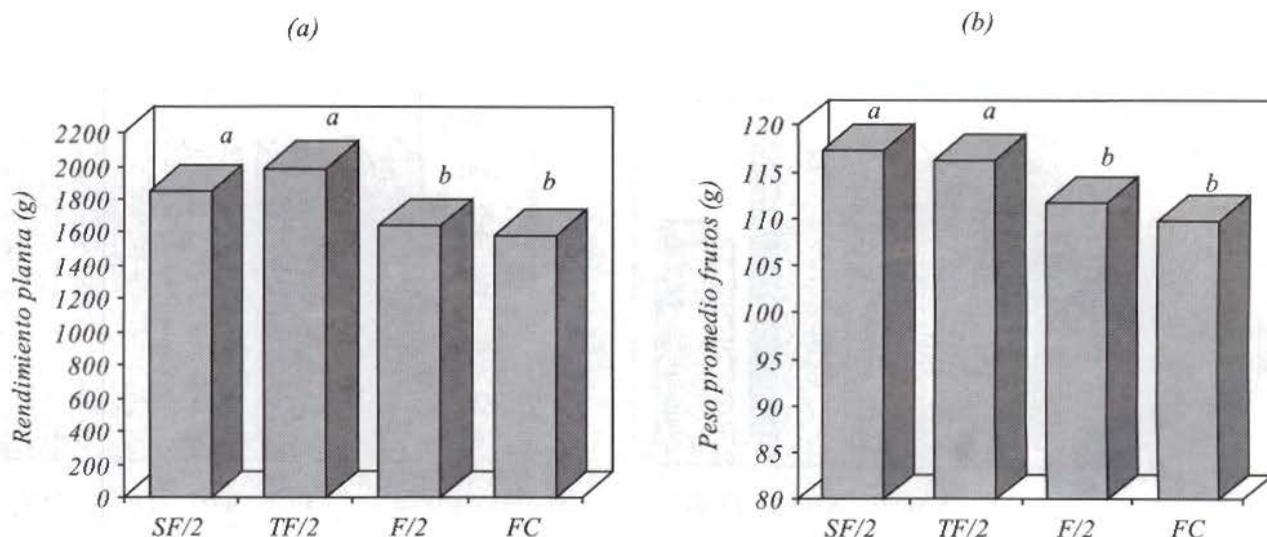


FIGURA 7. Efecto de época de inoculación más fertilización media versus fertilización media y fertilización completa sobre el rendimiento por planta (g) y peso promedio de frutos (g)

se hizo una inoculación bacteriana ya sea a semilla, al momento del trasplante, ó 30 días después sin fertilización media (S, T, 30DT) no difirió significativamente de la fertilización completa (FC) - Figura 8b-. Nuevamente se pone de presente que la opción más exitosa en este ensayo, es la combinación de la inoculación bacteriana y F/2.

Contenido de nitrógeno total (mg/planta)

Los tratamientos que presentaron un contenido de nitrógeno total (mg/planta) más alto fueron: SF/2 con 39,0 mg/planta, TF/2 con 38,6 mg/planta, ST30DTF/2 con 37,2 mg/planta y STF/2 con 34,3mg/planta. F/2 y FC estuvieron por debajo con 30,6 mg/planta y 29,9 mg/planta, respectivamente - Cuadro 1-. Los tratamientos con una o varias inoculaciones bacterianas sin fertilización química mostraron contenidos similares de nitrógeno total en hojas. Es de anotar que se observó mayor desarrollo y uniformidad vegetal en las plantas cuando se inocularon con la rizobacteria más F/2.

Conteo de poblaciones bacterianas fijadoras de N₂ en el lote de siembra e identificación de rizobacteria estudiada

Las poblaciones bacterianas fijadoras de N₂ en el lote antes de siembra eran de 1.19×10^7 U.F.C./g suelo húmedo y al final del ensayo llegaron a 5.62×10^7 U.F.C./g suelo húmedo, lo cual señaló un ligero incremento tanto espacial como temporal en el lote, debido posiblemente a las inoculaciones con la rizobacteria. En la rizosfera de caña de azúcar se han estimado 5.3×10^4 células por gramo de suelo y en ensayos realizados en Tailandia, Malaya, Filipinas y Taiwan sobre suelos sembrados con arroz se han registrado poblaciones promedio de 10^5 hasta 10^6 células/g suelo seco. El IMI no logró identificar la rizobacteria estudiada, aunque mencionan a *Ochrobactrum* y *Phylobacterium* como posibles géneros que pueden estar relacionados con ella, ambos pertenecientes a la familia Rhizobiaceae (Buchanan y Gibbons, 1994; Aguilar, Tofiño y Sánchez, 1996 y Cardona, 1996).

CUADRO 1. Porcentaje de nitrógeno (%) y nitrógeno total (mg/planta) en hojas de tomate

Tratamiento	S	T	30DT	FC	ST30DTF/2	STF/2	S30DT	SF/2	T30DT	TF/2	30DTF/2	F/2
% N	2.9	3.5	3.5	3.6	3.5	3.2	3.3	3.4	2.8	3.6	3.0	3.4
mg N/pl	25.7	30.6	32.7	29.9	37.2	34.3	29.2	39.0	29.4	38.6	29.4	30.6

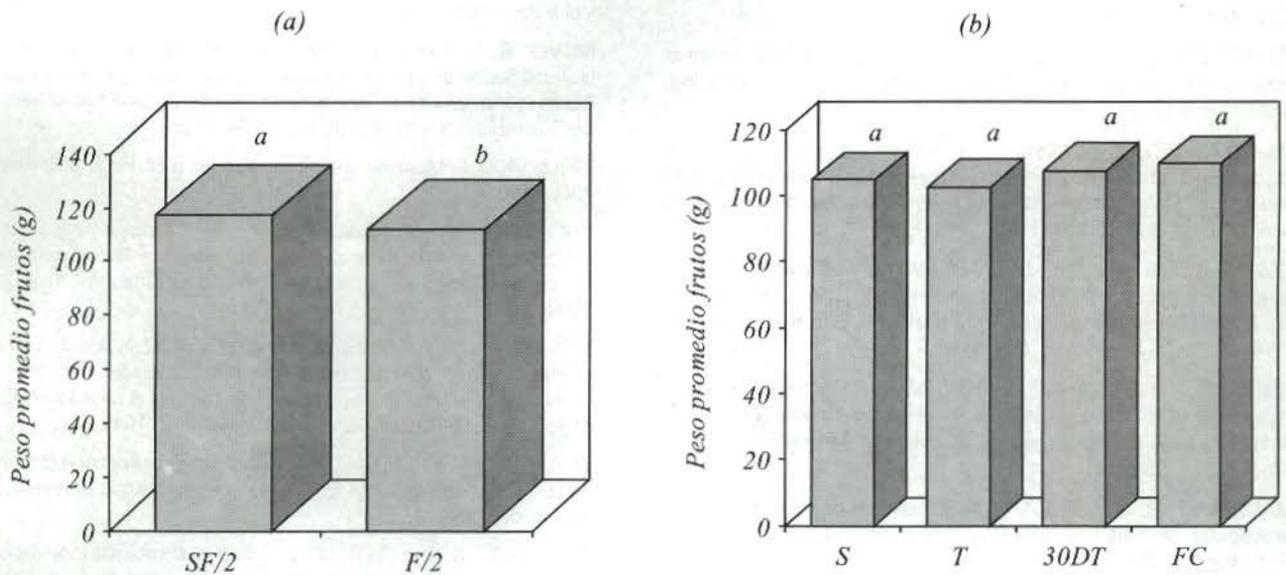


FIGURA 8. Efecto de inocular a semilla más fertilización media y época de inoculación versus fertilización completa en la variable peso promedio de frutos (g).

En síntesis, este ensayo permitió establecer que 2.31×10^7 unidades formadoras de colonias de la rizobacteria/ml es una concentración adecuada para el campo y que se logra, al sembrarla en medio Ashby líquido, agitado continuamente a una temperatura de 30°C por espacio de 48 horas y posteriormente diluido hasta 10^5 . Se corroboró que la imbibición de las semillas en dicha solución bacteriana estimula su tasa de germinación y emergencia.

En el ensayo de campo, las variables número de frutos por planta, peso promedio de frutos (g), rendimiento por planta (g/planta) y rendimiento total estimado (t/ha) indicaron que la inoculación de la rizobacteria por una sola vez (aplicada a la semilla o al transplante) combinada con fertilización media superó significativamente los resultados que se obtuvieron con fertilización completa, lo cual significa un ahorro del 50%

del fertilizante utilizado (triple 18); igualmente la inoculación bacteriana individual no fue suficiente para compensar los requerimientos del cultivo. Estos resultados coinciden con investigaciones de Hussain et al, 1987; Wange y Patil, 1994. Martínez et al, 1988, han encontrado que la aplicación de dosis bajas de fertilizante (40 kg N ha^{-1}) nitrogenado combinada con la inoculación a semilla con rizobacterias nitrificadoras, incrementan la producción de grano de maíz en 10% con relación al control (80 kg N ha^{-1}). Shabaev et al (1991) mencionan que la biofertilización del suelo con estas rizobacterias nitrificadoras aumentan la producción de los cultivos, el N en el suelo y además se presenta un balance positivo de ^{14}N en el sistema planta-suelo por incrementos en la actividad de la nitrogenasa, debido a mayor masa microbiana benéfica en el suelo.

BIBLIOGRAFIA

ABASS, Z.; OKON, Y. Physiological properties of *Azotobacter paspali* in culture and rhizosphere. En: Soil Biol and Biochemistry, Exeter. Pergamon Press. Aug. Vol 25(8):1061-1073. 1993.

AGUILAR S., J. E.; TOFIÑO, R. y SANCHEZ de P., M. Caracterización de dos cepas de *Azotobacter* spp y evaluación de su efectividad en semillas de tomate. En: ASCOLFI INFORMA. Vol 22(2):30-34. 1995.

AGUILAR S., J. E.; TOFIÑO, R. y SANCHEZ de P., M. Aislamiento, purificación e inoculación de dos cepas de *Azotobacter* sp. en semillas de tomate *Lycopersicon esculentum* Línea promisoría UNal Palmira. En: Boletín Técnico. Vol 7:28-45. 1996.

BUCHANAN, R.E.; GIBBONS, N.E. Bergey's Manual of determinative bacteriology. 9 th de. Baltimore: Williams and Wilkins Company. p. 135-136. 1994.

BRUZON C., S. Perfeccionamiento del sustrato en el modelo V.S.P. para la producción de plántulas de tomate - *Lycopersicon esculentum* Mill. Tesis M.Sc. Palmira : Universidad Nacional de Colombia, 129 p. 1994.

CARDONAM, S. Efecto de bacterias fijadoras de N, sobre el crecimiento temprano del pimentón *Capsicum annum*. Tesis Ing. Agr. Palmira. U. Nacional de Colombia. 111p. 1996.

CHAKRABARTI, D. y YADAV, A. Effect of *Azotobacter* species of incidence of downy mildew *Peronospora arborescens* and growth and yield of Opium poppy *Papaver somniferum*. En: Indian J Agric Scie. Vol. 61 (4):287-288. 1990.

GUPTA, S.; ARORA, D. K.; SRIVASTAVA, A. K. Growth promotion of tomato plants of rhizobacteria and imposition of energy stress on *Rhizoctonia solani*. En: Soil Biol and Biochemistry, Vol 27(8):1051-1053. 1995.

HUSSAIN, A. M.; ARSHAD, M; HUSSAIN, A. and HUSSAIN, F. Response of maize *Zea maiz* to *Azotobacter* inoculation under fertilized and unfertilized conditions. Biology and fertility of soils. Vol.4:73- 77. 1987.

MADRIÑAN, S. M. y RUIZ, V. A. Efecto de micorriza vesículo arbuscular *Glomus* sp. Sobre pimentón en etapa de semillero. Tesis Ing Agr. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. p. 12. 1994.

MARTINEZ, T.; GONZALEZ L., M.; DE LA RUBIA, J.; MORENO, J. and RAMOS C., A. Grain yield response of *Zea maiz* (HIB. Ae 703) to *Azotobacter chroococcum* H23. Biology and Fertility of Soils. Vol 6:352- 353. 1988.

NOVO, R. Los microorganismos edáficos y su manejo en la biofertilización de los cultivos agrícolas en Cuba. En: Memorias del Curso teórico práctico sobre biología del suelo. Universidad Nacional de Colombia Palmira, memorias. 1994. 19 p.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico del suelo. 5 ed. Bogotá. El Ateneo. 495p. 1984.

SALAZAR, O. y GONZALEZ, F. Influencia de la aplicación de *Azotobacter* en la producción de dos variedades de cebolla en época temprana. Rev. Cultivos tropicales Cuba. Vol 15 (3). sp. 1994.

SHABAEV, V. P.; SMOLIN, V. Y., and STREKOZOVA, V.I. The effect of *Azospirillum brasilense* sp7 and *Azotobacter chroococcum* on nitrogen balance in soil under cropping oats *Avena sativa* L. En: Biology and Fertility of Soils. Vol 10: 290-292. 1991.

SHARMA, P.K. Y CHANAL, V.P.S. Antagonist effect of *Azotobacter* on some pathogenic fungi. En: Jo Rese Punjab Agric University. Vol 24 (4): 638- 640. 1987.

WANGE S., S. and PATIL, P. L. Effect of combined inoculation of *Azotobacter*, *Azospirillum* with chemical nitrogen on *Basarai banana*. En: India Madras Agric J. Vol 81 (3) : 162 - 163. 1994.