

T1. unicultivo tomate (150 kg N.ha⁻¹) T3. Asoc.(*A. brasilense*-*G.clarum*)+90 kg N.ha⁻¹ T4. Asoc.(*A. brasilense*-*G.clarum*)+90 kg N.ha⁻¹+ Biostan(IF) T5. Asoc.(*A. brasilense*-*G.clarum*)+90 kg N.ha⁻¹+ Biobras-16(IF) T6. Asoc maíz-tomate+90 kg N.ha⁻¹+ Biostan(IF) T7. Asoc maíz-tomate +90 kg N.ha⁻¹+ Biobras-16(IF) T8. Asoc maíz-tomate +150 kg N.ha⁻¹

Figura 13. Influencia de la combinación microorganismos benéficos - productos bioactivos en el contenido de NPK foliar. (Zona sombreada es el intervalo de confianza).

Se obtuvo un porcentaje de incremento con respecto a este tratamiento, entre 0.34-0.47% en el contenido de nitrógeno, de 0.12% en el contenido de fósforo y 0.58% en el contenido de potasio, manifestándose de esta forma, la contribución de la combinación de los microorganismos y los productos bioactivos a la absorción de nutrientes por las plantas.

Al hacer un análisis del comportamiento de los productos bioactivos utilizados en este período de siembra, pudo observarse un efecto similar de la aplicación tanto del Biostan como del Biobras-16, obteniéndose valores similares en cuanto a los contenidos foliares de NPK. Este resultado tiene gran importancia práctica ya que a pesar de que cada producto manifiesta mecanismos de acción diferentes, puede contarse con dos alternativas eficientes que potencian la nutrición de las plantas.

4.3.1.3. Evaluación general de la respuesta del cultivo en la absorción de nutrientes en ambos períodos de siembra.

En el período óptimo, los diferentes momentos de aplicación del Biostan ó el Biobras-16, no difirieron en cuanto a su influencia en la absorción de nutrientes por las plantas, resultado que fue similar en el período temprano al aplicar estos productos sólo al inicio de la floración, lo que evidencia que la aplicación exógena de estos productos en cualesquiera de los dos estadios fisiológicos de las plantas (inicio de la floración y floración - fructificación), resulta adecuado para un correcto estado nutricional del cultivo, puesto que los dos productos contribuyeron positivamente a la absorción de los nutrientes.

En el período óptimo, existió un mayor incremento en cuanto al contenido de nitrógeno al ser aplicado el Biostan como producto bioactivo, el cual al ser un derivado del vermicompost, aporta pequeñas cantidades de nutrientes esenciales para las plantas, pero al parecer, el mayor aporte está en la contribución aminoacídica de este producto, factor que pudiera influir en el balance del nitrógeno en este cultivo, ya que contiene el ácido aspártico el cual es uno de los tres principales aminoácidos relacionados con la formación de otros mediante transaminación, influyendo en la síntesis de proteínas necesarias para la producción de biomasa en la planta (Benítez *et al.*, 1999b).

El mecanismo de acción de los análogos de brasinoesteroides, está relacionado con su fuerte actividad biológica, donde al estos ser considerados como reguladores del crecimiento de las plantas, provoca un desarrollo acelerado del vegetal y cuyo efecto se ve reflejado en una mayor asimilación de los nutrientes por las plantas (Khrupach *et al.*, 2001). Si a estos criterios se le suma la influencia de *Azospirillum* sp en la absorción de nutrientes, explicándose la acumulación de compuestos nitrogenados sin existir una aparente fijación biológica del nitrógeno, así como, la importancia que se le atribuyen a las micorrizas arbusculares en la

absorción de nutrientes, y que los efectos de ambos se potencian cuando actúan de forma combinada, entonces existirá una contribución mayor a la absorción de nutrientes por las plantas.

Sin embargo, la utilización combinada de estos productos para mejorar la calidad nutricional de los cultivos como alternativas a la fertilización mineral, no ha sido ampliamente abordado a nivel internacional. En Cuba, se cuenta con trabajos realizados en el cultivo del maíz inoculado con HMA y Biobras-16, lográndose efectos positivos en la nutrición del cultivo (Medina *et al.*, 1999). Para el producto Biostan, constituyen estos los primeros resultados sobre su compatibilidad con microorganismos benéficos en el cultivo del tomate, donde se demuestra, que la acción combinada de microorganismos benéficos y productos bioactivos, constituye una alternativa para mejorar la calidad nutricional en el cultivo del tomate, tanto en período temprano como en el óptimo.

4.3.2. Influencia en el rendimiento agrícola y sus componentes.

4.3.2.1. Resultados obtenidos en el período óptimo.

Al analizar el rendimiento agrícola y algunos de sus componentes en el experimento donde se utilizó el Biostan como producto bioactivo (Tabla 18), se apreciaron diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) entre todos los tratamientos, alcanzándose los mayores valores donde se asperjó el producto al inicio de la floración (T3), en floración - fructificación (T4) y donde se realizaron dos aplicaciones, una al inicio de la floración y la otra en floración - fructificación (T5), todos de conjunto con el suplemento de 90 kg. N.ha⁻¹, con una producción de 35 t.ha⁻¹. Estos tratamientos superaron al testigo de producción (T8) en un 17% en el año 1999 y en un 14% en el año 2000 y resultaron superiores en un 17% (1999) y 14%

(2000) al tratamiento

donde las plantas solamente fueron coinoculadas (T2), demostrándose de esta manera la relación beneficiosa que se establece entre los microorganismos y las sustancias húmicas aplicadas, donde se crea al parecer una acción compatible entre ambos

También, puede apreciarse que la aplicación de Biostan más el suplemento de 90 kg N.ha⁻¹ (T6, T7, T8), no provocó diferencias estadísticas significativas con el testigo de producción, lo que evidencia que la aplicación foliar de este producto, es capaz de suplir la diferencia del aporte nutricional del testigo de producción; a la vez que mostró menor eficiencia que el aporte de la coinoculación (T2). Este resultado pudiera estar relacionado con una mayor fijación de CO₂ lo que permite que exista una mayor eficiencia en el proceso de fotosíntesis, produciendo fotosintatos que mejorarían la conversión metabólica en otras estructuras como aminoácidos y proteínas y así en el balance general del carbono en la planta, según lo señalado por Huelva (2002).

Tabla 18. Influencia del Biostan y la coinoculación en el rendimiento agrícola y algunos de sus componentes.

Tratamientos	Flores/planta (No.)		Frutos/planta (No.)		Fructificación (%)	
	1999	2000	1999	2000	1999	2000
1. Testigo Absoluto (0 fertilizante mineral y no inoculación)	4.92 d	4.86 d	3.78 d	3.87 d	76	79
2. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹	12.55 c	13.57 c	10.74 c	11.53 c	85	85
3. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹ + Biostan (IF)	19.61 a	19.53 a	18.16 a	17.72 a	92	91
4. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹ + Biostan (IF) + Biostan (FI-Fr)	19.59 a	19.50 a	17.78 a	17.69 a	90	91
5. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹ + Biostan (FI-Fr)	19.57 a	19.50 a	17.74 a	17.46 a	91	89
6. Biostan (IF) + 90 kg. N.ha ⁻¹	16.84 b	16.47 b	14.47 b	14.45 b	86	88
7. Biostan (FI-Fr) + 90 kg. N.ha ⁻¹	17.36 b	16.53 b	14.35 b	14.46 b	82	87
8. Biostan (IF) y (FI-Fr) + 90 kg. N.ha ⁻¹	16.76 b	16.57 b	14.40 b	14.44 b	86	87
9. T. de producción (150 kg. N.ha ⁻¹)	16.80 b	16.59 b	14.59 b	14.70 b	87	89
ES \bar{x}	0.42***	0.43***	0.40***	0.19***	---	---

Medias con letras comunes no difieren significativamente, según Duncan para $p < 0.001$

Tratamientos	Masa Promedio/fruto (g)		Rendimiento (t.ha ⁻¹)	
	1999	2000	1999	2000
1. Testigo absoluto	65.52 e	66.39 e	5.60 e	5.28 d
2. <i>G. clarum</i> + <i>A. brasilense</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹	92.50 a	91.74 a	31.89 b	32.64 b
3. <i>G. clarum</i> + <i>A. brasilense</i> + 90 kg. + N.ha ⁻¹ + Biostan (IF)	87.68 d	88.39 d	35.79 a	36.70 a
4. <i>G. clarum</i> + <i>A. brasilense</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹ + Biostan (FI-Fr)	88.37 d	88.42 d	36.83 a	36.55 a
5. <i>G. clarum</i> + <i>A. brasilense</i> + 90 kg. + N.ha ⁻¹ + Biostan (IF) + (FI-Fr)	87.76 d	87.54 d	35.79 a	35.72 a
6. Biostan (IF) + 90 kg. N.ha ⁻¹	90.44 bc	90.54 bc	30.43 cd	30.21 c
7. Biostan (FI-Fr) + 90 kg. N.ha ⁻¹	89.70 c	89.79 c	29.81 d	30.12 c
8. Biostan (IF) y (FI-Fr) + 90 kg. N.ha ⁻¹	90.51 bc	90.55 bc	30.36 cd	30.18 c
9. T. de producción (150 kg. N.ha ⁻¹)	91.44 ab	91.40 bc	31.56 bc	31.44 bc
ES \bar{x}	0.39***	0.36***	0.41***	1.18***

Medias con letras comunes no difieren significativamente, según Duncan para $p < 0.001$

En la **Tabla 19**, se refleja el efecto provocado por la aplicación del análogo de brasinoesteroide Biobras-16 en diferentes momentos de desarrollo de las plantas, y su combinación con la coinoculación *A. brasilense* + *G. clarum* (T3, T4, T5), en el período óptimo del cultivo.

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) entre los tratamientos en estudio para cada una de las variables evaluadas; los valores superiores se obtuvieron con la

combinación de los productos, los cuales no difirieron estadísticamente entre ellos, para cada uno de los componentes incluyendo el rendimiento agrícola (33.0 t.ha^{-1}), lográndose con esta efectiva combinación un incremento con respecto al testigo de producción del 21% en el año 1999 y del 17% en el 2000 y un incremento entre un 10-13% con respecto a las plantas que sólo fueron coinoculadas (T2). Igualmente, no existieron diferencias entre los momentos de realizar las aplicaciones del Biobras-16 (T3, T4 y T5).

Tabla 19. Influencia del Biobras-16 y la coinoculación en el rendimiento agrícola y algunos de sus componentes.

Tratamientos	Flores/planta (No.)		Frutos/planta (No)		Fructificación (%)	
	1999	2000	1999	2000	1999	2000
1. Testigo absoluto (sin fertilizar)	4.38 c	4.46 c	2.82 c	2.80 b	64	63
2. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹	15.42 b	15.36 b	13.40 b	13.54 a	87	88
3. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹ +Biobras-16 (IF)	17.45 a	17.40 a	15.78 a	14.77 a	90	85
4. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹ +Biobras-16 (IF y FI-Fr)	17.43 a	17.44 a	15.48 a	14.73 a	89	84
5. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹ +Biobras-16 (FI-Fr)	17.47 a	17.48 a	15.47 a	14.63 a	88	84
6. Biobras-16 (IF) + 90 kg. N.ha ⁻¹	14.70 b	15.29 b	12.67 b	12.62 a	86	82
7. Biobras-16 (FI-Fr) + 90 kg. N.ha ⁻¹	14.50 b	14.79 b	12.36 b	12.81 a	85	87
8. Biobras-16 (IF) y (FI-Fr) + 90 kg. N	15.25 b	14.74 b	12.64 b	12.81 a	83	87
9. T. de Producción (150 kg N.ha ⁻¹)	14.39 b	15.38 b	12.62 b	13.36 a	88	87
ES \bar{x}	0.36***	0.37***	0.42***	0.82***	----	----

Medias con letras comunes no difieren significativamente, según Duncan para $p < 0.001$

Tratamientos	Masa Promedio/fruto (g)		Rendimiento (t.ha ⁻¹)	
	1999	2000	1999	2000
1. Testigo absoluto (sin fertilizar)	66.51 e	66.45 e	4.35 d	5.47 d
2. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kgN.ha ⁻¹	93.81 a	93.72 a	30.17 b	29.47 b
3. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kgN.ha ⁻¹ +Biobras-16 (IF)	89.57 d	90.40 cd	33.45 a	33.36 a
4. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg N.ha ⁻¹ +Biobras-16 (IF y FI-Fr)	90.47 cd	90.48 cd	32.81 a	33.27 a
5. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90kg N.ha ⁻¹ +Biobras-16 (FI-Fr)	89.79 d	89.68 d	32.63 a	32.58 a
6. Biobras-16 (IF) + 90 kg. N.ha ⁻¹	91.50 bc	92.62 ab	27.41 c	27.16 c
7. Biobras-16 (FI-Fr)+ 90 kg. N.ha ⁻¹	92.60 ab	91.60 bc	26.65 c	27.62 c
8. Biobras-16 (IF) y (FI-Fr)+ 90 kg. N.ha ⁻¹	92.41 b	91.88 b	27.44 c	27.59 c
9. T. de producción. (150 kg N.ha ⁻¹)	92.48 b	91.63 bc	27.42 c	28.31 bc
ES \bar{x}	0.41***	0.43***	0.38***	0.50***

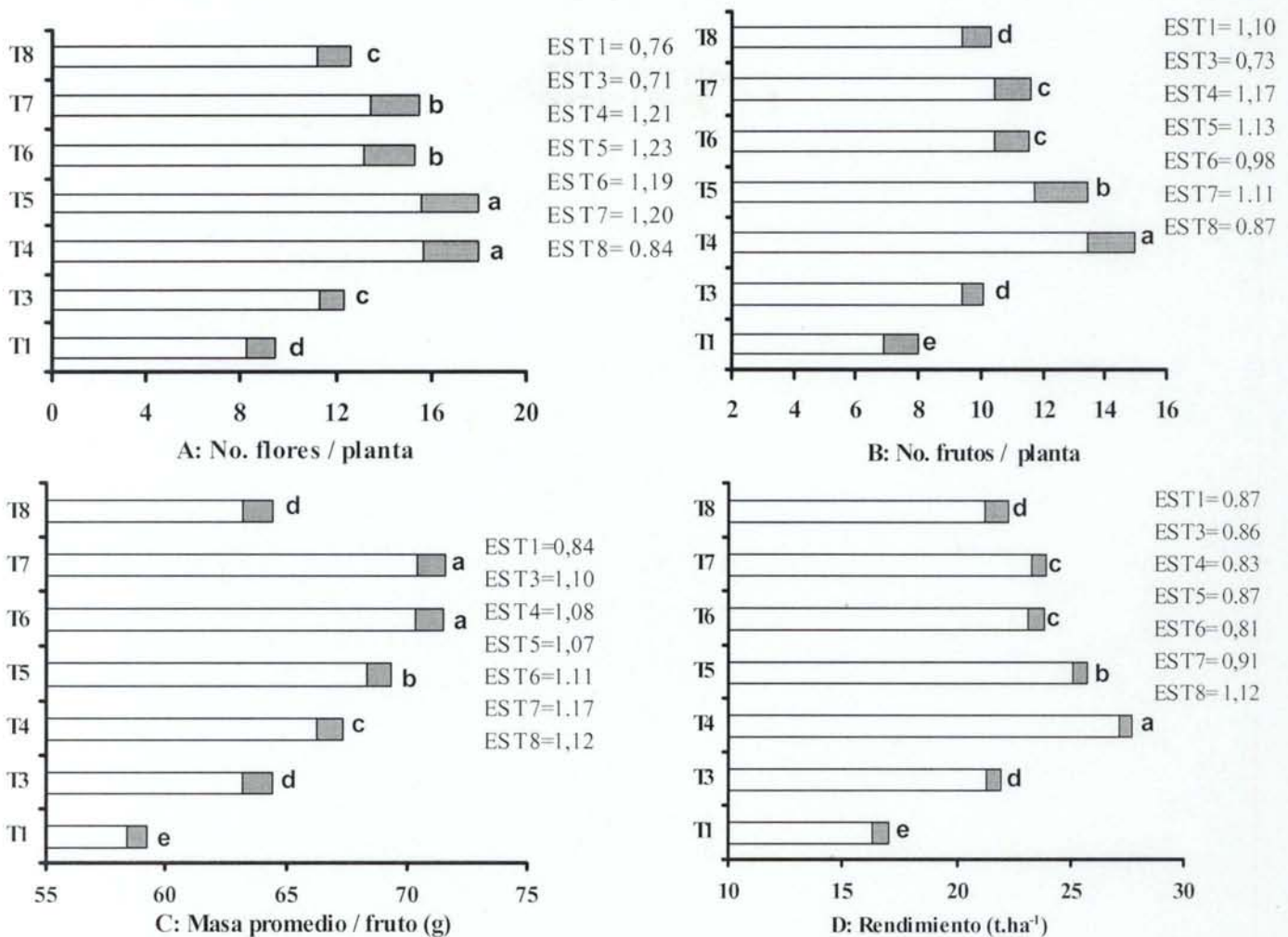
Medias con letras comunes no difieren significativamente, según Duncan para $p < 0.001$

El similar comportamiento entre los tres tratamientos que recibieron la aspersión foliar de Biobras-16 en diferentes etapas del cultivo, sugiere que con sólo la aplicación de este producto bioactivo al inicio de la floración del cultivo (T3) es suficiente, ya que se logran resultados similares a cuando se realizaron dos aplicaciones una al inicio de la floración y la otra en plena floración - fructificación (T4) ó cuando sólo se realizó la aspersión en la etapa de floración - fructificación (T5), evidenciándose de esta manera, el efecto bioregulator del análogo de brasinoesteroide, para estimular la etapa de floración- fructificación y por ende el rendimiento por unidad de superficie en el cultivo del tomate.

El resultado de la utilización de ambos productos bioactivos en el período óptimo de siembra del cultivo, muestra que con los dos, se logra una producción superior con respecto al testigo de producción, lo que evidencia que tanto el Biostan como el Biobras-16 tienen un efecto similar en las plantas lo que puede estar relacionado, con el hecho de actuar como reguladores del crecimiento, donde al ser aplicados por vía exógena pudieran regular de manera positiva algunos procesos en la planta relacionados con el balance hormonal endógeno, que propicie un estímulo en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas consideraciones sin embargo, necesitan de investigaciones más profundas para su comprobación.

4.3.2.2. Resultados obtenidos en el período temprano.

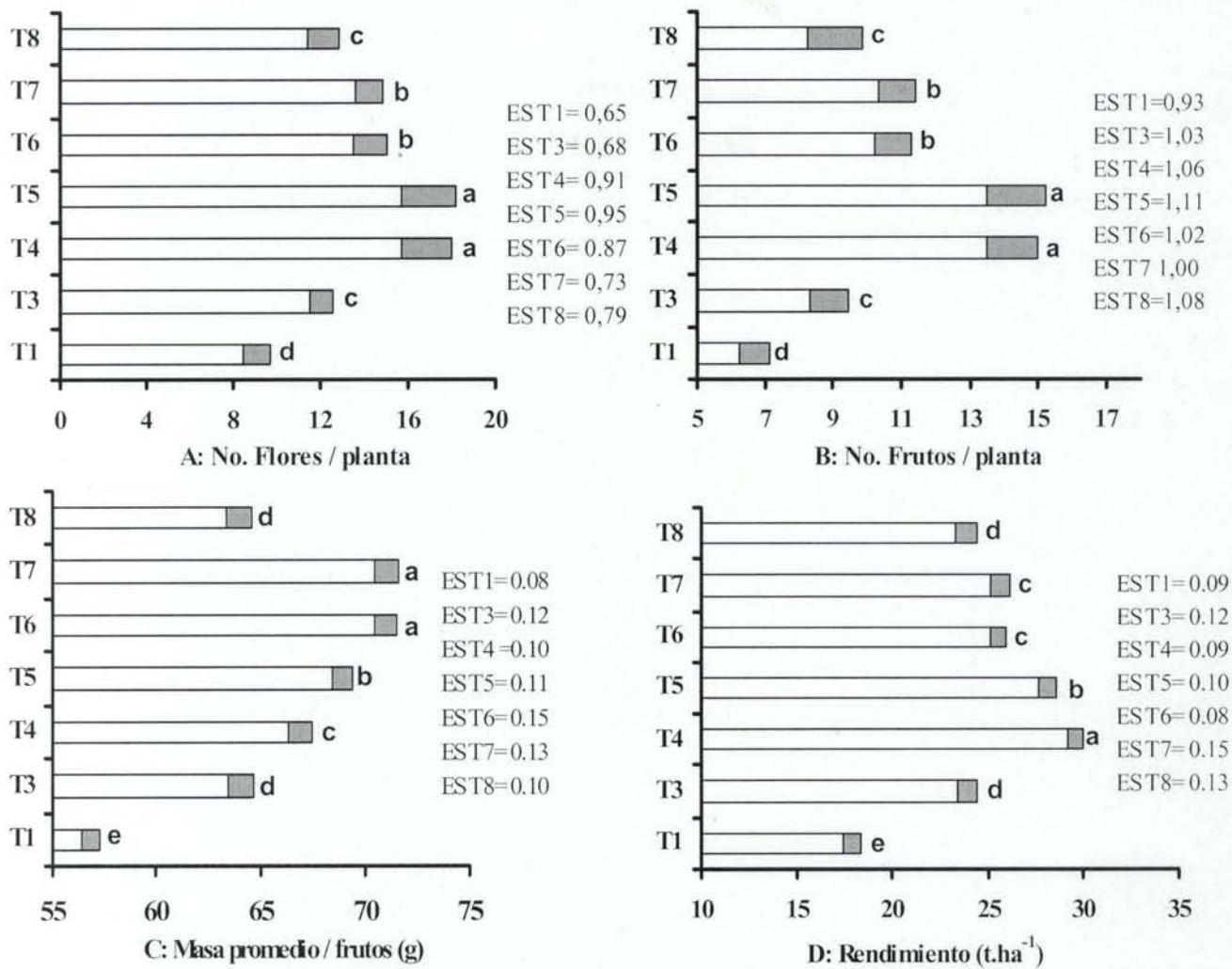
Al analizar los resultados obtenidos en el experimento desarrollado en el período temprano del 2000 y 2001 en sistema de policultivo, el resultado del intervalo de confianza arrojó diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) para cada una de las evaluaciones del rendimiento y sus componentes, **Figura 14** (a y b). Los tratamientos donde se utilizó la coinoculación más el Biostan (T4) con la aplicación de 90 kg. N.ha^{-1} y en asociación con el maíz, fue el que propició la obtención de un mayor número de flores y frutos por planta y por consiguiente mayores rendimientos, superando al testigo asociado (T8) entre un 18% como promedio de los dos años y se superó a las plantas sólo coinoculadas (T3) en un 17% y alrededor de un 10% a las plantas que solo recibieron la aplicación de los productos bioactivos (T6 y T7). El rendimiento alcanzado en el tratamiento con Biobras-16 (T5) fue igualmente superior respecto al testigo de producción, e inferior al tratamiento donde se aplicó el Biostan.



T1. Unicultivo tomate (150 kg N.ha⁻¹) T3. Asoc (coinoculación + 90 kg N.ha⁻¹) T4. Asoc (coinoculación + 90 kg N.ha⁻¹ + Biostan IF) T5. Asoc (coinoculación + 90 kg N.ha⁻¹ + Biobras-16 IF) T6. Asoc (Biostan IF + 90 kg N.ha⁻¹) T7. Asoc (Biobras-16 IF + 90 kg N.ha⁻¹) T8. Asoc. (150 kg N.ha⁻¹)

Figura 14 (a). Influencia de microorganismos benéficos - productos bioactivos, en el rendimiento agrícola y sus componentes.(2000. Zona sombreada es el intervalo de confianza).

Los rendimientos de la campaña 2001 fueron superiores a la anterior, debido a que en la campaña precedente, en la etapa de floración - fructificación coincidió la mayor cantidad de precipitaciones, lo que en alguna medida pudo influir en la caída de flores y frutos. No obstante, la utilización de los productos así como el sistema de asociación de cultivos, permitieron que las plantas fueran mas resistentes al estrés ambiental que se presenta en el período temprano (20 de Agosto - 20 de Octubre), pues como puede apreciarse en la Figura 1, la temperatura media en el mes de Septiembre fue de 26.6 °C en el 2000 y de 25.1 °C en el 2001, que comparadas con la temperatura media del mes de noviembre (período óptimo), las cuales fueron de 22,3 °C (2000) y



T1. Unicultivo tomate (150 kg N.ha⁻¹) **T3.** Asoc (coinoculación + 90 kg N.ha⁻¹) **T4.** Asoc (coinoculación + 90 kg N.ha⁻¹ + Biostan IF) **T5.** Asoc (coinoculación + 90 kg N.ha⁻¹ + Biobras-16 IF) **T6.** Asoc (Biostan IF + 90 kg N.ha⁻¹) **T7.** Asoc (Biobras-16 IF + 90 kg N.ha⁻¹) **T8.** Asoc. (150 kg N.ha⁻¹)

Figura 14 (b). Influencia de microorganismos benéficos - productos bioactivos, en el rendimiento agrícola y sus componentes en sistema de asociación de cultivos (2001. Zona sombreada es el intervalo de confianza).

20,4 °C (2001), resultan altas para la etapa de floración del cultivo, lo que provoca el fenómeno de heterostilia causando abortos florales, provocando efectos negativos en el rendimiento agrícola, tal y como se aprecia en el tratamiento 1 (unicultivo), cuyo rendimiento fue inferior en un 30% (2000) y 34% (2001) al tratamiento asociado y fertilizado con 150 kg. N.ha⁻¹ (T8).

En cuanto a la tolerancia de las plantas al estrés ambiental, Wilen *et al.*, (1995) demostraron que los brasinoesteroides confieren a las células vegetales alguna tolerancia al estrés, e indican que los mecanismos por los cuales estos ejercen dichos efectos, pueden ser en parte, similares a los del ácido abscísico. También, Chen (1996) plantea que las plantas en condiciones de estrés necesitan incrementar el contenido de aminoácidos libres para soportar dicha situación, aspecto en el cual influyen positivamente los productos devenidos de sustancias húmicas como es el caso del Biostan.

De acuerdo a estos criterios, independientemente de que se utilice una variedad adaptada a las condiciones de estrés ambiental, desde el punto de vista práctico la aplicación de estos productos, puede contribuir a incrementar la tolerancia de las plantas frente a condiciones estresantes del medio, de manera que no se afecte la producción del cultivo bajo condiciones no óptimas de siembra.

En el caso de estos experimentos, donde se logró un incremento del rendimiento con respecto al testigo de producción, permite considerar que cualquiera de los dos pueda ser utilizado con el mismo fin, es decir, lograr un estímulo superior en la producción del cultivo, poniéndose de manifiesto además, que la combinación microorganismos benéficos - productos bioactivos constituye una alternativa frente al estrés por altas temperaturas que sufre el cultivo durante este período de siembra.

Por otra parte, el rendimiento obtenido en cada experimento respecto al tratamiento que solamente fue coinoculado (T3), permite corroborar el resultado de los experimentos de los años anteriores, con respecto al rendimiento alcanzado en los tratamientos que recibieron la coinoculación *G. clarum* + *A. brasilense*, poniéndose de manifiesto una vez más, la compatibilidad de ambos microorganismos (HMA - RPCV) cuando son inoculados de forma si multánea.

4.3.2.3. Evaluación general de la combinación microorganismos benéficos - productos bioactivos en el rendimiento agrícola y sus componentes en ambos períodos de siembra.

Un análisis general de los dos productos bioactivos utilizados (Biostan y Biobras-16) y su combinación con los microorganismos inoculados (*G. clarum* y *A. brasilense*), revela que ambos productos ejercen un efecto positivo en el estímulo del desarrollo y rendimiento en el cultivo del tomate, independientemente del sistema de producción de acuerdo y del período de siembra en el

cual se desarrolle el cultivo; no obstante, con el producto Biostan los rendimientos fueron superiores aproximadamente en $2,00 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ respecto al obtenido con el producto Biobras-16, en ambos períodos de siembra. La superioridad del Biostan con respecto al Biobras-16, puede estar asociada a su composición fitohormonal y de sustancias húmicas, lo que lo hace un producto eficaz para el estímulo del crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas

Garcés *et al.*, (1999a), al determinar las sustancias con actividad biológica presentes en el producto Biostan, recomendó la utilización del mismo en los principales estadíos fisiológicos de los cultivos, donde las sustancias bioactivas presentes como son su contenido de aminoácidos y hormonas (Anexo 3), son más eficientes y por tanto ofrecen mayores resultados. En investigación desarrollada por Hernández y Torres (2002), se demuestra el efecto estimulador del Biostan sobre algunas variables biológicas en el cultivo del frijol, incrementándose hasta un 45% el rendimiento del cultivo.

Huelva *et al.*, (2003), lo describieron como un producto eficaz para estimular el rendimiento de diferentes cultivos de interés agrícola por encima del 10%. Por otra parte, Garcés (2003), plantea que el Biostan en concentraciones acuosas por debajo de 20 mg/l , presenta una alta actividad biológica, facilitando el desarrollo radical de las plantas, el crecimiento del tallo y las hojas y el desarrollo de mayor floración con una fructificación adecuada, lo que es atribuible por la capacidad quelatante de los ácidos húmicos, lo cual al penetrar en la membrana plasmática ejercen un efecto en el metabolismo de las plantas y por tanto estimulan su crecimiento, desarrollo y rendimiento.

De igual forma, los análogos de brasinoesteroides y entre ellos el Biobras-16, ha sido descrito como un producto capaz de incrementar la producción de diferentes especies de importancia económica (Fernández *et al.*, 2002). Un estímulo del rendimiento en plantas de tomate (var. INCA-17), fue obtenido por Nuñez *et al.*, (1995) cuando se aplicó el análogo de brasinoesteroide Biobras-6 en la etapa de floración del cultivo

Trabajos realizados por, Savelieva *et al.*, (1997), demostraron un incremento entre un 10 - 18% en el rendimiento de plantas de tomate crecidas en invernadero; igualmente Churicova y Dereushchukov (1997), obtuvieron buenos resultados en tomate cuando en condiciones de campo, aplicaron un análogo de brasinoesteroide a la semilla y en fase de floración, incrementándose los rendimientos y mejorando las propiedades organolépticas de los frutos. Resultados de Nuñez *et al.*, (2000), señalan incrementos del rendimiento en cultivos como ajo, maíz, soya, papa, arroz, tomate y fresa, con la utilización y manejo de este producto bioactivo.

Por todo lo expresado, el resultado de esta investigación ofrece la alternativa del análogo de brasinoesteroide Biobras-16, como un producto eficiente para el cultivo de tomate, a la vez, que promociona al Biostan como otra opción con potencialidades y posibilidades como producto

ecológico que pueden superar a este ya eficiente bioestimulador del crecimiento de las plantas; por otra parte, sería interesante estudiar el efecto combinado de ambos productos bioactivos considerando que estos tienen mecanismos de acción diferentes.

4.3.3. Influencia en la calidad bromatológica de los frutos.

4.3.3.1 Resultados obtenidos en el período óptimo

Las variaciones en la calidad del fruto, se deben a la complejidad de influencia entre aspectos genéticos, nutricionales, fisiológicos y ambientales, según expresan Gull *et al.*, (1989), quienes plantean que el sabor del tomate está en función de los contenidos de azúcares y ácidos.

En la Tabla 20, se muestra el efecto de las inoculaciones simples y mixtas y sus combinaciones con el producto bioactivo Biostan, sobre algunas características bromatológicas que definen la calidad interna del tomate para consumo fresco.

Para las variables brix y nitratos, los tratamientos con mejor calidad bromatológica, fueron aquellos donde se combinó la inoculación mixta *Azospirillum brasilense* + *Glomus clarum* en el momento de la siembra complementados con 90 kg N.ha⁻¹ (T3, T4, T5) y que a la vez, recibieron la aplicación de este bioestimulador en diferentes momentos del crecimiento y desarrollo del cultivo, poniéndose de manifiesto con este resultado, que la combinación armónica de estos productos propicia una adecuada calidad interna de los frutos.

Tabla 20. Influencia de la coinoculación y el Biostan en la calidad bromatológica de los frutos.

Tratamientos	Brix (%)		Acidez (%)		Nitrato (mg/kg fruto)	
	1999	2000	1999	2000	1999	2000
1. Testigo absoluto (sin fertilizar)	2.29 d	2.33 d	0.30	0.33	66.23 c	64.13 c
2. <i>G. clarum</i> + <i>A. brasilense</i> + 90 kg N.ha ⁻¹	4.28 b	4.32 b	0.39	0.41	75.27 b	73.29 b
3. <i>G. clarum</i> + <i>A. brasilense</i> +90 kg. N.ha ⁻¹ + Biostan (IF)	5.17 a	5.23 a	0.41	0.39	75.31 b	74.38 b
4. <i>G. clarum</i> + <i>A. brasilense</i> +90 kg. N.ha ⁻¹ + Biostan (FI-Fr)	5.12 a	5.28 a	0.40	0.41	76.34 b	73.33 b
5. <i>G. clarum</i> + <i>A. brasilense</i> +90 kg. N.ha ⁻¹ + Biostan (IF) y (FI-Fr)	5.21 a	5.21 a	0.41	0.39	75.21 b	73.37 b
6. Biostan (IF) + 90 kg. N.ha ⁻¹	3.36 c	3.42 c	0.39b	0.41	75.33 b	73.55 b
7. Biostan (FI-Fr) + 90 kg. N.ha ⁻¹	3.32 c	3.47 c	0.40b	0.41	75.28 b	74.16 b
8. Biostan (IF) y (FI-Fr) + 90 kg.	3.34 c	3.44 c	0.41	0.40	75.46 b	73.81 b
9. T. de producción (150 kg N.ha ⁻¹)	4.36 b	4.30 b	0.44	0.46	88.53 a	90.59 a
ES \bar{x}	0.16***	0.19***	0.03 n.s	0.04 n.s	0.20***	0.18***

Medias con letras comunes no difieren significativamente según Duncan para $p < 0.001$

Aunque en el contenido de acidez, no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, sí se denota una ligera tendencia a la disminución con respecto al testigo de producción; igualmente, al valorarse la presencia de los nitratos en los frutos, se obtuvo un mayor contenido en el testigo de producción (T8), el cual superó en un 21% a los restantes tratamientos, por tanto, la utilización de la alternativa en estudio proporciona productos agrícolas de mayor aceptación, de acuerdo a las exigencias actuales respecto a determinados productos que, como los nitratos cuando sobrepasan los 150 mg/kg de fruto, son inaceptados en el mercado internacional, por lo perjudicial que resulta a la salud del hombre y los animales (García-Roche (1996).

Un resultado similar al descrito anteriormente, se obtuvo en el experimento desarrollado con Biobras-16 (Tabla 21), apreciándose que el contenido de sólidos solubles totales (Brix) resultó ser superior en los tratamientos coinoculados y asperjados con Biobras-16 (T3, T4, T5), sin que se presentaran diferencias estadísticas con el tratamiento testigo de producción (T8).

En ambos experimentos, tanto los valores de brix como de acidez se encuentran dentro del rango adecuado, pues según Baugarther *et al.*, (1998), se consideran valores óptimos de sólidos solubles totales (Brix) por encima del 4% y la acidez en un rango de 0,4-0,6%; en esta última variable, el tratamiento testigo de producción se encuentra cercano al límite superior permisible, siendo la acidez un aspecto no deseado para el tomate de consumo fresco. En el caso del contenido de nitratos, al igual que en el análisis hecho con el producto Biostan, fue el testigo de producción (T9), el que alcanzó el mayor contenido en este elemento, superando al resto de los tratamientos en un 25%.

Tabla 21. Influencia de la coinoculación y el Biobras-16 en la calidad bromatológica de los frutos .

Tratamientos	Brix (%)		Acidez (%)		Nitrato (mg/kg. de fruto)	
	1999	2000	1999	2000	1999	2000
1. Testigo absoluto (sin fertilizar)	3.12 c	3.21 c	0.33	0.37 c	55.25 e	51.26 d
2. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹	5.36 a	5.28 a	0.40	0.44 b	72.24 d	76.22 c
3. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹ +Biobras-16 (IF)	5.41 a	5.47 a	0.41	0.47 b	73.18 d	75.16 c
4. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹ +Biobras-16 (IF y FI-Fr)	5.38 a	5.32 a	0.39	0.46 b	72.27 d	75.32 c
5. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg. N.ha ⁻¹ +Biobras-16 (FI-Fr)	5.33 a	5.39 a	0.40	0.45 b	73.31 d	76.14 c
6. Biobras-16 (IF)+ 90 kg. N.ha ⁻¹	4.27 b	4.27 b	0.43	0.46 b	85.12 b	81.38 b
7. Biobras-16 (FI-Fr) + 90 kg. N.ha ⁻¹	4.32 b	4.30 b	0.45	0.42 b	83.26 c	80.41 b
8. Biobras-16 (IF) y (FI-Fr) + 90 kg.	4.29 b	4.32 b	0.42	0.44 b	84.62 b	81.28 b
9. T. de producción (150 kg. N.ha ⁻¹)	5.21 a	5.41 a	0.55	0.57 a	90.61 a	86.43 a
ES \bar{x}	0.04***	0.07***	0.05***	0.07***	1.63***	1.58***

Medias con letras comunes no difieren significativamente, según Duncan para $p < 0.001$

Los valores más bajos en nitratos, fueron encontrados en el tratamiento que corresponde al testigo absoluto, el cual no recibió fertilización nitrogenada y por tanto, los bajos contenidos (fruto de los precedentes culturales), no constituyen cifras significativas.

Resulta interesante observar no obstante, que con ninguna de las dosis de nitrógeno aplicada, incluyendo al testigo de producción. se llegó al límite permisible de nitratos (150 mg/kg) en frutos de tomate cultivado a campo abierto (García-Roche, 1996)

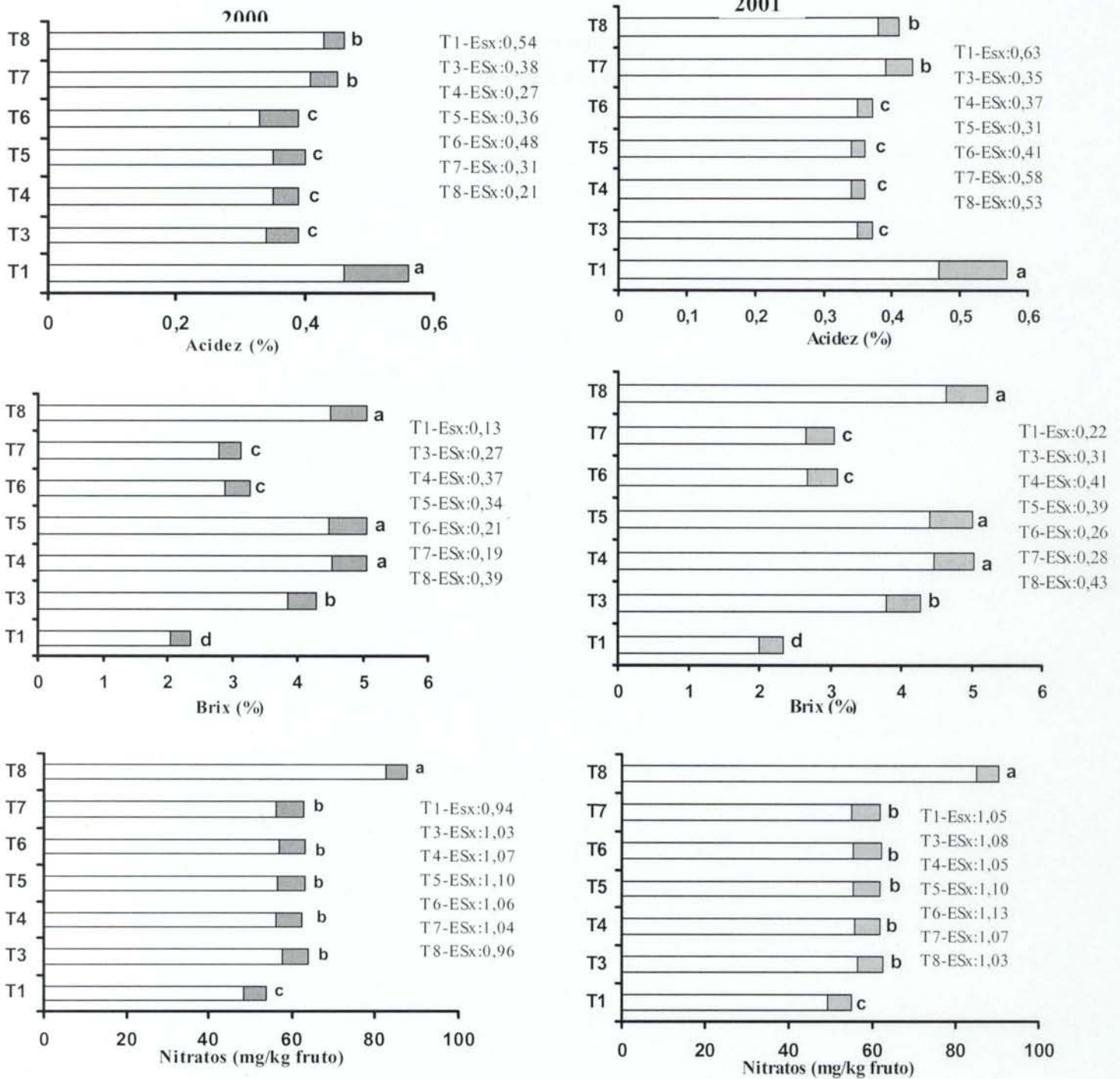
4.3.3.2. Resultados obtenidos en el período temprano.

La **Figura 15**, muestra el efecto de los tratamientos sobre la calidad bromatológica de los frutos de tomate cultivados en el período temprano. Los más altos valores en el contenido de acidez y nitratos se obtuvieron en el tratamiento testigo de unicultivo de tomate, donde se aplicó 150 kg. N.ha⁻¹(T1), difiriendo estadísticamente de los restantes tratamientos.

A su vez, la diferencia de este tratamiento con respecto al que se encontraba en asociación con igual dosis de fertilizante nitrogenado (T8), explica el efecto positivo de este sistema con respecto al unicultivo, lo que evidencia que bajo el sistema asociado, al protegerse las plantas del estrés por alta intensidad de luz y temperatura, le permite a la planta una mayor acumulación de lotoasimilatos durante la fase vegetativa, lo que conlleva a una mayor traslocación y asimilación de los mismos en los frutos en los sistemas de policultivos.

Además de ser estos tratamientos los que menor contenidos de nitratos presentaron, el contenido de sólidos solubles totales (brix), estuvo al parecer estimulado por la aplicación de los productos y su complementación con 90 kg. N.ha⁻¹.

El brix y la acidez son indicadores del grado de madurez o calidad organoléptica en los frutos, que con su avance, se incrementan los sólidos solubles totales mientras la acidez disminuye; estas características en su conjunto, le confieren el sabor agradable típico de los frutos de tomate (Ho, 1996 y Romero-Lima, 2000).



T1. unicultivo tomate (150 kg N.ha⁻¹) **T3.** Asoc. (coincubación + 90 kg N.ha⁻¹) **T4.** Asoc. (coincubación + 90 kg N.ha⁻¹ Biostan IF) **T5.** Asoc. (coincubación + 90 kg N.ha⁻¹ Biobras-16 IF) **T6.** Asoc. (Biostan + 90 kg N.ha⁻¹) **T7.** Asoc. (Biobras-16 + 90 kg N.ha⁻¹) **T8.** Asoc. (150 kg N.ha⁻¹).

Figura 15 . Influencia de microorganismos benéficos y productos bioactivos en la calidad bromatológica de los frutos (zona sombreada es el intervalo de confianza).

4.3.3.3. Evaluación general de la calidad bromatológica de los frutos en ambos períodos de siembra.

Haciendo una valoración general del comportamiento en ambos períodos de siembra y sistemas de plantación, pudo demostrarse que en ambos períodos, se obtuvieron frutos con menores contenidos de nitratos y acidez que el testigo de producción; ambos indicadores de la calidad del fruto son de vital importancia, cuando las producciones son dirigidas al consumo fresco, por lo que es extremadamente importante, su seguimiento sobre todo los contenidos en nitratos por sus efectos negativos al ser humano y al suelo, cuando están presentes en cantidades por encima de 150 mg.kg-1, de manera que los valores de NO₃⁻ en frutos inferiores a 100 mg.kg-1 de fruto, no prevé peligro de contaminación.

Al respecto la FAO (2001), ha señalado que la contaminación por nitratos en las hortalizas al desarrollarse bajo una agricultura de altos insumos y centrada en el unicultivo, lleva a un abuso de fertilizantes inorgánicos ya que el agricultor para obtener el máximo rendimiento de sus cultivos, hace un uso indiscriminado y sistemático de abonos nitrogenados para aumentar el peso de los frutos y con ello la producción, aunque en detrimento de su calidad e inocuidad.

Finalmente, debe señalarse que el menor contenido de nitratos encontrado en los tratamientos donde se utilizaron los productos (biofertilizantes y productos bioactivos) y donde sólo se aplicó 90 kg N.ha-1, respecto al testigo de producción con 150 kg. N.ha-1, corrobora lo planteado por Bañuls *et al.*, (1999) quienes expresan que en el cultivo de las hortalizas se aportan cantidades altas de fertilizantes nitrogenados y de agua de riego, lo que ocasiona que exista un flujo importante de nitratos en el agua de drenaje que provoca contaminación de los acuíferos; por ello, para reducir la creciente tasa de contaminación por nitratos en las zonas de agricultura intensiva, es absolutamente necesario mejorar la eficiencia en la utilización de los fertilizantes nitrogenados por las plantas, mediante la utilización de fuentes alternativas a la nutrición inorgánica. Esta valoración está estrechamente relacionada con estos resultados que corroboran tal aseveración .

Con el objetivo de analizar de conjunto las evaluaciones realizadas durante la fase de plantación del cultivo, y conocer realmente que variables describen el proceso biológico obtenido, se realizó un análisis de componentes principales, a través de un Biplot, que permitió agrupar en varios grupos los tratamientos estudiados, incluyéndose los años en que fueron realizados los experimentos.

Para el caso del experimento desarrollado con el producto Biostan, las dos primeras componentes (Tabla 22), acumulan el 78,26% de la variabilidad total, correspondiendo la mayor

contribución a la componente C I , la cual está determinada por el número de flores y frutos por planta, en el caso de la componente C2 se define por el contenido de nitratos en los frutos.

La distribución de los tratamientos en este experimento donde se utilizó el Biostan como producto bioactivo (Figura 16), permitió la formación de cinco grupos bien definidos El grupo 1, está formado por el testigo absoluto (T1), el cual se encuentra totalmente desplazado hacia el eje izquierdo, corroborándose la importancia de la nutrición mineral para garantizar una mejor producción.

El grupo II, lo constituyen los tratamientos donde se realizó sólo la aplicación foliar de Biostan al inicio de la floración (T6), en floración-fructificación (T7) y en ambos momentos ('18), complementados con 90 kg N.ha-1, definidos por la componente C1 pero más desplazados hacia la izquierda.

Un comportamiento intermedio presenta el grupo III, formado por el tratamiento donde se realizó la coinoculación *A. brasilense* + *G. clarum* suplementada con 90 kg. N .ha-1 (T2).

A medida que se desplaza hacia la derecha sobre el eje horizontal (C I), se encuentra el grupo IV, formado por los tratamientos donde se coinocularon las plantas y se aplicó el Biostan en tres momentos diferentes de desarrollo del cultivo (T3-T4-T5), caracterizados esencialmente por las variables que definen el eje C1, con un mejor estado nutricional de las plantas , mayores rendimientos y una mejor calidad bromatológica de los frutos.

Por último, el grupo V se encuentra formado por el testigo de producción (T9), estando definido por la acidez y el contenido de nitratos de los frutos .

En el caso del experimento donde se utilizó el Biobras-16 como producto bioactivo, las dos primeras componentes (Tabla 23), acumulan el 87,34% de la variabilidad total, correspondiendo la mayor contribución a la componente C1, la cual está igualmente determinada por el número de flores y frutos por planta, el contenido de brix y el rendimiento agrícola, en el caso de la componente C2, está definida específicamente por el contenido de acidez en los frutos.

La distribución de los tratamientos en este experimento (Figura 17), permitió la formación de cinco grupos . El grupo 1, similar a los resultados descritos en el experimento anterior, lo conforma el testigo absoluto (TI), con resultados inferiores con relación a los restantes grupos.

El grupo II, se encuentra formado por los tratamientos donde se realizaron sólo las aplicaciones exógenas de Biobras - 1 6 complementada con 90 Kg. N.ha-1 (T6, T7 y T8), corroborándose de esta manera el efecto superior de la coinoculación (T2), que forma un grupo (III) más próximo a las variables que definen la componente C1, con un comportamiento intermedio.

Tabla 22. Contribución relativa de las variables a las componentes principales en el experimento desarrollado con el producto Biostan.

Valores propios	C1	C2
Contribución a la variación total (%)	66.29	11.96
% acumulado		78.26
Contenido de nitrógeno (%)	450	0
Contenido de fósforo (%)	476	0
Contenido de potasio (%)	256	6
Contenido de Brix (%)	324	90
Contenido de Acidez (%)	13	362
Contenido Nitratos (mg/kg fruto)	102	496
No. flores por planta	574	8
No. frutos por planta	618	18
Rendimiento (t.ha ⁻¹)	206	35
Masa promedio de frutos (g)	414	5

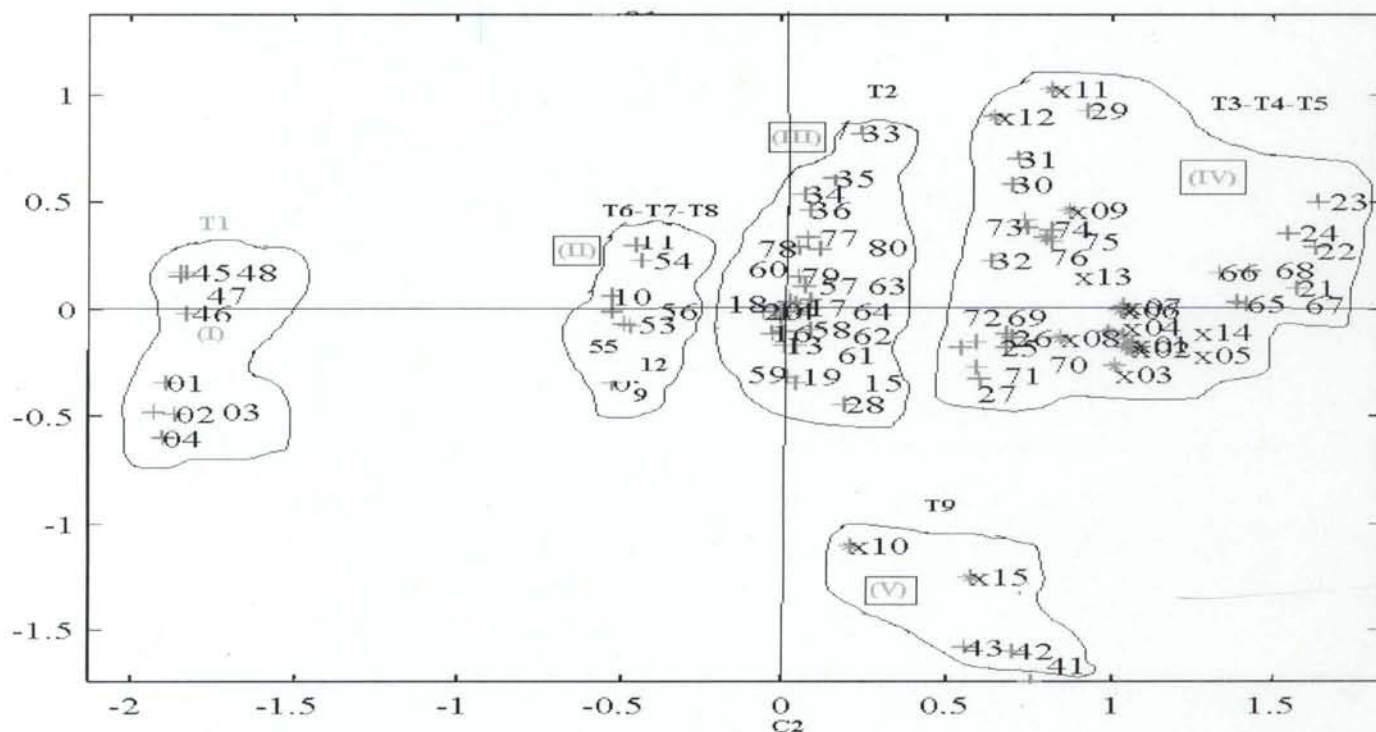


Figura 16. Representación gráfica del análisis Biplot tomando en cuenta los tratamientos y variables, con la utilización del producto Biostan.

Tabla 23. Contribución relativa de las variables a las componentes principales en el experimento desarrollado con el producto Biobras-16.

Valores propios	C1	C2
Contribución a la variación total (%)	77.36	9.98
% acumulado		87.34
Contenido de nitrógeno (%)	480	23
Contenido de fósforo (%)	386	24
Contenido de potasio (%)	493	39
Contenido de Brix (%)	559	107
Contenido de Acidez (%)	140	595
Contenido Nitratos (mg/kg fruto)	325	259
No. flores por planta	505	12
No. frutos por planta	550	5
Rendimiento (t.ha ⁻¹)	642	5
Masa promedio de frutos (g)	305	40

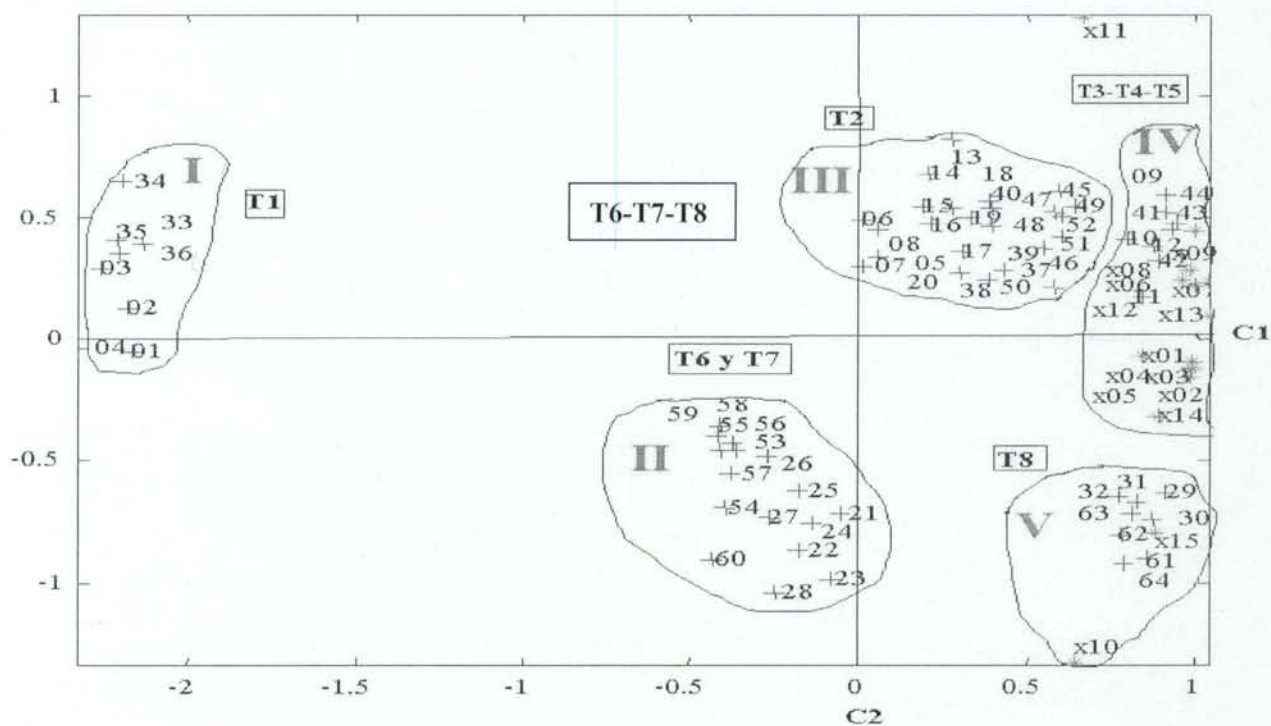


Figura 17. Representación gráfica del análisis Biplot, tomando en cuenta los tratamientos y variables, con la utilización del producto Biobras-16.