

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



**Efecto de Fertilizantes Orgánicos Sobre el Rendimiento y Calidad de Tomate
Variedad Río Grande.**

Por:

SAÚL LÓPEZ PEREZNEGRÓN

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2012.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de Fertilizantes Orgánicos Sobre el Rendimiento y Calidad de Tomate
Variedad Río Grande.

Por

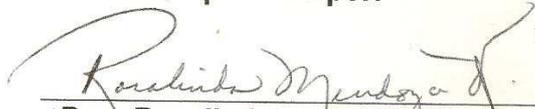
SAÚL LÓPEZ PEREZNEGRÓN

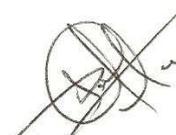
TESIS

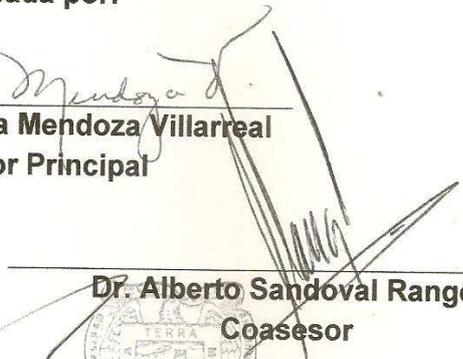
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por:


Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Asesor Principal


Dr. Valentín Robledo Torres
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2012.

DEDICATORIA

A DIOS

Gracias por acompañarme, bendecirme siempre y por haber puesto en mi camino personas de gran corazón porque nunca me dejaste solo, aunque no te pueda ver sé que escuchas mis plegarias.

A MIS PADRES:

Francisco López Cárdenas y Ma. Trinidad Pereznegrón Pereznegrón primeramente por darme la vida, por el ejemplo y guiarme por el buen camino, gracias por sus consejos, las ganas de seguir adelante, su incondicional apoyo en cada momento, por su amor y cariño, por querer lo mejor para mí y sobre todo ser los mejores padres, todo lo que soy es gracias a ustedes.

A MIS HERMANOS:

Osvaldo, José Francisco, Roció, Trinidad, Josefina, Libertad, Grisela en especial a mi gemelo Raúl Por ser el gran amigo que tengo desde el día que nací, por acompañarme en los problemas que juntos superamos, por los triunfos, sufrimientos, derrotas y sobre todo por el gran ejemplo de hermano que me diste. A ti Celestina por apoyarme desde el inicio de la aventura a querer superarme y haber puesto todo lo que estuvo a tu alcance para que mis objetivos se cumplieran más fácilmente.

A MIS TIOS

Juan Pereznegrón, en especial a Reynaldo Pereznegrón y Estela Galindo, con cariño y respeto, gracias por brindarme su amistad y el apoyo incondicional que siempre tuve, gracias a ustedes nunca me sentí solo en mi paso por Saltillo, siempre estaré agradecido por tanto que hicieron por mí.

A ELITANIA

Con todo mi amor, por ser parte de mi vida y el amor incondicional que me has dado

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Quien me abrió las puertas para formarme profesionalmente.

ALA DRA. ROSALINDA MENDOZA VILLARREAL

Mis más grandes y sinceros agradecimientos por haberme brindado su amistad y dado la oportunidad de realizar la presente investigación bajo su asesoría, y su buena disponibilidad de tiempo y paciencia a lo largo del desarrollo de la misma ¡Gracias!

A LOS ASESORES

Dr. Valentín Robledo Torres y Dr. Alberto Sandoval Rangel quienes con su experiencia y asesoría colaboraron para la culminación del presente trabajo

A MIS PRIMOS

Por los buenos momentos que hemos pasado, en especial a Vanesa, Marbella López, Nayeli, Alejandra, Erandy Pereznegrón y a Anabel Gallegos, gracias por su apoyo y sus buenos deseos.

A MIS AMIGOS

A todos aquellos que contribuyeron de forma directa o indirecta en este trabajo y todo se concluyera de la mejor manera, agradezco su paciencia y sencillez.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue estudiar el rendimiento y calidad de fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) variedad Río Grande producido con diferentes fuentes de fertilización orgánica y biofertilizantes bajo condiciones de campo abierto. Se evaluaron 4 biofertilizantes, 3 fertilizantes orgánicos y un testigo con nutrición química en el campo agrícola del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el verano del 2010. Los tratamientos fueron; 3 cepas de *azospirillum sp*, aisladas en raíces de maíz (C3 y C7) y trigo (C5), con un concentrado líquido cuantificado por el método de dilución a concentración 10^8 ufc ml⁻¹, un producto comercial alga-enzims®, tratamiento químico, y diferentes concentraciones de ácidos húmicos (ácidos húmicos (12%) sax-5 y C5—24%). El trabajo fue establecido bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con 8 tratamientos 5 repeticiones y 5 plantas por repetición. Las variables estudiadas fueron rendimiento, altura de planta, peso de fruto, número de frutos, diámetro ecuatorial, diámetro polar, grados brix y vitamina C. Se encontró que el tratamiento 4 con (algaenzims®) produjo 17.97 ton ha⁻¹ en dos cortes, un diámetro polar de fruto de 6.13 cm, para diámetro polar, 0.179 kg peso fruto por planta y 49.6 frutos por repetición.

Palabras clave: Biofertilizantes, *Azospirillum*, nutrición, alga-enzims®

INDICE

Contenido

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
INDICE	v
INDICE DE CUADROS	viii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO:	3
HIPÓTESIS:	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Taxonomía	4
Descripción botánica.....	4
Cultivo.....	4
Sistema radical	5
Tallo principal.....	5
Hojas	5
Flor.....	5
Fruto	6
Variedades	6
Vitamina C.....	6
Grados brix.....	7
Diámetro polar y diámetro ecuatorial.....	7
Requerimientos Climáticos y de Suelo.....	7
Humedad relativa.....	8
Temperatura.....	8
Suelo.....	8
Nutrición	10

Elementos Esenciales.....	10
Demanda de Nitrógeno y Fósforo.....	11
Fertilización.....	12
Fertilización Química.....	12
Algas.....	15
Uso agronómico de las algas.....	15
Efectos en cultivos donde se inoculó con Alga-Enzimas.....	16
Uso de extractos de algas marinas en campos en la agricultura.....	17
Ácidos húmicos.....	18
Efectos en cultivos.....	18
<i>Azospirillum</i>	19
Clasificación taxonómica.....	19
Aislamiento de <i>Azospirillum</i>	19
Usos agronómicos.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
Localización geográfica.....	22
Clima.....	22
Material genético.....	22
Tratamientos utilizados.....	22
Actividades para el establecimiento.....	23
Establecimiento del experimento.....	24
Diseño Experimental.....	24
Acolchado.....	24
Trasplante.....	24
Fertilización.....	24
Control de malezas.....	25
Tutoreo.....	25
Control de enfermedades.....	25
Control de plagas.....	26
Cosecha.....	26
Variables evaluadas.....	26

Altura de planta.....	26
Diámetro ecuatorial	26
Diámetro polar promedio de fruto (cm).....	27
Peso fruto por repetición.....	27
Vitamina C.....	27
Grados brix.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
CONCLUSIONES	34
BIBLIOGRAFÍA	35

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos establecidos en tomate Río Grande en el departamento de Horticultura, verano del 2010, Saltillo, Coahuila. UAAAN.	23
Cuadro 2. Fertilización aplicada tres veces por semana en los primeros estadios fenológicos y 4 en desarrollo del cultivo.....	25
Cuadro 3. Cuadrados medios para variables agronómicas en tomate variedad Río Grande estudiado en el campo agrícola experimental de la UAAAN, 2010.	28
Cuadro 4. Prueba de comparación de medias de Tukey (≤ 0.05), para peso de fruto por planta (PFF) y número de frutos (NF) en tomate variedad Río Grande. UAAAN, 2010.	29
Cuadro 5. Cuadrados medios para dos variables agronómicas en experimento de tomate variedad Río Grande en la UAAAN, 2010.	30
Cuadro 6. Prueba de comparación de medias de Tukey (≤ 0.05) para altura de planta y rendimiento de fruto en tomate variedad Río Grande. UAAAN, 2010.	30
Cuadro 7. Cuadrados medios para variables de calidad realizadas en experimento de tomate variedad Río Grande en la UAAAN, 2010.	31
Cuadro 8. Comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) en variables de calidad de fruto en plantas de tomate variedad Río Grande, UAAAN, 2010.	32
Cuadro 9. Cuadrados medios para variables de calidad realizadas en experimento de tomate variedad Río Grande en la UAAAN, 2010.	32
Cuadro 10. Cuadro de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) en variables de calidad en plantas de tomate variedad Río Grande, UAAAN, 2010.	33

INTRODUCCIÓN

La agricultura mexicana enfrenta en la actualidad dos grandes retos difíciles, que pueden tener un efecto destructor y uno de los problemas a superar es el modelo agrícola de sustentabilidad, conservación ecológica, este modelo tiene como base un problema de deterioro ambiental, asociado al crecimiento de la población, y en menor parte a la irresponsabilidad de las empresas, sin embargo, el problema de la sustentabilidad, no es de carácter ético, sino de naturaleza económica, que implica una decisión política para resolver la crisis alimentaria que existe en el mundo, y una agricultura sustentable basada en producción orgánica está lejos de satisfacer la demanda alimentaria de la población mundial (Alicia *et al.*, 1997).es por eso que el tomate es uno de los cultivos con mayor investigación en el campo de la alimentación, con casi tres millones de hectáreas cultivadas y un volumen de producción que ha superado ampliamente los setenta millones de toneladas en los últimos años, se puede considerar al tomate como el producto hortícola de mayor importancia económica a escala mundial (Desiree *et al.*, 2002) Además es uno de los cultivos que más demanda tiene en el mundo esto se debe gracias a los cambios en el propio material vegetal y en los sistemas de producción, investigaciones, comercialización y consumo.(Escalona *et al.*, 2001).

A nivel mundial el tomate ocupa el segundo lugar entre las hortalizas, y aunque México ocupa el décimo lugar en producción, le corresponde el tercero en comercialización del fruto, nacionalmente es la hortaliza más importante tanto por la generación de empleos como por la aportación de divisas derivadas de las exportaciones, (Arellano *et. al.*, 2006). En gran medida la parte norte del país siendo en su mayoría las zonas áridas y semiáridas las que abarcan 2/5 partes de la superficie cultivada, y comprende parte de los estados de Coahuila, Durango, Chihuahua, Sonora, Zacatecas, Nuevo León, entre otros; en esta área la agricultura de temporal es altamente de riesgos, principalmente por las condiciones agrometeorológicas que condicionan la aridez, por otro lado, la

agricultura de riego es muy costosa, debido a esto el cultivo de tomate se adapta perfectamente a las condiciones gracias a la gran rentabilidad y adaptabilidad que posee para obtener elevadas producciones, (Josafad *et al.*, 1998)., además éste cultivo puede ser producido tanto en climas tropicales como en templados de diversas regiones del país (Josafad *et al.*, 1998).

Según duarte *et al.*, (2008), señala que en la actualidad muchos productores, grandes y pequeños, quienes tradicionalmente han utilizado la aplicación de fertilizantes sintéticos, están modificando estas prácticas como las políticas sustentabilidad (restricción de uso de pesticidas, la demanda de alimentos con calidad y la creciente degradación del recurso suelo). Medina (1994), señala que la agricultura moderna e intensiva de algunos países subdesarrollados deben ir cambiando la utilización de grandes cantidades de fertilizantes minerales a biofertilizantes de origen microbiano, debido a que los procesos microbiológicos implicados en su acción ofrecen ventajas, al ser tecnologías limpias no contaminantes del medio ambiente y en el mejor de los casos incrementan la producción de microorganismos estos, constituyen uno de los biofertilizantes que deben ser considerados en el diseño de sistemas agrícolas sostenibles, además de ser componentes inseparables de los agroecosistemas donde tienen diferentes funciones en su asociación con las plantas, pueden constituir sustitutos biológicos de los fertilizantes minerales.

Terry (2005), menciona que el uso y manejo de biofertilizantes en la agricultura, tiene algunos problemas y esto se debe al desconocimiento de las especies presentes en los agroecosistemas y en la rizosfera de los cultivos, para que haya una posible utilización eficiente. Sin embargo, la utilización de fertilizantes minerales constituye la raíz de muchos problemas medioambientales de la agricultura moderna, los biofertilizantes son una alternativa para optimizar, e incluso sustituir la utilización de fertilizantes minerales por lo tanto el mundo microbiano ofrece prometedoras alternativas, teniendo en cuenta que en el suelo

se encuentran hongos y bacterias con una gran capacidad para promover y mejorar la nutrición de las plantas. La utilización de biofertilizantes basados en estos microorganismos se presenta como una biotecnología limpia de gran interés, tanto desde el punto de vista económico como ecológico para la agricultura moderna. Cabe mencionar que las micorrizas y asociaciones de algunos hongos con las raíces de muchas plantas, tienen un carácter simbiótico y las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico son un ejemplo de ello.

OBJETIVO:

Determinar cuál de los productos orgánicos aplicados al suelo mejora los caracteres agronómicos y de calidad en el cultivo de tomate.

HIPÓTESIS:

Con la aplicación de fertilizantes orgánicos será posible reducir la aplicación de fertilizantes químicos manteniendo o incrementando el rendimiento en el cultivo de tomate.

REVISIÓN DE LITERATURA.

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es originario de Sudamérica y es una de las hortalizas más importantes en el mundo, en la actualidad se encuentra de creciendo de manera silvestre en éstas regiones y cuya variabilidad se continua utilizando con fines de mejoramiento genético parra el incremento de cierto tipo de resistencias genéticas.

Taxonomía

Familia: *Solanaceae*

Género: *Lycopersicon*

Subgénero *Eulycopersicon*

1. *L. esculentum*
2. *L. peruvianun*
3. *L.chilense*
4. *L. glandulosum*

Especie: *esculentum*

Nombre común: tomate (Valdez, 1998).

Descripción botánica

Cultivo

El tomate puede presentar básicamente dos hábitos de crecimiento: determinado e indeterminado. La planta indeterminada es la normal y se caracteriza por tener un crecimiento extensivo, desordenado y sin límite. En ella, los tallos presentan segmentos uniformes con tres hojas (con yemas) y una inflorescencia, terminando siempre con un ápice vegetativo. A diferencia de esta, la planta determinada tiene tallos con segmentos que presentan progresivamente menos hojas por inflorescencia y terminan en una inflorescencia, lo que resulta en un crecimiento limitado.

Sistema radical

El sistema radical alcanza una profundidad de 2 m, con una raíz pivotante y muchas raíces secundarias. Sin embargo, bajo ciertas condiciones del cultivo, se llega a dañar la raíz pivotante y la planta desarrolla un sistema radical fasciculado, donde predominan raíces adventicias y que se concentran en los primeros 30 cm del perfil.

Tallo principal

Los tallos son ligeramente angulosos, semileñosos de grosor mediano y con tricomas (pilosidades), simples y glandulares. El tallo principal con un grosor que oscila entre 2.4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales.

Hojas

Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con folíolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo.

Flor

La flor es perfecta. Consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y con el mismo número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como "racimos". La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2 o 3 hojas en las axilas.

Fruto

Baya bi o plurilocular que alcanza un peso que oscila entre unos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas (Escalona *et al.*, 2009).

Variedades

El tomate es una hortaliza con gran diversidad de variedades con distinto aspecto exterior (forma, tamaño, color) e interior (sabor, textura, dureza), entre otras, hay variedades destinadas para consumo fresco y otras para procesado industrial (Alvarado, 2003).

De acuerdo con Valdez (1998) los tomates se dividen según sus hábitos de crecimiento, forma y color:

Determinado

1. Fruto redondo
2. Fruto alargado

Indeterminado

1. Fruto redondo
2. Fruto alargado

Forma

1. Redondo o bola
2. Pera o guajillo

Color

1. Rojo: piel y pulpa roja
2. Rosa: piel incolora y pulpa rosa.

Vitamina C

El tomate tiene alto contenido de vitamina C la cual desempeña un papel importante en la prevención de enfermedades degenerativas, cánceres, desordenes neurológicos y de la vista.

Es difícil aumentar la cantidad por la elevada influencia que el ambiente tiene en la acumulación de vitamina C en tomate (Galiana *et al.*, 2008).

Según Nuez (1995) menciona que la concentración media de vitamina C en los frutos de tomate maduros es de 23 mg por 100 gramos de fruta.

Grados brix

Se le conoce como grados brix, a las sustancias solubles en agua que reflejan un alto porcentaje de la calidad de sólidos totales que contienen los frutos; un valor mayor o igual a 4,0 en tomate es considerado bueno. Además existe una correlación directa entre sólidos solubles y firmeza, a mayor concentración de éstos es mayor la firmeza.

Alemán (2010) reporta un valor ligeramente mayor o igual 4 °brix en tomate lo cual es considerado como adecuado, también Prado (2002) menciona que el contenido de sólidos solubles se sitúa entre 4.5 y 5.5 °Brix, contribuyen los factores agrologicos en el contenido de sólidos solubles en los frutos.

Mientras algunos investigadores han sugerido que la relación sólidos solubles/acidez titulable es importante para definir las diferencias en el sabor entre cultivares de tomate, otros indican que el sabor de los frutos puede ser mejorado incrementando el contenido total de azúcares y ácidos (Prado, 2002).

Diámetro polar y diámetro ecuatorial

El diámetro ecuatorial y polar es un factor importante, ya que refleja el tamaño y calidad del fruto y entre los factores que contribuyen significativamente al incremento en volumen de los frutos se encuentran los reguladores de crecimiento como las giberelinas, responsables de la expansión celular (García *et al.*, 1997).

Requerimientos Climáticos y de Suelo

El tomate es un cultivo de estación cálida razonablemente tolerante al calor (35°C) y a la sequía y sensible a las heladas (Escalona *et al.*, 2009).

Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el desarrollo del tomate varía entre un 60% y un 80%. Humedad relativa muy alta favorece el desarrollo de enfermedades aéreas, agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta y conlleva al aborto de las flores. El rajado del fruto igualmente puede también tener su origen en un exceso de humedad en el suelo o riego abundante a un período de estrés hídrico. Por otro lado, la humedad relativa demasiado baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor.

Temperatura

El tomate es una hortaliza que se caracteriza por ser de clima cálido, que no tolera las heladas, la temperatura óptima del ambiente para un buen desarrollo oscila entre de 21 a 24°C, a temperaturas menores de 15°C y mayores de 35°C se afecta la fructificación y el rango óptimo de la temperatura del suelo es de 12 a 16°C (Rincón *et al.*, 2003).

Suelo

Aunque el tomate puede producirse en una amplia gama de condiciones de suelos, los mejores resultados se obtienen en suelos profundos (1 m o más), de texturas medias, permeables y sin impedimentos físicos en el perfil. Suelos con temperaturas entre los 15 y 25°C favorecen un óptimo establecimiento del cultivo después del trasplante. El pH debe estar entre 5,5 y 6,8 (Escalona *et al.*, 2009).

Manejo Agronómico

Marcos de Plantación

Las dimensiones más frecuentes utilizadas son de 1.5 metros, entre líneas, y de 0.3 a 0.5 metros, entre plantas, aunque cuando se trata de plantas de porte medio es común aumentar la densidad de plantación a 2 plantas por metro cuadrado con marcos de 1 x 0.5 metros. Cuando se tutoran las plantas con varetas, las líneas deben

ser “apareadas” para pasar las plantas de una línea a otra, formando una cadena sin fin y dejando pasillos amplios (aproximadamente de 1,3 m) y una distancia entre líneas conjuntas de unos 70 cm., de acuerdo a varios estudios en el ciclo de temporal, se determinó que la separación entre planta y planta debe ser de 30 cm. con separación entre surcos de 1.40 m y poda a dos tallos (Palacios, 1972).

Acolchado

El acolchado de suelos es una técnica muy antigua que consiste en colocar materiales como paja, aserrín, cascara de arroz, papel o plástico, cubriendo el suelo, con la finalidad de proteger al cultivo y al suelo, de los agentes atmosféricos, promover cosechas precoces, mejorar rendimientos y calidad de los productos. (Alvarado *et al.*, 2003).

El uso de acolchado en la producción de tomate ha permitido obtener uno, dos, o múltiples ciclos vegetativos de cultivo, con una misma película de plástico. Sin embargo, para hacer más eficiente el rendimiento de este cultivo debe considerarse además del acolchado, el fertirriego, cubiertas flotantes, producción bajo invernadero, la protección con mallas rompevientos y un adecuado programa de control de plagas y enfermedades (Lamont, 1996).

Ventajas del Uso de Acolchado

- 1. Incrementa la temperatura del suelo;** a una profundidad de 5cm se incrementa la temperatura aproximadamente 3°C con acolchado negro y de 6°C con acolchado claro. El efecto del incremento de temperatura se refleja en cosecha precoz e incremento en rendimiento total.
- 2. Reduce la lixiviación de fertilizantes;** debido a que el agua de lluvia escurre por el acolchado y entre las camas. El fertilizante se coloca en las camas, por lo tanto, el fertilizante no se lixivia y es aprovechado por el cultivo.

- 3. Reduce la presencia de malezas;** en el caso del acolchado negro provee un buen control de malezas. El acolchado claro requiere del uso de herbicidas o fumigación debido a que deja pasar la luz visible, necesarios para la fotosíntesis de las malezas.

Desventajas del uso de acolchado:

- 1. La remoción del acolchado es costoso;** este debe removerse anualmente y esto es costoso. Además, es un problema ecológico, sin embargo, con el uso de acolchado biodegradable deberá solucionar esto con el tiempo, pero por el momento no es redituable.
- 2. Costo elevado;** El costo de producción se eleva con el uso de acolchado. Sin embargo, al evaluar la utilidad por sus beneficios, normalmente se justifica.
- 3. Propiedades del acolchado;** deberá conocerse bien las propiedades del acolchado para su correcta colocación. Es decir, la temperatura deberá ser de aproximadamente de 18 a 30°C para evitar que que de muy flojo al incrementar la temperatura, ya que se puede desenterrar al contraerse al bajar la temperatura por las noches o días fríos.
- 4. Competencia;** existe mayor competencia entre las plántulas y malezas que se desarrollan entre las perforaciones (Martínez *et al.*, 2000).

Nutrición

Elementos Esenciales

Se han descrito 16 elementos, denominados esenciales, para que los cultivos puedan tener un desarrollo adecuado. El 95 % del peso fresco total de las plantas lo constituyen 3 elementos, el carbono (C), el hidrógeno (H) y el oxígeno (O), todos

provenientes de la atmósfera, los que se incorporan a las plantas mediante el proceso de la fotosíntesis. El carbono proviene del CO₂ del aire, en cambio el H y el O provienen del agua, la cual debe llegar al suelo para ser absorbida por las plantas y trasladada por su sistema vascular hasta las hojas, donde se realiza el proceso fotosintético, el resto de los elementos, la planta los toma desde el suelo en distintas cantidades, por ello se les agrupa en macroelementos para referirse a aquellos que las plantas los requieren en mayor cantidad, como es el caso del nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S); y microelementos cuando son requeridos en pequeñas cantidades, como fierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn) boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl).

Demanda de Nitrógeno y Fósforo

El cálculo de la demanda de los nutrimentos de los cultivos juega un papel importante para la estimación adecuada del rendimiento alcanzable. Este corresponde al rendimiento que es posible lograr, considerando un manejo de alto nivel tecnológico, imprescindible en una agricultura competitiva. Una sobrestimación del rendimiento alcanzable conduciría a calcular una dosis superior a la requerida, elevando los costos sin que éstos se reflejen posteriormente en un mayor rendimiento y además produciendo un riesgo de contaminación del medio ambiente. Por el contrario, una subestimación del rendimiento alcanzable llevará a una disminución de la demanda y, por consiguiente de la dosis. Ello determinará una producción inferior al rendimiento alcanzable, que conducirá a una disminución de las utilidades. Para el caso del nitrógeno, 100 kg de urea, corresponden 46 kg de N, por lo que se necesitan 365.22 kilos de urea para aportar los 168 kg de N, sin embargo la eficiencia de aplicación que variará con la tecnología de cada predio en particular, suponiendo que se aprovecha un 70 % del fertilizante (el 30% restante queda fuera del alcance de las raíces, o parte se volatiliza o se lixivia) la cantidad real de urea a aplicar será de 521,74 kilos ha⁻¹. En el cálculo de la demanda de cada nutriente se requiere establecer, además del rendimiento alcanzable, la concentración mínima óptima del nutriente en la

materia seca producida por el cultivo. A esta concentración, denomina requerimiento interno del cultivo (Rodríguez *et al.*, 2001).

Fertilización

Los fertilizantes aportan los nutrientes que los cultivos necesitan para producir mayor cantidad de frutos y de mejor calidad. Con los fertilizantes se puede mejorar la baja fertilidad de los suelos que han sido sobreexplotados (Roma, 2002).

El buen manejo de la fertilidad de suelos contribuye a lograr alto rendimiento de y calidad de fruto en tomate, por lo tanto pueden ser afectadas por la fertilización y el alto valor relativo del cultivo hace que la mayoría de los productores apliquen grandes cantidades de fertilizante esto con el fin de asegurar una adecuada nutrición, pero esto es un gran error debido a que es un desperdicio económico y contamina considerablemente el suelo (Hartz, 2006).

La cantidad de nutrientes para lograr elevadas producciones constituyen un criterio orientativo de las exigencias nutritivas del cultivo. No obstante, diversos factores intervienen directamente en la demanda de nutrientes y en el ritmo de absorción, entre los se encuentran los microorganismos en el suelo (benéficos), condiciones climatológicas de cultivo (aire libre o invernadero), material vegetativo (variedades), agua de riego y la técnica de cultivo (Rincón, 2003).

Fertilización Química

En México, los fertilizantes químicos sintéticos empezaron a usarse a mediados del siglo XX y rápidamente se convirtieron en el elemento indispensable en los campos agrícolas. Su bajo costo y amplia distribución nacional entre los productores, constituyeron una barrera para el aprovechamiento de recursos biológicos del suelo (Duran, 2009).

La fertilización química en el cultivo de tomate ayuda a que los rendimientos sean mucho mayores, un cultivo promedio (90 ton ha⁻¹ de rendimiento de fruto) normalmente tendrá un contenido total de macronutrientes (planta y fruto) de aproximadamente 225-45-360 kg/ha de N, P y K. (T.K Hartz, 2006). Cabe mencionar que diversos estudios han demostrado que los cultivos con riego por surco requieren de 100 a 160 kg/ha de fertilizante nitrogenado para alcanzar el máximo rendimiento. (Duran, 2009).

González (1996) trabajó con plantas de tomate y observó que una concentración mineral baja influye más severamente en la infección de las plantas por enfermedad y disminuye el número de frutos por planta.

Fertilización Orgánica

La agricultura orgánica en México a pesar de ser el subsector agrícola más pequeño es el más dinámico en el ámbito nacional, y como consecuencia a crecido en forma impresionante en diversidad de productos y en zonas de producción campesina y ha generado más empleo por hectárea, mayor equidad en el reparto de los ingresos y más divisas que los sistemas convencionales de producción Gómez *et al.* (1999), cabe mencionar que uno de los principales problemas de la agricultura orgánica y el uso de biofertilizantes es el desconocimiento de las especies presentes en los agroecosistemas y en la rizósfera de los cultivos para su posible utilización eficiente (Elein *et al.*, 2005), Alarcón *et al.* (2000) señala que la utilización de microorganismos ha sido considerada muy eficiente cuando se conoce y entiende la actividad en las propiedades del suelo y en la planta misma.

Ronald (2000), señala que el hombre a lo largo de la historia ha venido modificando comunidades microbianas que interrelacionan en el suelo, esto con el fin de que se beneficie a los cultivos vegetales. Entre los beneficios de la utilización de los microorganismos en la agricultura está su capacidad para fijar

nitrógeno atmosférico, la descomposición de residuos orgánicos, el aporte de nutrientes al suelo, etc. Terry *et al.* (2005) indica que el abono orgánico es otra parte importante para la agricultura y se ha estado modificando con el fin de que vaya mejorando las condiciones del suelo en general, se tiene conocimiento de que la materia orgánica mejora la estructura del suelo, reduce la erosión del mismo, tiene un efecto regulador en la temperatura del suelo y le ayuda a almacenar más humedad, mejorando significativamente de esta manera su fertilidad. Además la materia orgánica es un alimento necesario para los microorganismos del suelo, en éste sentido Roma, (2002) señala que todas las fuentes disponibles de nutrientes deberían ser utilizadas, por ejemplo excrementos de vaca, de cerdos, de pollos, desperdicios vegetales, paja, estiba de maíz y otros materiales orgánicos. Sin embargo, éstos deberían ser convertidos en abono y ser descompuestos antes de su aplicación en el suelo.

El abono orgánico a menudo crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales. No obstante, el abono orgánico por sí solo no es suficiente (y a menudo no es disponible en grandes cantidades) para lograr el nivel de producción que el agricultor desea, ahí es donde entra el papel de los biofertilizantes debido a que con su ayuda pueden fijar mas nutrientes para la planta, debido a esto los fertilizantes sintéticos tienen que ser aplicados adicionalmente cuando no existe otro medio de fijación.

Hernández (2004), señala que los microorganismos benéficos para la agricultura son muchos y desarrollan sus funciones bajo la influencia de las raíces de la planta, la raíz además de las funciones de anclaje, absorción y transporte de agua, pone a la planta en contacto con la rizósfera, es decir a la zona del suelo que rodea a las raíces de la planta donde abundan los microorganismos. Hoy se utilizan diferentes microorganismos con funciones específicas en la agricultura para mejorar la productividad de las plantas. Todos son una fuente facilitadora del manejo de los nutrimentos que benefician el funcionamiento de los cultivos y

forman parte de una tecnología que garantiza una productividad biológica y económica sin contaminación del ambiente y de la inocuidad reconocida para el hombre a esto se debe que los biofertilizantes sean recomendados en la agenda 21 como resultado de la llamada cumbre de la tierra, firmada en Rio de Janeiro en 1992 (Catarina *et al.*, 2009).

Algas

Las algas se caracterizan por la coloración que presentan, la cual les ayuda a subdividirse. El color que presentan se debe al tipo de clorofila y pigmentación que participan en la fotosíntesis, en la superficie del suelo o cerca de la misma y al hacerlo acumulan materia orgánica y energía (Metting *et al.*, 1990).

Las algas han sido utilizadas por el hombre de diferentes maneras, ya sea como fuente de alimento, medicamento, forraje y fertilizante (abono o mejorador de suelos), en el área energética algunas especies de algas empiezan a considerarse como un producto de material fermentable para la producción de gas metano de carácter comercial. En medio ambiente las algas marinas es el elemento primario en la cadena alimenticia (Aguilar *et al.*, 1998).

Uso agronómico de las algas

Su uso es común en muchos países del mundo y, a medida que esta práctica se extienda, irá sustituyendo el uso de los insumos químicos por orgánicos, favoreciendo así la agricultura sustentable esto se debe a que la ceniza de las algas, son cinco o seis veces mayor que él que dejan las plantas cuando son incineradas; consecuentemente, tienen más metabolitos y, por lo tanto, más enzimas. Esta es la razón del porqué, al usar algas marinas o sus derivados en la agricultura, se aporta un complejo enzimático extra diverso y cuantioso que efectúa cambios en las plantas y en el suelo que sin ellos no toman lugar (Fox y Cameron, 1961).

López *et al.* (1995) mencionan que, al aplicar extractos de algas marinas foliarmente, las enzimas que éstas contienen refuerzan el sistema inmunitario (más defensa), su sistema alimentario (más nutrición) y activan sus funciones fisiológicas de las plantas (más vigor).

Además, las microalgas cianofitas que los extractos conllevan, ya sea que se apliquen foliarmente o al suelo, fijan el nitrógeno atmosférico aún en las no leguminosas (Martínez *et al.*, 1995). Al aplicar algas marinas o sus derivados al suelo, sus enzimas provocan o activan en él reacciones de hidrólisis enzimáticas catalíticas reversibles, de tal manera que, al reaccionar con las arcillas silíceas o las arcillas de hidróxidos más arena, actúan sobre el compuesto que se encuentra en mayor cantidad en favor del que se encuentra en menor proporción y tiende a llevarlo al equilibrio; o sea, al suelo franco ajustando también el pH (Reyes, 1993). También hidroliza enzimáticamente los compuestos no solubles del suelo, desmineralizándolo, desintoxicándolo y desalinizándolo. En los carbonatos libera el anhídrido carbónico formando poros, lo que sucede así mismo al coagular las arcillas silíceas, descompactándolo; todo, en forma paulatina, se logra así: el mejoramiento físico, químico y biológico del suelo, haciendo del mismo un medio propicio para que las plantas se desarrollen mejor.

Efectos en cultivos donde se inoculó con Alga-Enzimas

Senn (1987) reporta que la aplicación de algas al suelo incrementa las cosechas y favorece la calidad y cantidad de los frutos, básicamente porque se administra a los cultivos no sólo todos los macro y micronutrientes que requiere la planta, también 27 sustancias naturales que tienen efectos similares a los reguladores de crecimiento. Dentro de los compuestos ya identificados en las algas se tienen agentes quelatantes como ácidos algínicos, fúlvicos y manitol así como vitaminas, cerca de 5000 enzimas y algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Crouch *et al.*, 1992).

Las algas marinas se aplican en la agricultura en forma de extractos y de polvos solubles. Si los derivados son elaborados en la forma apropiada, los organismos vivos que contienen se conservan en estado viable y se propagan por un tiempo donde se aplican potenciando su acción, lo que hace posible la aplicación de dosis muy bajas (Blaine *et al.*, 1990).

También se ha demostrado que las algas marinas y sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas.

En un experimento llevado a cabo en la Florida, USA, se aplicó extracto de alga al suelo y dos veces vía foliar teniendo como resultado un incremento del 20% de la producción en tomate (Canales, 1997).

Uso de extractos de algas marinas en campo en la agricultura

Después de 12 años estudiando, investigando, y experimentado se logró llevar a nivel comercial el uso de un extracto de algas marinas mexicanas (macro y micro) denominado alga-enzims®, con una dosis de aplicación en cultivos básicos de 1 L ha⁻¹ foliar y/o 1 L ha⁻¹ al suelo.

Este producto alga-enzims®, se ha investigado exhaustivamente, con el personal de los laboratorios de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN) y del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), ambos en Saltillo, Coah. Esto con el fin de mejorar el proceso y producto.

Para encontrar la dosis óptima y sus efectos en los muestreos y calidad en las cosechas y cambios en el suelo, se han llevado a cabo experimentos que son base para tesis profesionales en la UAAAN, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

(ITESM). La aplicación de extractos de algas se considera únicamente en cultivos de riego y buen temporal, dado que las principales reacciones enzimáticas que se dan son de hidrólisis que, sin agua, no tienen lugar o, con escasez de la misma, su actividad es menor. La aplicación de extractos de algas marinas a los cultivos es; al suelo, foliar y suelo más foliar. El último es el que más rendimiento extra proporciona (Benito, 1999).

Ácidos húmicos

Hoy en día, gracias a las nuevas técnicas agronómicas encaminadas a facilitar el máximo rendimiento en los cultivos, el agricultor ya no tiene la necesidad de recurrir a grandes aportaciones de enmiendas orgánicas, sino a compuestos orgánicos líquidos, ácidos húmicos y fúlvicos (Anónimo, 2003) que son productos mucho más estables y activos que las enmiendas tradicionalmente utilizadas. Los cuales realizan una perfecta enmienda orgánica del suelo, sin riesgo de provocar una peligrosa depresión en las fases iniciales del cultivo y todavía más peligrosa mineralización excesiva como ocurre desgraciadamente con muchos residuos orgánicos, vegetales y animales.

Efectos en cultivos

Calderón (1994) reportó diferencias significativas para el efecto de la adición de sustancias húmicas en la altura de planta de tomate. Por otro lado Terry Leyva *et al.* (2005) mencionan que el crecimiento del tallo y las hojas, y el desarrollo de mayor floración con una fructificación adecuada se debe a la capacidad quelatante de los ácidos húmicos, estimulando su crecimiento, desarrollo y rendimiento ya que se adsorben en el suelo. También aumenta la eficacia de sustancias nutritivas si se añaden ácidos húmicos esto hace que haya un mejor rendimiento en el cultivo, además la aplicación de fertilizante se puede reducir hasta un 30% y así los gastos de producción se pueden reducir considerablemente (Acevedo *et al.*, 2004).

Azospirillum

Entre los microorganismos de vida libre que se emplean para la biofertilización se encuentra el género *Azospirillum*, el cual ha sido investigado en diferentes experimentos desde la década de los setentas, por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y estimular el crecimiento vegetal, permitiendo un mejor desarrollo con un ahorro en la fertilización química (Hernández, 1995). Estas bacterias también se conocen como rizobacterias aparte de fijar nitrógeno también son productoras de sustancias reguladoras del crecimiento, por lo que ejercen un efecto benéfico en las plantas con las cuales interaccionan. Esta asociación microorganismo-planta puede mejorar el crecimiento de los cultivos a través de la combinación de fijación biológica de nitrógeno, que a su vez ayudan a la producción de sustancias hormonales, incremento de la disponibilidad de los nutrimentos del suelo y supresión de enfermedades, con un uso reducido de recursos no renovables.

Últimamente son reconocidas siete especies en el género *Azospirillum*; *lipoferum*, *A. brasilense*, *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakense* y *A. largomobile* siendo el nombre de esta especie corregido a *A. largimobile* y fue recientemente transferida del género *Conglomeromonas* al género *Azospirillum* con base a algunas relaciones filogenéticas (Ecker *et al.*, 2001; Bashan *et al.*, 2004).

Clasificación taxonómica

Reino:	Procaryote
División:	Gracillicute
Clase:	Scotobacteria
Familia:	No existe
Genero:	<i>Azospirillum</i> . (Bergey, 1984)

Aislamiento de *Azospirillum*

El aislamiento de la bacteria del género *Azospirillum* resulta muy simple, ya sea del suelo o de la rizosfera de la superficie de la raíz de distintas plantas hospederas.

También se le aísla de las raíces o tallos de algunas plantas. El medio de cultivo usado por excelencia para el enriquecimiento de las especies de *Azospirillum* ha sido el NFb semigelificado “libre” de nitrógeno y con malato como fuente de carbono (Döbereiner *et al.*, 1978).

Estas bacterias también han sido aisladas de la superficie de la raíz del maíz, trigo, arroz, sorgo, avena (Wong, 1979) también se han aislado en algunos otros pastos como son la *Poa pratensis*, *Cynodon dactylon*, *Festuca arundinacea* y algunas especies de *Pennisetum* (López *et al.*, 1989).

Usos agronómicos

Hernández *et al.*, (2007) evaluaron tres cepas del género *Azospirillum* sp (C3, C5 y C7) utilizando una concentración de 10^9 ufc ml⁻¹ en pimiento morrón, incrementando el rendimiento y contenido de minerales en fruto. Así mismo en tomate se han encontrado incrementos significativos en el contenido de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y otros minerales en las plantas inoculadas y biofertilizadas (Terry *et al.*, 2005).

Mendoza *et al.*, (2006) determinaron la concentración en *Azospirillum* sp, por el método de dilución y en dónde obtuvieron mejor respuesta fue de 3×10^6 UFC ml⁻¹ en granos de trigo.

La inoculación con *Azospirillum* en cultivos de maíz, trigo, sorgo y cebada ha incrementado el rendimiento, esto se debe a una mayor absorción de nutrientes hasta en 26 % dependiendo del tipo de suelo y nivel de fertilidad (Caballero *et al.*, 2000).

Caballero *et al.* (2000) reportaron hasta 16 % de incremento en rendimiento en trigo y señala que en 23 tipos de suelos con características diferentes, el *Azospirillum sp* incremento el numero de granos en ambientes favorables. En el estado de Coahuila se obtuvo un aumento del 24.8 % en el numero de granos en trigo aplicando la bacteria por vía foliar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica

El trabajo fue a cielo abierto en el campo agrícola experimental del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, el cual está situado a 25 22 latitud norte, y 101 00 latitud oeste y a una altura de 1742 mnsn. Durante el periodo de julio – octubre del 2010.

Descripción del área de trabajo

Clima

Templado con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 17.3° C, con una oscilación media de 10.4°C. Con temperaturas mínimas de hasta -16.4 °C, con heladas irregulares en el periodo diciembre - febrero. La precipitación media anual es de 460.7 mm. Los meses más lluviosos son julio, agosto y septiembre; las lluvias en invierno son moderadas. Con una humedad relativa de media anual de 64.8% (Mendoza, 1983).

Material genético

El material utilizado en esta investigación fue Jitomate tipo saladette de crecimiento determinado, variedad Rio Grande.

Descripción de tratamientos

Se evaluaron ocho tratamientos, los cuales se describen en el cuadro 1. Se estableció bajo un diseño de bloques al azar 5 repeticiones y 5 plantas para cada repetición.

Cuadro 1. Tratamientos establecidos en tomate Río Grande en el departamento de Horticultura, verano del 2010, Saltillo, Coahuila. UAAAN.

Tratamientos	Material	Dosis
T1	Cepa 5	10 ml planta ⁻¹ (10 ⁸ ufc ml ⁻¹)
T2	Cepa 7	10 ml planta ⁻¹ (10 ⁸ ufc ml ⁻¹)
T3	Cepa 3	10 ml planta ⁻¹ (10 ⁸ ufc ml ⁻¹)
T4	Alga –enzms mr	5ml planta (1l ha ⁻¹)
T5	Sax-5 (18 %)	10 ml planta ⁻¹
T6	Ácido húmico (12%)	5ml planta ⁻¹
T7	Tratamiento químico	200-150-350
T8	Mezcla <i>Azospirillum</i> y ácido húmico (C5-24%)	10ml planta ⁻¹

Actividades para el establecimiento

Preparación de tratamientos

Se preparó el biofertilizante con cepas de *Azospirillum* sp aisladas en raíces de maíz (C3 y C7) y trigo (C5), desarrolladas en incubadora a 30 °C para obtener un concentrado el cuál fue cuantificado por el método de dilución, para diluir a 10⁸ ufc ml⁻¹, un producto comercial alga-enzims 0.5 ml/ planta, el tratamiento SAX -5 se diluyó diez veces, el ácido húmico (12 %) se diluyó diez veces y se aplicaron 5 ml en cada planta, el tratamiento de la mezcla de *Azospirillum* y ácidos húmicos (C5—24%) se preparó con 10 ml de *Azospirillum* y 100 ml de ácido húmico mezclados y diluidos a 1 L con agua destilada dicha solución se aplicó como se menciona en el Cuadro 1, y el tratamiento químico con fertilización química tradicional aplicado mitad al trasplante y mitad antes de floración.

Establecimiento del experimento

Los tratamientos fueron establecidos en camas de 0.70m de ancho y el espacio entre camas fue de 1.1m ocupando un total de 44 m², utilizandó acolchado plástico de color plateado; para el fertirriego del cultivo se estableció una cintilla central con goteros a 0.35m de distancia.

Diseño Experimental

Se estableció bajo un diseño de bloques al azar en campo y el análisis estadístico se realizó con bloques al azar con arreglo factorial, con 8 tratamientos, 5 repeticiones y 5 plantas para cada repetición.

Acolchado

Después de hacer las camas de siembra e instalar el sistema de riego se procedió a colocar manualmente la película plástica de color plateado para finalmente ajustarla.

Trasplante

El trasplante de las plántulas se realizó el 13 de julio del 2010 de forma manual colocando una plántula en cada cavidad del acolchado, cubriendo hasta el cepellón, y colocando las plántulas a una distancia entre 0.35 m entre ellas y 1.1 m entre hileras. Con una densidad de 25000 plantas h⁻¹.

Fertilización

La fertilización se hizo manualmente utilizando las soluciones recomendadas (Cuadro 2) en dichas soluciones se administraron todos los nutrimentos tanto macro como micronutrientes con la excepción del nitrógeno el cual no se dieron aplicaciones. Cabe mencionar que no se realizó análisis de agua para contabilizar los nutrimentos solubles en la misma. La fertilización se hizo tres veces por

semana en los primeros estadios fenológicos del cultivo y 4 veces por semana cuando el cultivo estaba ya en desarrollo.

Control de malezas

Debido al acolchado solo se eliminó la maleza de las calles y algunas que estaban al pie de la planta.

Cuadro 2. Fertilización aplicada tres veces por semana en los primeros estadios fenológicos y 4 en desarrollo del cultivo.

Elementos	Dosis
N	0
P	86.5 gr
K	46gr
Ca	21gr
Mg	127gr
Impact- 4700	2.5ml L ⁻¹

Tutoreo

El tutoreo se realizó con la ayuda de puntales de madera de pino en las orillas de cada línea y rafia amarrada en cada puntal. Los puntales fueron colocados a una distancia de dos metros entre cada uno. Se levantaron las plantas para que no estuvieran en contacto con el suelo.

Control de enfermedades

Se realizaron cuatro aplicaciones de fungicidas cúpricos con la finalidad de prever las posibles enfermedades.

Control de plagas

Se presentó mosquita blanca, la cual fue combatida con el ingrediente activo imidacloprid, el cual fue efectivo en los momentos de aplicación, sin embargo la plaga no pudo ser erradicada completamente debido a los cultivos cercanos al experimento. Otra de las plagas fue el gusano cogollero esta fue controlada con piretroides.

Cosecha

El primer corte se realizó en octubre, con un corte posterior, esto debido a una helada temprana que se presentó dejando en mal estado al cultivo, la cosecha se realizó cuando el fruto presentaba color rojo débil, de manera manual. Los frutos cosechados eran colocados en bolsas de papel previamente etiquetadas según el tratamiento y número de repetición para evaluar posteriormente la cosecha. Los cortes se realizaron por la mañana.

Variables evaluadas

Las variables a evaluar fueron las siguientes:

Altura de planta

Se realizó con una cinta métrica midiendo de la base de la planta o de la superficie del suelo hasta la punta apical.

Diámetro ecuatorial

En cada cosecha se tomaron tres frutos al azar de cada tratamiento y repetición y con la ayuda de un vernier se midió el fruto obteniendo el diámetro ecuatorial (Nuez *et al.*, 1996).

Diámetro polar promedio de fruto (cm)

Se tomaron tres frutos al azar por planta de los cuales se midió el diámetro con un vernier tomando los dos polos del fruto para medirlos para posteriormente obtener el diámetro promedio.

Peso fruto por repetición

Los frutos fueron pesados en una báscula gravimétrica en g, los obtenidos de una misma repetición y anotando los datos en una tabla previamente diseñada.

Vitamina C

Se pesó 10 g de fruta fresca en una balanza analítica, después se trituró y depositó en un mortero de porcelana, se añadió 10ml de ácido clorhídrico al 2%, y se molió por 10 minutos hasta que la muestra quedó hecha papilla, el contenido del mortero se depositó sobre un embudo de filtración, y se lavó tres veces con agua destilada, hasta quitar todo el sólido adherido a las paredes, el líquido filtrado se depositó dentro de un matraz volumétrico de 100 ml, se continuó lavando el sólido hasta completar los 100 ml con agua destilada. Se midieron 10 ml de extracto de vitamina C y depositó en un matraz de erlenmeyer de 125 ml y se tituló con solución de 2.6 diclorofenolindofenol, hasta que apareció el primer tono rosa que persistió durante 30 segundos (Chechetkin *et al.*, 1984).

Grados brix

Los grados brix se determinaron mediante un refractómetro (ATAGO, MOD HSR-500) en el cuál se colocó una gota de extracto de tomate, se cubrió con la tapa y se tomó la lectura en una escala de 1 al 18 (grados brix).

Análisis de datos

Los datos se analizaron en el modelo de bloques al azar con 8 tratamientos, 5 repeticiones y 5 plantas para cada repetición. Zar, 1993. Con el paquete estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza realizado para las variables agronómicas (Cuadro 3), se encontró que hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, para peso de frutos (PFP) y número de frutos (NF) por repetición.

Cuadro 3. Cuadrados medios para variables agronómicas en tomate variedad Río Grande estudiado en el Campo Agrícola Experimental de la UAAAN, 2010.

Fuentes de Variación	Grado de Libertad	Cuadrados medios			
		PFP(kg/pla)	Fc	NF	Fc
Tratamientos	7	0.049	2.67**	286.620	6.06**
Repeticiones	4	0.022	1.19ns	62.209	1.32ns
Error	28	0.018		47.287	
CV		26.448		17.913	

Fc= F calculada. PFP = Peso de fruto por planta en kilogramos NF= Número de frutos.

El análisis de comparación de medias de Tukey (0.05) (Cuadro 4), muestra que en peso de fruto por planta (PFP) el tratamiento con alga-enzims y la cepa 5 superan al testigo químico en un 54 y 22 % respectivamente esto se debe en gran medida a que los componentes que tienen efectos similares a los reguladores de crecimiento que tiene alga-enzims y que concuerda con García *et al.* (1997) quienes señalan que hay diferentes factores que contribuyen significativamente al incremento de peso y volumen de los frutos, por la presencia de reguladores de crecimiento como las giberelinas, responsables de la expansión celular. En relación al número de frutos (NF) se encontró una diferencia entre tratamientos siendo el tratamiento alga-enzims® el que mejor comportamiento tuvo, superando

al testigo en 15%, de acuerdo con Senn (1987) la incorporación de algas al suelo incrementa las cosechas y favorece la calidad y cantidad de los frutos.

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias de Tukey (≤ 0.05), para peso de fruto por planta (PFF) y número de frutos (NF) en tomate variedad Río Grande. UAAAN, 2010.

Tratamientos	PFP(kg pla ⁻¹)	NF
Cepa 5	0.554 AB	35.200 BC
Cepa 7	0.462 AB	26.700 C
Cepa 3	0.495 AB	35.100 BC
Alga-enzims	0.719 A	49.600 A
Sax-5	0.550 AB	47.000 AB
Ác. húmicos	0.374 B	34.400 BC
Testigo	0.464 AB	43.100 AB
C 5 - 24%	0.519 AB	36.000 ABC

AP= Altura de planta; PFP= Peso de fruto por planta en kilogramos; NF= Número de frutos.

En el análisis de varianza realizado para las variables agronómicas AP y Rend. (Cuadro 5), se encontró que hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, en la variable rendimiento.

En el análisis de comparación de medias de Tukey (0.05) (Cuadro 6), para la variable altura de planta (AP), muestra que no hubo diferencia estadística entre tratamientos ni éstos influyeron en la altura de planta, aunque el tratamiento con aplicación química de nitrógeno fue el que tuvo una altura ligeramente superior al resto de los tratamientos, esto concuerda con López, (1994) quien menciona que la cantidad de N inorgánico aplicado directamente a la planta influye en un alto crecimiento de follaje. Sin embargo para la variable rendimiento se encontró que el tratamiento con alga-enzims® (T4) y la cepa 5 (T1) superaron ampliamente al testigo con el 54 y 19 por ciento respectivamente. Este resultado concuerda con el

experimento que llevó a cabo Canales, (1997) quien obtuvo un 20 % de incremento en los rendimientos al aplicar la alga-enzimas al suelo y vía foliar al cultivo.

Cuadro 5. Cuadrados medios para dos variables agronómicas en experimento de tomate variedad Río grande en la UAAAN, 2010.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados medios			
		AP	Fc	Rend	Fc
Tratamientos	7	21.409	0.90ns	31.225	2.67**
Repeticiones	4	489.558	20.53ns	13.969	1.19ns
Error	28	23.848		11.707	
CV		6.685965		26.448	

Fc= F calculada. AP= Altura de planta.

Cuadro 6. Prueba de comparación de medias de Tukey (≤ 0.05) para altura de planta y rendimiento de fruto en tomate variedad Río Grande. UAAAN, 2010.

Tratamientos	AP	Rend (Ton ha ⁻¹)
Cepa 5	73.60 A	13.87 AB
Cepa 7	73.80 A	11.55 AB
Cepa 3	72.24 A	12.39 AB
Alga-enzims	73.64 A	17.97 A
Sax-5	72.28 A	13.75 AB
Á. húmicos	70.64 A	9.36 B
Testigo	77.44 A	11.60 A B
C 5 - 24%	71.36 A	12.99 AB

AP= Altura de planta; Ton ha⁻¹= toneladas por hectárea

En el análisis de varianza realizado para las variables de calidad (Cuadro 7), se mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre tratamientos, para diámetro ecuatorial (DE) y diámetro polar (DP) de fruto.

Cuadro 7. Cuadrados medios para variables de calidad realizadas en experimento de tomate variedad Río Grande en la UAAAN, 2010.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados medios			
		DE	Fc	DP	Fc
Tratamientos	7	0.1577	3.12**	0.220	6.62**
Repeticiones	4	0.0466	0.92ns	0.145	4.36**
Error	28	0.0505		0.033	
CV		4.57		3.214	

Fc= F calculada; DE= Diámetro ecuatorial; DP= Diámetro polar. .

En el Cuadro 8 se muestra la prueba de comparación de medidas de Tukey (0.05) para las variables diámetro polar (DP) y diámetro ecuatorial (DE). Con respecto al diámetro ecuatorial, el tratamiento con Alga-enzims® fue el mejor superando estadísticamente al testigo con el 10% de diferencia, por otra parte en diámetro polar (DP) el tratamiento con alga-enzims® supero estadísticamente al testigo, ya que presento un 8.8% de superioridad respecto al testigo, esto se debe a que el contenido de diferentes concentraciones de ácidos húmicos y enzimas, así como cierto contenido de sacarosa ayuda a la absorción de la planta una mejor nutrición y a su vez se ve reflejado en el tamaño de fruto (Hernández, 2008).

Cuadro 8. Comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) en variables de calidad de fruto en plantas de tomate variedad Río Grande, UAAAN, 2010.

Tratamientos	DE	DP
Cepa 5	5.010 AB	5.460 B
Cepa 7	4.750 B	5.480 B
Cepa 3	4.830 AB	5.580 B
Alga-enzims	5.280 A	6.130 A
Sax-5	4.860 AB	5.700 B
Á. húmicos	4.780 B	5.750 B
Testigo	4.790 B	5.630 B
C 5 - 24%	5.000 AB	5.670 B

DE= Diámetro ecuatorial; DP= Diámetro polar.

El análisis de varianza realizado para las variables de calidad (Cuadro 9), se encontró que no hay estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), para grados brix (GB) y vitamina C (VC).

Cuadro 9. Cuadrados medios para variables de calidad realizadas en experimento de tomate variedad Río Grande en la UAAAN, 2010.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados medios			
		GB	Fc	VC	Fc
Tratamientos	7	0.504	1.85ns	9.181	1.58ns
Repeticiones	4	0.099	0.36ns	7.551	1.30ns
Error	28	0.273		5.821	
CV		11.364		19.46	

GB= grados brix; VC=Vitamina C.

En el Cuadro 10 se muestran la prueba de comparación de medidas de Tukey (0.05) para las variables; grados brix (GB) y vitamina C (VC), aunque no hubo diferencia estadística si la hubo numérica para grados brix (GB) el testigo tuvo una media numérica de 4.5 °brix, sin embargo los tratamientos Alga-enzims®, cepa 7 y cepa 3 superaron al testigo con 10.3, 8.4 y 2.97% estos resultados coinciden con los reportados por Alemán (2010), quien reporta un valor ligeramente mayor o igual a 4 °brix, el cual es considerado como adecuado, por su parte Prado (2002), menciona que el contenido de sólidos solubles se sitúa entre 4.5 y 5.5 °Brix, a éstos valores contribuyen los factores agrológicos aumentando o disminuyendo el contenido de sólidos solubles en los frutos. En vitamina C (VC) los tratamientos no influyeron a significativamente a una mayor cantidad de vitamina C, sin embargo el testigo fue el que mayor valor presentó con una diferencia de 14.07% por arriba del mejor tratamiento que fue C5—24%, no obstante estos resultados son muy bajos ya que según Nuez, (1995) menciona que la concentración de vitamina C en los frutos de tomate maduros es de 23 mg por 100 gramos de fruta, sin embargo los tratamientos en este experimento no incrementaron el contenido de la vitamina C, es difícil aumentar la cantidad por la elevada influencia que el ambiente tiene en la acumulación de vitamina C en tomate (Galiana *et al.*, 2008).

Cuadro 10. Cuadro de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) en variables de calidad en plantas de tomate variedad Río Grande, UAAAN, 2010.

Tratamientos	GB	VC
Cepa 5	4.48 A	11.97 A
Cepa 7	4.70 A	13.28 A
Cepa 3	4.98 A	10.68 A
Alga-enzims	5.12 A	10.33 A
Sax-5	4.40 A	13.15 A
Á. húmicos	4.42 A	12.13 A
Testigo	4.56 A	14.07 A
C 5 - 24%	4.16 A	13.51 A

GB= grados brix. VC=Vitamina C

CONCLUSIONES

La aplicación de alga-enzims (1 L ha^{-1}) y la cepa 5 ($10^{-8} \text{ ufc ml}^{-1}$) incrementaron el rendimiento, peso y número de frutos en el cultivo de tomate.

Considerando los rendimientos y calidad de fruto, es posible deducir que el uso de fertilizantes orgánicos, son una buena alternativa en la producción de productos más saludables.

Dado que solo se realizaron dos cortes de fruto la planta no alcanzó a expresar todo su potencial genético mediante el uso de nutrición orgánica.

BIBLIOGRAFÍA

- Girón A., Villarespe. V, Alejandro Méndez, Dolores de la Peña. 1997. La agricultura orgánica. Primera edición: p 52
- Aguilar, R. R; Espinoza, A.J; Aguilar, R.L.E. 1998. Revista de desarrollo sepconacyt. Vol XXIV. P 143
- Aguirre Medina F, Isizar Garza M, 2001 Duran Prado A, Catarina Loredo Osti, Alvaro Gutiérrez Baeza. Los biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México. Folleto técnico núm. 5
- Alarcon, A. y Ferrera, C.R. 2004. biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. Agricultura técnica de Mexico, instituto nacional de investigaciones forestales. Vol. 26, numero 002 p 203
- Alemán, B., M; Robledo, T., V; Benavides, M., A; Mendoza, V., R; Sandoval, R. 2010. Respuesta de la calidad de fruto de tomate a la aplicación de silicio. Memorias del XXII semana internacional de agronomía. Gómez Palacio, Durango, México
- Alvarado P y Catillo H 2003. Acolchado de suelo. Revista agronómica de la Fundación Chile. Ediciones LOM. Santiago, Chile. p 117.
- Arellano Gil y M. A. Gutiérrez Coronado. 2000. Rendimiento y calidad poscosecha de tomate bajo diferentes esquemas de fertilización al suelo. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 12(001): p 118
- Bergey's M. 1984. Bacteriología sistemática. Ed. I, Vol. I sección 2 instituto nacional de ciencias agrícolas. Artículo científico
- Caballero Mellado., Scheven Cordero., G. R. Gonzalez-Cu and J.F. Aguirre.2000. Fourth European Nitrogen fixation conference. p. 45
- Chechetkin, A.V., Ivoronianski, V.y Pokusay. G.G. 1984. Prácticas de bioquímica del ganado y aves de corral. editorial mir moscu. P 342
- Cun G., Duarte D. y Montero S. 2008. Producción orgánica de tomate mediante la aplicación de humus de lombriz y EcoMic en condiciones de casa de cultivo. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 17, No. 3. P 25
- De Prado, R, J, L. 2002. Tipos y especificaciones de calidad en el cultivo de tomate. Vida Rural. No.148.Ed. Eumedia. S.A. Madrid

- Döbereiner, J. 1978. Influence of environmental factors on the occurrence of *Spirillum lipoferum* in soils and roots. *Ecol. Bull. (Stockholm)* p 343-352.
- Ecker B., Baller O., Kirchhof G., Halbritter A., Stoffels M., Hartman A. 2001. *Azospirillum doebereineriae* spp. Nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4- grass *Miscanthus*. *Internat. J. Sistem. Evolut. Microbiol.* p17-26.
- Escalona C, Alvarado V, Monardes M, Claudio Urbina Z, Alejandra Martin B. 2009 manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 3ª Edición. Publicación 3311. Universidad de California. p 580
- Fox, B.A. y A.G. Cameron. 1961. Food science, nutrition and health. Sixth Edition. Ed. Edward Arnold, a division of Hodder Headline PLC, London NW1 3BH.
- Galiana Balague, L.; Adalid, A y Nuez F. 2008. Influencia del ambiente en la evaluación del contenido de vitamina C en germoplasma de *Lycopersicon*. Centro de Conservación y Mejora de la Agro diversidad Valenciana (COMAV), Universidad Politécnica de Valencia, p 2
- García-Martínez, J.L. y P. Hedden. 1997. Gibberellins and fruit development.. En: Tomas-Barberan, F.A. y R.J.Robins. (eds.). *Phytochemistry of fruit and vegetables*. OxfordSci. Publications, Heidelberg. pp. 263-285
- Gómez Tovar, L; Gómez Cruz, M, Schwentesius Rindermann, 1999. Desafíos de la agricultura orgánica. agricultura orgánica; productos; certificación; comercialización. a 01 1549 est: paginas 224
- Hartz, T. K. 2006. Manejo de fertilizantes para la producción de tomate de alto rendimiento. Instituto de investigaciones agropecuarias. No.32: paginas:
- Hernández M y Chailloux M. 2004. Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como alternativa a la nutrición mineral del tomate. *Cultivos Tropicales*, vol. 25, núm. 2, pp. 5-12:
- Hernández, A. N., Hernández, A. y Heydrich, M. 1995. Selección de rizobacterias asociadas al cultivo del maíz. *Cultivos Tropicales*, vol. 16, no. 3, p. 5-8.
- J. Santiago, M. Mendoza, y F. Borrego. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, mill) en invernadero: Criterios fenológicos y fisiológicos1. *Agronomía mesoamericana*. 9(1): p 59-65.:
- Lamont, W. J. 1996. What are the components of a plasticulture vegetable.

- Antibiotic resistance and blactamase activity in Azospirillum. production system. HortTechnology. 6(3): p 150-154.
- Llonin D y medina N. 2002. Nutrición mineral con N, P, y K en la simbiosis hongos micorrizos, tomate. Cultivos tropicales, vol.23 no 4: paginas 88
- López, D.A., R.M. Williams, K. Miehlike y J. Mazana. 1995. Enzimas, fuente de vida. Fundación de Investigación Inmunológica (IERF), 1+822 Monticelo Place, Evanson, Illinois, USA. Ed. en español, Edika Med.,
- Lopez, T.M. 1994. Fertilización, abonado y análisis. Horticultura. Ed. Trillas S.A de C.V. Cap. 2. pp. 22- 92.
- Martínez de la Cerda J. 2000. acolchado en hortalizas. Facultad de Agronomía, de la Fundación chile p 2-4.
- Martínez, L.J. y Salomon J.. 1995. Efecto de un extracto de algas y varios fitorreguladores sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) var. *Gigant*. Tesis doctoral. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey p 3-8
- Mendoza V. R. 1986. Respuesta del maíz (*Zea maíz L.*) variedad Lucio Blanco (AN-361) a la inoculación de *Azospirillum lipoferum*, *Azospirillum brasilense*, *Azospirillum sp* en Derramadero Coahuila. Tesis. Maestria. UAAAN. Mexico. 81 p.
- Mendoza-Villarreal, R., V. Zamora V., J.L. Cabello Ch., F.J. Martinez G. y K. Romenus de A. 2007. IX simposio interna Mendoza-Villarreal, R., V. Zamora V., J.L.
- Metting B, Zimmerman W. J, y Van staden. 1990. Agronomic. Uses of seaweed and microalgae. Introduction to applied phycology. Ed.bv. the hague, the netherland 589- 627
- Novella R. Y Medina N. 2001. Participación de las micorrizas arbusculares y la fertilización nitrogenada en el crecimiento y la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) en un suelo Ferralsol desaturado. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana. P: 74
- Nuez F. 2001 el cultivo de tomate 1 edición: P 18
- Nuez, F. 1995. El cultivo de tomate. Ediciones Mundi-Prensa Perla A. Gómez; Andrés F.L. Camelo. 2002 Calidad postcosecha de tomates almacenados en atmósferas controladas. Hort. bras., v. 20, p.38-43

- Orozco-Santos M, Orozco J, González Joaquín R, Velázquez, Medina, Urrutia V y Hernández J. 2004. reguladores del crecimiento, fertilizantes, ácidos húmicos y fulvicos en banano Musa AAA CV. GRAN ENANO 8. XVI reunión internacional acorbat.
- Reyes R., D.M. 1993. Efecto de algas marinas y ácidos húmicos en un suelo arcilloso y otro arenoso. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., México
- Rincón Sánchez L. 2003. La fertirrigación del tomate y del pimiento grueso. Centro de investigación y desarrollo agroalimentario (CIDA) estación Sericícola. p 40
- Rodríguez, J., Pinochet, D. y Matus, F. 2001. La Fertilización de los cultivos. Roma. 2002. Los fertilizantes y su uso. FAO. Cuarta edición, revisada, FAO e IFA. ISBN 92-5-304414-4
- Santiago J , Mendoza M y Borreg F.1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía mesoamericana* 9(1): p 59-65.
- Terry, a. e., Leiva, a., Hernández a. 2005. Microorganismos benéficos como Biofertilizantes eficientes para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Rev. Colomb. Biotecnol.* Vol. VII No. 2. P. 47-54