

Estudio comparativo de cultivo hidropónico de jitomate cereza (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) con y sin microorganismos rizosféricos funcionales adicionados.

Escuela de procedencia: Instituto Asunción de México

Clave de registro: CIN2018A10026

Autores:

Ana De Dios Gibson

María Díaz Infante Herrera

Santiago Fernández Falcón

Ronid Picard Pérez-Gil

Asesora:

Laura Cecilia Díaz Arelle

Área de conocimiento: Ciencias biológicas, químicas y de la salud

Disciplina: Química

Tipo de investigación: Experimental

Ciudad de México
16/02/18

Resumen

Se estima que la población mundial llegue a 9600 millones de habitantes en 2050, por lo que existe la necesidad urgente de mejorar las prácticas agrícolas para aumentar los rendimientos de la producción alimentaria y hacerlo de manera sustentable. En este contexto, el objetivo de este estudio fue analizar el efecto de microorganismos funcionales en el crecimiento y producción de jitomate cereza en cultivos hidropónicos. Para ello se sembró en cultivo hidropónico el jitomate cereza (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) y se añadió al 50% de las plantas una mezcla de dos productos de la empresa Tierra de Monte: ReFuerza y REVI-B, dos insumos a base de microorganismos funcionales, destinados a incrementar la productividad de las plantas. Se observó el desarrollo del crecimiento de las plantas, número de flores y frutos en ambos cultivos. Como resultado, en las plantas con adición de la mezcla de microorganismos se obtuvo un mayor crecimiento de las plantas, mayor cantidad de flores y frutos, así como un peso mayor en los frutos maduros. A partir de lo anterior se puede inferir que existe una amplia gama de interrelaciones entre especies de microorganismos en el suelo y en sustratos hidropónicos y el rizoma de las plantas, que repercuten de forma directa y positiva en el crecimiento y desarrollo de especies vegetales. Se recomienda el uso de microorganismos funcionales para incrementar productividad de cultivo y reducir el uso de agroquímicos.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*, microorganismos rizosfericos, suelo, cultivo hidropónico.

Abstract

The growth and development of plant species. The use of functional microorganisms is It is estimated that the world population will reach 9600 million people by 2050. It is therefore urgent to improve agricultural practices to increase yield productivity sustainably. In this context, the purpose of this study was to analyze the effect of functional microorganisms on the growth and production of cherry tomatoes in hydroponic crops. The cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) was planted with hydroponic techniques and 50% of the plants were inoculated with two products from a company named Tierra de Monte: ReFuerza and REVI-B, two inputs elaborated from functional microorganisms, intended to increase the productivity of

plants. We observed and compared the development and growth of the plants, as well as the number of flowers and fruits in both crops. As a result, in the plants with the addition of the microorganism mixture, the size of the plants, the number of flowers and fruits, as well the weight of mature fruits was greater than those of the plants with no mixture. It can be inferred that there is a wide range of interrelationships between species of microorganisms in the soil and in hydroponic substrates and the rhizome of plants, which have a direct and positive impact on recommended to increase crop productivity and to reduce the use of agrochemicals.

Key words: *Solanum lycopersicum* var. Cerasiform, rhizospheric microorganisms, soil, hydroponic culture.

Resumen ejecutivo:

En el presente trabajo se analizaron las diferencias entre dos cultivos hidropónicos de jitomates: uno con microorganismos rizosféricos añadidos y otro sin ellos. Para estudiar los efectos de los mismos en el crecimiento de las plantas, flores y frutos del jitomate cereza (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) se planteó la siguiente pregunta problema: ¿Si se agrega una mezcla de microorganismos rizosféricos al cultivo hidropónico de jitomates se observará un incremento en el tamaño de la planta y la producción de frutos?

La hipótesis del estudio pretende comprobar que si se adiciona una mezcla de microorganismos funcionales al cultivo hidropónico de jitomates cereza entonces se observará un incremento en el tamaño de la planta y de cantidad de frutos en comparación con un cultivo control sin adición de microorganismos. De esto se desprende que el objetivo sea analizar si la adición de microorganismos favorece el crecimiento y producción de jitomate cereza en cultivos hidropónicos con y sin microorganismos funcionales adicionados.

Se ha comprobado en estudios previos en suelo que existe una población de microorganismos en el rizoma de las patatas que aportan beneficios a los cultivos. Por esta razón, en este experimento se adicionaron dos mezclas de microorganismos rizoféricos de la empresa Tierra del Monte: ReFuerza y REVI-B al 50 % de las plantas en estudio.

Los resultados nos mostraron que el promedio de talla (altura) de las plantas con microorganismos adicionados siempre fue más alto que los que no tuvieron microorganismos adicionados; en cuanto al número de flores, los promedios de flores de los cultivos con microorganismos siempre fueron mayores a los cultivos sin microorganismos; y el promedio y número total de jitomates del cultivo con microorganismos fue más alto, en todos los conteos, que las plantas sin microorganismos.

La cantidad de jitomates maduros, después de 20 semanas de cultivo, fue mucho mayor (el doble) en el cultivo con microorganismos (34 jitomates maduros), que con las plantas sin microorganismos (17 jitomates maduros).

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, se puede vincular una correlación entre un mayor desarrollo en altura de las plantas de jitomate, número de flores y frutos, tamaño y peso de los jitomates maduros cosechados, con la adición de microorganismos funcionales. Por lo que se puede afirmar que existe un beneficio para la planta de jitomate.

Además se pudo observar que los microorganismos aportaron una mayor resistencia a sequías y períodos de bajos porcentajes de agua, ya que tuvieron menores pérdidas de flores y hojas.

La utilización de estos microorganismos pueden ser muy útiles en la actualidad y a futuro, ya que se sabe que se necesitará incrementar en gran porcentaje la producción de comida en el mundo. Además en la bibliografía está descrito que estos microorganismos son una opción muy viable para proteger a la planta de patógenos, reduciendo así la pérdida de cosechas por plagas, mismas que pudimos comprobar que no se presentaron en nuestros cultivos. Además, ayudaron al crecimiento y producción temprana de frutos , y redujeron el tiempo de maduración de la planta y de obtención de frutos. Aumentaron la cantidad de frutos obtenidos y el peso de los mismos.

La inversión inicial fue de \$6.85 para los cultivos con microorganismos y al final se obtuvo un ingreso de \$10.16, por lo que se pudo observar que la inversión inicial creció en un 48%, un resultado muy bueno y muy atractivo, desde el punto de vista económico.

La sequía provocada por la falta de cuidados en las plantas es un elemento importante a considerar cuando se trata de implementar este método de cultivo en diferentes zonas del país, con el propósito de eficientar y maximizar la producción de alimentos (jitomate), como se menciona anteriormente, sin embargo, es posible rescatar que las consecuencias que tuvo la cosecha fueron mínimas o nulas respecto a la pérdida de alimentos, aún incluso cuando la planta sufrió severos daños.

Tabla de Contenido:

Planteamiento del problema:.....	7
Hipótesis:.....	7
Objetivo general:.....	7
Justificación:.....	7
Marco teórico.....	8
Materiales:.....	12
Metodología:.....	12
Resultados:.....	13
Análisis de resultados.....	18
Conclusiones.....	19
Anexo 1 fotografías.....	23

Planteamiento del problema:

¿Si se agrega una mezcla de microorganismos rizosféricos al cultivo hidropónico de jitomates se observará un incremento en el tamaño de la planta y la producción de frutos?

Hipótesis:

Si se adiciona una mezcla de microorganismos funcionales al cultivo hidropónico de jitomates cereza entonces se observará un incremento en el tamaño de la planta y de cantidad de frutos en comparación con un cultivo control sin adición de microorganismos.

Objetivo general:

Analizar si la adición de microorganismos favorece el crecimiento y producción de jitomate cereza en cultivos hidropónicos con y sin microorganismos funcionales adicionados.

Justificación:

Se estima que la población mundial llegue a 9600 millones de habitantes en el año 2050; dos de cada tres personas vivirán en las ciudades (Organización de Naciones Unidas (ONU), 2017). Lo anterior, originará una demanda asimétrica de alimentos, lo que quiere decir que, en los próximos 20 años, la producción de alimentos necesitará aumentar 60 por ciento (Organización de Naciones Unidas (ONU), 2017). Esta tendrá que ser mucho más eficiente, se necesitarán nuevas tecnologías e investigaciones agrícolas que generen el desarrollo de cultivos eficientes de alimentos con mayores rendimientos. Estas situaciones sugieren incrementar la eficiencia de la utilización de todos los recursos, en particular el agua y el uso de fertilizantes, como con los cultivos hidropónicos (Nieto, 2009), los cuales ofrecen una serie de beneficios, que incluyen: capacidad de reutilización de agua y nutrientes, fácil control ambiental y prevención de enfermedades y plagas transmitidas por el suelo. Dado que las técnicas de producción hidropónica pueden ofrecer mayores rendimientos y productos de mayor calidad, la

oferta y la demanda de sistemas hidropónicos se han incrementado a nivel mundial (Nieto, 2009).

El jitomate es uno de los cultivos más demandados en el mercado. Se ha cultivado globalmente por su valor nutricional. El jitomate cereza es ampliamente utilizado para su consumo en ensaladas. Se han encontrado especies de patógenos como *Colletotrichum*, *Fusarium*, etc., en los sistemas hidropónicos que atacan a los cultivos (Ekundayo E.A., 2015). Por otra parte, se ha comprobado que existe una población de microorganismos en el rizoma que aportan beneficios a los cultivos. Por esta razón en este experimento se adicionaron dos mezclas de microorganismos de la empresa Tierra del Monte: ReFuerza y REVI-B que se ha comprobado en estudios previos en suelo, que tienen una aportación benéfica al desarrollo de la planta, mayor producción de flores y frutos y protección contra microorganismos patógenos.

Por otro lado, las prácticas agrícolas tradicionales en todo el mundo se ven cada vez más afectadas por diversos problemas, como enfermedades, plagas, sequías, disminución de la fertilidad del suelo debido al uso de plaguicidas químicos peligrosos, la contaminación y el calentamiento global. Esto ha generado pérdida de la biodiversidad de microorganismos y ha afectado el equilibrio de los suelos.

Marco teórico

Existe la necesidad urgente de mejorar las prácticas agrícolas para asegurar que la producción alimentaria esté en balance con el ambiente y sea sustentable.

Globalmente, muchos sistemas de cultivos de alta producción se caracterizan por baja eficiencia de utilización de nutrientes, sólo del 30-50% de los fertilizantes con Nitrógeno (N) y Fósforo (P) son absorbidos por las plantas y el resto contamina la hidrósfera, atmósfera y litósfera, esto resulta en una pérdida de biota, amenaza a la integridad de los ecosistemas y los ciclos biogeoquímicos.

El suelo es el hábitat de una gran variedad y cantidad de microorganismos. Las raíces de las plantas alojan una gran variedad de ellos. Algunos interactúan de forma positiva y otros de forma negativa. De los grupos dominantes son bacterias y hongos.

La mayoría de las interacciones se llevan a cabo en la rizosfera. Este es un espacio de interacción entre la raíz de la planta y el área que la rodea. Es un centro de actividades

físicas, químicas y biológicas con apenas 1 mm de espesor, que rodea a la estructura viva del sistema radical y es influenciado por los exudados de la raíz. Las plantas pueden acceder a sustancias segregadas o contenidas por microbios, que por medio de la lisis liberan los nutrientes (Lowenfels, Teaming with fungi, 2017).

Frecuentemente nos imaginamos a las plantas como estructuras que toman nutrientes a través de las raíces y alimentan a las hojas. Pero gran parte de la energía que resulta de la fotosíntesis en las hojas es usada por las plantas para producir sustancias químicas que se segregan a través de sus raíces. A estas secreciones se les llama exudados. Estos se segregan en la rizosfera. En este espacio se encuentran bacterias, hongos y otros microorganismos. Los exudados contienen carbohidratos, proteínas, agua y minerales que atrae a bacterias y hongos y otros organismos. Las bacterias y hongos se encuentran al final de la red alimenticia y son como bolsas pequeñas de fertilizantes que retienen en su cuerpo nitrógeno y otros nutrientes. Por su pequeña talla, necesitan adherirse a las raíces y al suelo. Producen sustancias pegajosas como mucílagos y así evitan ser arrastrados por el agua de riego o lluvia y forman parte del suelo. Ambos, forman capas protectoras alrededor de las raíces. También producen sustancias inhibitorias como antibióticos: los hongos pueden producir penicilina, entre otras y las bacterias estreptomina y fenazinas, entre otras. Estas a su vez atacan a organismos patógenos y protegen a la planta (Lowenfels & Wayne, Teaming with Microbes, 2010).

Las bacterias del suelo juegan un papel muy importante en el reciclaje de carbono, azufre y nitrógeno. Atrapan y retienen nutrientes El azufre se recicla con bacterias oxidantes de azufre que fabrican sulfatos (SO_4^{2-}) y los liberan al medio. El nitrógeno atmosférico no puede ser utilizado por las plantas, este tiene que ser fijado (combinado con oxígeno e hidrógeno) para producir el ion amonio (NH_4^+), Nitrato (NO_3^-) o nitrito (NO_2^-). A este proceso se le llama fijación del nitrógeno. Algunas bacterias fijadoras de nitrógeno son: *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Clostridium* y *Rhizobium*. (Lowenfels & Wayne, Teaming with Microbes, 2010)

La micorriza, formada por la simbiosis entre las raíces de las plantas y hongos, ha existido en el planeta desde hace 450 millones de años. De hecho, se cree que, gracias

a esta relación, las plantas sobrevivieron en la tierra. Algunos de los beneficios que los hongos otorgan a las plantas son: consumo y liberación de nutrientes, mayor resistencia a las sequías, incremento en la resistencia contra patógenos, fructificación temprana, incremento en cantidad de flores frutos y/o talla de los mismos. (Lowenfels, Teaming with fungi, 2017)

Los hongos son organismos eucarióticos (tiene células con membrana alrededor de su núcleo), heterótrofos. Pueden ser unicelulares, como las levaduras (pueden vivir en condiciones anaeróbicas) o multicelulares, que contienen muchos filamentos o hifas. Los filamentosos son aerobios y necesitan oxígeno para sobrevivir (Lowenfels, Teaming with fungi, 2017). Los hongos de la micorriza le transfieren nutrientes a las plantas. En cambio, 20% del carbón producido por la planta puede ser transferido al hongo de la micorriza. Estos hongos ayudan a transferir nutrientes del suelo como fósforo, nitrógeno, cobre, zinc, hierro y níquel (Lowenfels, Teaming with fungi, 2017).

Se tiene que tener mucho cuidado de no sobre fertilizar al utilizar fertilizantes. Demasiado fósforo o nitrógeno puede reducir o limitar el crecimiento de los hongos de la micorriza. Requieren un pH entre 5.5 - 7 para sobrevivir. (Lowenfels, Teaming with fungi, 2017).

Algunas de las funciones que presentan las bacterias y hongos adicionados al cultivo de jitomates en estudio fueron las que se muestran en la siguiente tabla.

Microorganismo	Grupo	Función
<i>Azospirillum spp</i>	Bacteria	Promotoras del crecimiento vegetal a través de la fijación del nitrógeno y producción de fitohormonas (Méndez, Castro, & García, 2014).
<i>Bacillus subtilis</i>	Bacteria	Produce diferentes metabolitos secundarios con buena actividad antifúngica y antibacteriana (Qing-Qing, y otros, 2014)
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Bacteria	Produce unas proteínas con actividad biológica contra larvas de insectos-plaga (Portela-Dussán, Chaparro-Giraldo, & López-Pazos, 2013)
<i>Bacillus licheniformis</i>	Bacteria	Bacterias rizosféricas que tienen la capacidad de llevar a cabo la fijación biológica del nitrógeno, la solubilización de minerales como el fósforo y la producción de hormonas reguladoras del crecimiento vegetal. Por su parte, la forma indirecta de promoción del crecimiento vegetal está relacionada con la producción de sustancias que actúan como antagonistas de patógenos o induciendo resistencia en las plantas (Tejera-Hernández, Rojas-Badía, & Heydrich-Pérez, 2011)
<i>Bacillus megaterium</i>	Bacteria	Efectivos para el control de podredumbre de raíces favoreciendo el tamaño de la planta (Boominathan & Sivakumaar, 2013)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Bacteria	Gran capacidad para controlar patógenos, al producir sustancias inhibitoras o aumentar la resistencia de la planta, promueve el desarrollo de bacterias benéficas que fijan nitrógeno, promueven el

		desarrollo de la raíz y la síntesis de fitohormonas (Pérez, Coto, Echemendía, & Ávila, 2015)
<i>Streptomyces spp</i>	Bacteria	Produce metabolitos secundarios como antibióticos, enzimas antihelmínticas y herbicidas. Se encuentran muy difundidos en el suelo en su forma filamentosos, y esto le brinda fuerza a la textura del suelo y lo protege de la erosión del agua y viento. (Hasani, Karimnik, & Issazadeh, 2014)
<i>Rhizobium etli</i>	Bacteria	Provoca la fijación del nitrógeno en los nódulos de las plantas, convierte el nitrógeno atmosférico en amoníaco. (Moris, y otros, 2005)
<i>Aspergillus orizae</i>	Hongo	Puede sobrevivir en suelo muchos meses en condiciones de frío extremo. Tiene enzimas proteolíticas. (Karthic, Saroj, Naveen, Pramod, & Siddalingeshwara, 2014)
<i>Beauveria bassiana</i>	Hongo	Capaz de infectar a más de 200 especies de insectos por fijación y mecanismos químicos (acción de enzimas: proteasas, lipasas y quitinasas). Ingresa en el insecto a través de las partes blandas. Produce la toxina llamada Beauvericina que ayuda a romper el sistema inmunológico del patógeno, lo que facilita la invasión del hongo a todos los tejidos. (Antía-Lodoño, Posada-Flores, Bustillo-Pardey, & González-García, 1992)
<i>Beauveria bassiana</i>	Hongo	Entomopatógeno usado para el control de insectos. (Antía-Lodoño, Posada-Flores, Bustillo-Pardey, & González-García, 1992)
<i>Glomus intraradices</i>	Hongo	Mejoró el crecimiento de la planta. Optimiza la solubilización del fósforo a partir del mineral fosfato. Producen glomalina (glicoproteína), que es pegajosa y contribuye a la estructura del suelo. (Duponnoisa, Colombeta, Hienb, & Thioulouse, 2005)
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Hongo	Agente de biocontrol contra nemátodos en raíces. (Carrión & Desgarenes, 2012)
<i>Penicillium sp</i>	Hongo	Incrementa la disponibilidad de nutrientes en el suelo. (Gardella)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Hongo	Aumentó el contenido de nitrógeno y fósforo en las raíces de plantas de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i>). Incrementó el radio de la raíz al tallo y mayor biomasa en tallo de las plantas de jitomate. Mejora la nutrición de la planta y su vigor en la fase de crecimiento. Mejora las raíces. (Lonhienne T. , y otros, 2014)
<i>Trichoderma harzianum</i>	Hongo	Actúa como hiperparásitos competitivos que producen metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas a los que se le atribuyen los cambios estructurales a nivel celular, tal desintegración del citoplasma y lisis celular, encontrados en los organismos con los que interactúa. (Ezziyani, Pérez -Sánchez, Sid, & Requena, 2004)
<i>Trichoderma longibranchiatum</i>	Hongo	Control biológico de patógenos, productores eficientes de enzimas degradadoras de pared celular. Resistencia a stress biótico y abiótico. (Migheli, González-Candelas, Dealessi, Camponogara, & Ramón-Vidal, 1998)
<i>Trichoderma viridae</i>	Hongo	Es un fungicida biológico que ataca a patógenos generadores de enfermedades antes de que lleguen a las raíces de las plantas. Genera enzimas que ataca y disuelve la pared celular del patógeno (hongo o bacteria). (Basappa, Sundar, Eshwarappa, Shivakumar, & Subbaiah, 2010)

Tabla 1 Funciones de bacterias y hongos incorporados al sustrato de cultivo del 50% de los jitomates.

En un cultivo hidropónico se agrega una solución nutritiva que es una mezcla de agua y fertilizantes, que aportan micro y macronutrientes. Entre los más importantes están: el nitrógeno que forma parte de la clorofila y las proteínas, es el responsable del color verde oscuro y promueve el desarrollo de hojas y tallos; el fósforo, que forma parte del ácido nucleico, favorece el desarrollo de las raíces, la floración y ayuda a la formación de la semilla; el potasio que brinda a las plantas mayor resistencia a las enfermedades,

favorece el almacenamiento del almidón y regula las condiciones de agua dentro de las células de la planta (Sánchez del Castillo, 1988).

Los fertilizantes tienen unos números que corresponden a lo siguiente:

el primero indica la cantidad de nitrógeno, el segundo la cantidad de fósforo y el tercero a la cantidad de potasio. Por ejemplo, si el fertilizante indica que es: 15-31-15, quiere decir que tiene 15% de nitrógeno, 31% de fósforo y 15% de potasio.

Materiales:

1 semillero con capacidad de 50 plantas

50 semillas de jitomate cereza: *Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*

18 botellas de PET de 1.5 L perforadas por la base y la tapa.

18 esponjas de 2x2 cm

Marco de madera de 1.2 X 0.75 m

Agrolita y Peat Moss

Fertilizantes: 15-31-15 ; 19-19-19 ; 22-5-30

Mezclas de microorganismos: de la empresa Tierra del Monte: ReFuerza y REVI-B

Metodología:

Se sembraron las semillas de jitomate en semilleros con Peat Moss. Permanecieron en la sombra hasta la germinación. Se regó únicamente con agua los primeros 5 días. Se montó un sistema de riego por goteo con botellas de PET con sustrato de agrolita 95% y 5% de Peat Moss. Se trasplantaron las plantitas al presentar un tamaño de 10 cm (4 semanas aproximadamente). Se adicionaron al 50% de las botellas una mezcla de microorganismos cada 15 días en una concentración de 0.05 g/L, el otro 50% funcionó de control. Se regó el cultivo con fertilizantes una vez a la semana (N-P-K) de acuerdo a la tabla y patrón siguiente:

Semana	Fertilización (NPK) + Ca + Mg
4-5 primeros días	agua
6° día	19-19-19 + Calcio y magnisal
1° semana	15-31-15 + Calcio y magnisal
2°	15-31-15 + Calcio y magnisal
3°	19-19-19 + Calcio y magnisal
4°	15-31-15 + Calcio y magnisal
5°	15-31-15 + Calcio y magnisal
Se continúa con este patrón las siguientes semanas hasta el primer botón floral	

X	22-5-30 + Calcio y magnisal
X+1	22-5-30 + Calcio y magnisal
X+2	15-31-15 + Calcio y magnisal
X+3	22-5-30 + Calcio y magnisal
X+ 4	22-5-30 + Calcio y magnisal
Se continúa el patrón hasta la cosecha	15-31-15 + Calcio y magnisal

Tabla 2. Patrón de riego cultivo hidropónico.

Resultados:

El promedio de talla (altura) de las plantas con microorganismos adicionados siempre fue más alto que los que no tuvieron microorganismos adicionados, como se puede observar en la tabla 3.

	Altura (cm)						
Moorg 1	10	12	14	20	22	25	30
m 2	10	13	20	29	30.5	35	39
m 3	10	12	22	25	24	29	43
m 4	13	13	18	20	25.3	30	38
m 5	11	12	26	27	29	38	47
m 6	8	9	19	28	25	30	40
m 7	13	14	23	29	30	38	47
m 8	12	16	25	30	33	48	54
m 9	12	15	25	23	24	40	49
Promedio	11.0	12.9	21.3	25.7	27.0	34.8	43.0
Control							
10	12	12	20	30	27	34	34
c 11	11	12	18	30	27	40	45
c 12	12	13	20	15	21	30	38
c 13	8	11	16	20	20	26	32
c 14	11	12	22	25	30	30	30
c 15	6	15	17	20	22	28	39
c 16	12	12.5	18	22	25	30	38
c 17	10	12.5	19	22	24	32	43
c 18	10	12	20	22	29	30	40
Promedio	10.2	12.4	18.9	22.9	25.0	31.1	37.7

Tabla 3 Crecimiento (altura cm) jitomates con y sin microorganismos. (Etiqueta: Moorg es la muestra con microorganismos y control es sin microorganismos). Las alturas se midieron cada 15 días.

En cuanto al número de flores, los promedios de flores de los cultivos con microorganismos siempre fueron mayores a los cultivos sin microorganismos, como se puede observar en la tabla 4.

	No. Flores					
Moorg. 1	4	0	10	20	25	13
m 2	4	7	11	13	14	6
m 3	4	5	6	14	34	15
m 4	5	8	17	12	16	7
m 5	4	7	13	14	12	15
m 6	2	0	6	8	16	30
m 7	5	7	19	13	15	4
m 8	6	13	14	8	13	4
m 9	4.0	4.0	8.0	8.0	15.0	27.0

Pro med io	4.2	5.7	11.6	12.2	17.8	13.4
Cont rol 10	6	3	15	11	18	7
c 11	4	7	11	15	0	0
c 12	0	3	10	9	12	15
c 13	4	8	11	11	7	16
c 14	4	8	7	16	21	12
c 15	0	0	7	12	19	16
c 16	4	7	18	6	7	18
c 17	4	8	12	13	18	8
c 18	0	0	13	11	13	24
Pro med io	2.9	4.9	11.6	11.6	12.8	12.9

Tabla 4 Número de flores en jitomates con microorganismos (Moorg) y sin microorganismos (control).

En la tabla 5 se puede observar, que el promedio y número total de jitomates del cultivo con microorganismos fue más alto, en todos los conteos, que las plantas sin microorganismos.

	Jitomates	Jitomates	Jitomates
Microorganismos 1	0	34	45
m 2	0	28	40
m 3	0	10	9
m 4	4	21	36
m 5	3	11	15
m 6	0	2	4
m 7	5	21	26
m 8	4	21	23
m 9	0	9	9
TOTAL	16	157	207
Promedio	1.8	17.4	23.0
Control 10	1	19	21
c 11	0	8	12
c 12	0	12	12
c 13	0	17	22
c 14	1	9	20
c 15	0	2	5
c 16	4	12	32
c 17	0	11	20
c 18	0	2	3
TOTAL	6	92	147
Promedio	0.7	10.2	16.3

Tabla 5 Número de jitomates con y sin (control) microorganismos adicionados.

La cantidad de jitomates maduros, después de 20 semanas de cultivo, fue mucho mayor con el cultivo con microorganismos (34 jitomates maduros), que con las plantas maduros).



Ilustración 1 cantidad de jitomates en la cosecha final Comparación entre el cultivo con microorganismos (vaso izquierdo) y el cultivo sin microorganismos (vaso derecho)

La siguiente fotografía muestra a los 10 jitomates más grandes de ambos cultivos. La imagen de la izquierda son los del cultivo con microorganismos y la imagen de la derecha del cultivo sin microorganismos. A simple vista se puede observar una diferencia en tamaño muy importante, la cual se puede corroborar con el peso de cada uno de los jitomates en la tabla número 6.



Ilustración 2 Comparación entre los 10 jitomates más grandes de los cultivos con microorganismos (imagen de la izquierda) y sin microorganismos (imagen de la derecha)

Se pesaron todos los diez jitomates cosechados de cada uno de los cultivos y la información se muestra en la siguiente tabla.

Con microorg.	Peso(g) con microor g.	Peso (g) sin microorg.	Control (sin Moorg.)	Dif de Pesos	Diferen cia porcent ual en
----------------------	---	---------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------	---

					peso
jit 1	3.89	2.22	jit 1	1.67	75.23%
jit 2	3.91	2.28	jit 2	1.63	71.49%
jit 3	3.99	2.57	jit 3	1.42	55.25%
jit 4	4.23	2.73	jit 4	1.5	54.95%
jit 5	4.32	2.92	jit 5	1.4	47.95%
jit 6	4.44	3.16	jit 6	1.28	40.51%
jit 7	4.59	3.41	jit 7	1.18	34.60%
jit 8	4.62	3.47	jit 8	1.15	33.14%
jit 9	4.63	3.99	jit 9	0.64	16.04%
jit 10	4.63	4.04	jit 10	0.59	14.60%
Promedio	4.325	3.079	40.47%	1.246	44.38%
Desviación estándar	0.3053686	0.6502042			

Tabla 6. Comparación del peso de los diez jitomates más grandes entre el cultivo con microorganismos y el cultivo sin microorganismos.

La diferencia de peso porcentual siempre fue mayor para todos los jitomates con microorganismos adicionados que sin ellos. El jitomate menor presentó una diferencia de 14.60% y el mayor de 75.23%.

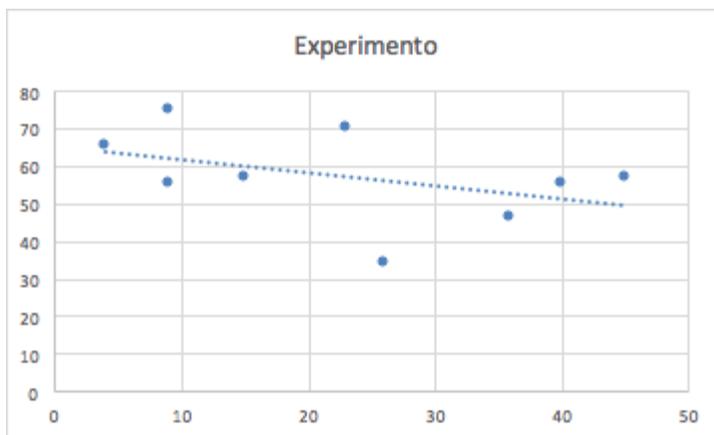


Ilustración 3 Gráfica de regresión que compara la cantidad de jitomates con la altura de la planta en el cultivo con microorganismos

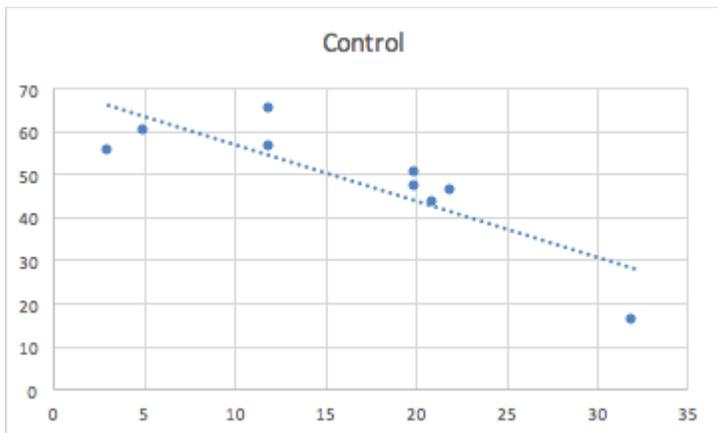


Ilustración 4 Gráfica de regresión que compara la cantidad de jitomates con la altura de la planta en el cultivo sin microorganismos

En esta recta de regresión, la cual compara los jitomates obtenidos con la altura de la planta, nos damos cuenta de el declive que tiene el control (sin microorganismos) es mucho mayor que el del experimento con microorganismos, esto quiere decir que es más efectivo el de microorganismos que el control porque mantiene su crecimiento por más tiempo, y por cada centímetro extra que tiene, hay un mayor número de jitomates. Se determinó la razón de cambio entre el número de jitomates cosechados con microorganismos y el número de los mismos pero sin microorganismos. Esto se obtuvo restando ambos números y dividiéndolo entre uno de ellos, después multiplicando el resultado por cien. El resultado de esta operación fue del 100%.

	Planta con microorganismos	Planta sin microorganismos	% de incremento entre cultivo con microorganismos vs. Sin microorganismos
Total de jitomates maduros cosechados (g)	101.18	42.08	140%
Número de jitomates	34	17	100%
Peso total de los 10 jitomates más grandes de cada cultivo (g)	43.21	30.81	40%

Tabla 7 Cantidad y peso de jitomates con y sin microorganismos.

Durante el proceso de cultivo fue posible observar una irregularidad causada por la falta de riego y exceso de luz solar que alimentaba las plantas, provocando que las hojas de la muestra control se secaran casi por completo, este evento tuvo lugar la tercera semana del mes de enero, es decir la novena semana de cultivo; cuando los jitomates estaban listos para ser cosechados, razón por la que éstos últimos no resultaron afectados. Con la intención de rescatar las plantas y reparar los daños causados, las plantas fueron regadas y cuidadas nuevamente, tal y como se había hecho antes; gracias a esto, la mayoría de ellas sobrevivieron el inconveniente, aunque como consecuencia tuvieron una importante pérdida en raíces y hojas.

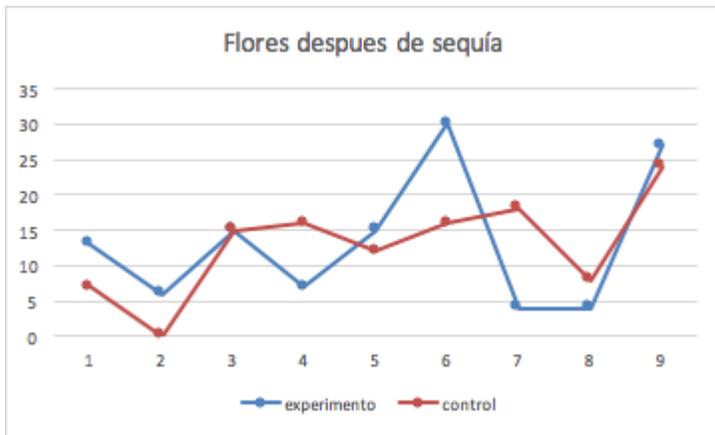


Ilustración 5 Número de flores después de la sequía

Análisis de resultados

Al sacar la razón de cambio del número de jitomates cosechados de ambos cultivos, este dió el 100%. Este porcentaje nos indica que el número de jitomates cosechados sin microorganismos se duplicó completamente en los cultivos con microorganismos. Esto último comprueba que las bacterias y hongos de los fertilizantes utilizados pueden llegar hasta duplicar la producción de frutos de la planta.

En nuestra experimentación pudimos observar que el crecimiento de jitomates en las plantas con nutrientes fue 48.82% mayor que aquellas a las que no suministramos

nutrientes. Esto gracias a que bacterias adicionadas a la rizosfera de la muestra como *Azospirillum spp*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Rhizobium etli*, *Glomus intraradices* y *Saccharomyces cerevisiae* ayudaron al crecimiento por medio de la fijación del oxígeno, nitrógeno y fósforo, aumentando la resistencia de la raíz a la podredumbre, produciendo glomalina, incrementando la disponibilidad de nutrientes en el suelo, entre otras cosas.

En el caso de la planta con microorganismos podemos observar que su promedio de obtención de jitomates es mayor que el de la planta sin microorganismos, mientras que por el contrario, su desviación estándar es menor a la planta que no cuenta con microorganismos; contando con 0.3053 y 0.6502 respectivamente. La desviación estándar se refiere a la dispersión de la población, es decir, qué tan apegados son los valores que toman la cantidad de jitomates en cada una de las muestras. Los jitomates con microorganismos tienen valores mucho más pegados entre si que los que no tuvieron microorganismos.

Al comparar las plantas con microorganismos contra las que no contaban con estos, después de los días de sequía, las que no tenían microorganismos se vieron muy afectadas por la falta de agua y algunas casi se secaron por completo; mientras que las que sí contenían microorganismos se presentaron bastante saludables y con pocas señales de una temporada de sequía. Hongos como *Saccharomyces cerevisiae*, *Glomus intraradices*, *Trichoderma longibranchiatum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Penicillium sp*, contribuyeron al fortalecimiento de la planta para que esta lograra resistir las condiciones extremas.

Conclusiones

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, se puede vincular una correlación entre un mayor desarrollo en altura de las plantas de jitomate, número de flores y frutos, tamaño y peso de los jitomates maduros cosechados, con la adición de microorganismos funcionales. Por lo que se puede afirmar que existe un beneficio para la planta de jitomate.

Además se pudo observar que los microorganismos aportaron una mayor resistencia a sequías y períodos de bajos porcentajes de agua, ya que tuvieron menores pérdidas de flores y hojas.

La utilización de estos microorganismos pueden ser muy útiles en la actualidad y a futuro, ya que se sabe que se necesitará incrementar en gran porcentaje la producción de comida en el mundo. Además en la bibliografía está descrito que estos microorganismos son una opción muy viable para proteger a la planta de patógenos, reduciendo así la pérdida de cosechas por plagas, mismas que pudimos comprobar que no se presentaron en nuestros cultivos. Además, ayudan al crecimiento y producción temprana de frutos, y reducen el tiempo de maduración de la planta y de obtención de frutos. Aumentan la cantidad de frutos obtenidos y el peso de los mismos.

En las siguientes tablas se expresa el costo del estudio, con y sin cultivo de microorganismos y se hace una reflexión acerca de los beneficios económicos adicionales.

Costo (\$) Pesos mexicanos			
Factores	Con Cultivo	Sin Cultivo	Total
Fertilizantes	2.5	2.5	5
Microorganismos	0.35	0	0.35
Semillas	4	4	8
Total	6.85	6.5	13.35

Tabla 8 Costo totales de los cultivos con y sin microorganismos

Precios de jitomate (\$) Pesos Mexicano			
Marca	Precio (\$)	Cantidad (g)	Precio por 100g
Nature Sweet	39.9	297	13.43434343
Cirio	47	400	11.75
Campo Vivo	27.5	280	9.821428571
One Sweet Tomato	74.9	907	8.256309353
Promedio	47.325	471.04625	10.04678415

Tabla 9 Precios de los jitomates en pesos mexicanos

Posible Ganancia		
	Con Cultivo	Sin Cultivo

#Jitomates	34	17
Peso Total	101.18	42.08
Ingreso	10.16533621	4.227686772
Costo	6.85	6.5
Utilidad	3.315336206	-2.272313228

Tabla 10 Posible ganancia en pesos mexicanos

Se realizó una especulación de utilidad comparando los jitomates maduros cosechados de las plantas a las que le fueron añadidas microorganismos contra los jitomates maduros cosechados de las plantas sin microorganismo. Se utilizó la ecuación de utilidad que es: (Ingresos)-(Costos).

Como se muestra en la tabla 8, se obtuvo cuánto costó realizar el experimento en total, así mismo se analizó el costo el cultivo con microorganismos y en los cultivos sin microorganismos. Después, como se muestra en la tabla 9, se analizaron cuatro diferentes marcas comerciales de jitomates cereza (*Solanum lycopersicum var. Cerasiforme*) tomando en cuenta su peso y su precio. Se tomó como referencia el precio del jitomate por cien gramos. Se sacó el promedio de precio por cien gramos para obtener un valor nuevo. Ese valor nuevo se utilizó para calcular el ingreso de los jitomates cosechados tanto con microorganismos como sin microorganismos. Una vez obtenida la variable de ingreso se sustituyó en la fórmula y se le restó el costo que implicó el proceso de cultivo para tanto las plantas que contaban con microorganismos añadidos como las plantas que no contaban con microorganismos añadidos, para así obtener la utilidad.

Los resultados que se obtuvieron del experimento, se debe de tomar en cuenta que los precios analizados no fueron en un mercado primario (directamente con agricultores) si no que fueron de mercancías que se venden en supermercados. Tienen precios específicos para que la empresa obtenga utilidad positiva que sea rentable.

La utilidad generada por los jitomates que crecieron con microorganismos fue de alrededor 3 pesos por cien gramos. Mientras que la utilidad generada por los jitomates que crecieron con microorganismos fue negativa, se pierde alrededor de 2 pesos por cada cien gramos producidos. Existen 5 pesos de diferencia de utilidad entre ambos cultivos. Entonces se puede concluir que realizar una inversión en cultivos con microorganismos es muy buena. En un principio se invirtió \$6.85 para los cultivos con

microorganismos y al final se obtuvo un ingreso de \$10.16. Se concluye que la inversión inicial creció en un 48%, un resultado muy bueno y muy atractivo. Los Certificados de Tesorería (CETES), que son documentos que emite el gobierno para que la gente invierta en el gobierno, tiene una tasa de interés de alrededor el 7.5% a 28 días según la página de Banxico. Este tipo de inversión dentro de los parámetros financieros es considerada buena. Si uno compara la tasa de interés de la inversión de los jitomates con microorganismos contra la tasa de interés de los CETES, uno obtiene 43% más dinero por unidad que se invierte. La inversión en cultivo de jitomates hidropónicos que se le añaden microorganismos es mucho más rentable y atractivo en términos de inversión y ganancia. En cambio la inversión en jitomates sin microorganismos es poco rentable y se pierde dinero, basándonos en los resultados del experimento. La inversión inicial fue de \$6.5 y al final se obtuvo un ingreso de \$4.22. La inversión decreció en un 35%.

La sequía provocada por la falta de cuidados en las plantas es un elemento importante a considerar cuando se trata de implementar este método de cultivo en diferentes zonas del país, con el propósito de eficientar y maximizar la producción de alimentos (jitomate), como se menciona anteriormente, sin embargo, es posible rescatar que las consecuencias que tuvo la cosecha fueron mínimas o nulas respecto a la pérdida de alimentos, aún incluso cuando la planta sufrió severos daños. Esto permite concluir que las condiciones climáticas que se presentan en el país afectan de igual manera a las plantas con microorganismos, que a aquéllas que no cuentan con estos; por lo tanto, los cuidados que deben de tenerse con los cultivos que contengan la mezcla de microorganismos deberán de ser las mismas que se tienen hoy en día con las plantas que no cuentan con la mezcla estudiada anteriormente. Esto podrá ser conveniente debido a que las cosechas contarán con mayor cantidad y mejor calidad de producto, mientras que el riesgo de pérdida o daño se mantendrá en los mismos niveles que un cultivo sin microorganismos

Al final la hipótesis fue comprobada y aceptada al ver notables diferencia positivas en los cultivos con microorganismos comprados contra el control sin microorganismos.



Foto 1. Semillero con plantas dos semanas



Foto 2. Trasplante



Foto 3. Trasplante

Anexo 1 fotografías



Foto 4. Trasplante



Foto 5. Trasplante



Foto 6. Seis semanas



Foto 7. Ocho semanas floración



Foto 9. Comparación en el largo de las raíces de cultivo con microorganismos y sin microorganismos después de la sequía

Fuentes bibliohemerográficas:

- Antía-Lodoño, O. P., Posada-Flores, F., Bustillo-Pardey, A. E., & González-García, M. T. (1992). Producción en finca del hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. *Cenicafe Avances Técnicos*, 1-12.
- Basappa, V., Sundar, R. S., Eshwarappa, R. S., Shivakumar, S. D., & Subbaiah, S. G. (2010). Bioefficacy Studies of *Trichoderma viride* on Soil-Borne Pathogens. *Pest Technology*, 4 (1), 70-74.
- Boominathan, U., & Sivakumaar, P. K. (2013). *Bacillus megaterium* (AUM72)-mediated induction of defense related enzymes to enhance the resistance of turmeric (*Curcuma longa* L.) to *Pythium aphanidermatum* causing rhizome rot. *Agricultura*, 10: No 1-2: 1-8 .
- Carrión, G., & Desgarenes, D. (2012). Efecto de *Paecilomyces lilacinus* en Nemátodos de Vida Libre Asociados a la Rizósfera de Papas Cultivadas en la Región del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 86-90.
- Duponnoisa, R., Colombeta, A., Hienb, V., & Thioulouse, J. (2005). The mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and rock phosphate amendment influence plant growth and microbial activity in the rhizosphere of *Acacia holosericea*. *Soil Biology & Biochemistry*, 37: 1460–1468.
- Ekundayo E.A., e. a. (2015). Antifungal activities of *Trichoderma viride* and two fungicides in controlling diseases caused by *Sclerotium rolfsii* on tomato plants. *Advances in Applied Science Research*, 12-19.
- Ezziyani, M., Pérez -Sánchez, C., Sid, A. A., & Requena, M. E. (2004). *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Anales de Biología*, 26: 35-45.
- Gardella, N. (s.f.). Uso de *Penicillium bilaiae* para incrementar la disponibilidad de nutrientes de los suelos. *Nitragin-Novozymes BioAg*.

- Hasani, A., Kariminik, A., & Issazadeh, K. (2014). Streptomycetes: Characteristics and Their Antimicrobial Activities. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 63-75.
- Karthic, J., Saroj, Y., Naveen, M., Pramod, T., & Siddalingeshwara, K. (2014). Characterization of *Aspergillus oryzae* protease through submerged fermentation. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* , 3(5): 1023-1028.
- Lonhienne, T., Mason, M. G., Ragan, M. A., Hugenholtz, P., Schmidt, S., & Paungfoo-Lonhienne, C. (2014). Yeast as a Biofertilizer Alters Plant Growth and Morphology. *Crop Science*, 54:785–790 .
- Lonhienne, T., Mason, M. G., Ragan, M. A., Hugenholtz, P., Susanne, S., & Chanyarat, P.-L. (2014). Yeast as a Biofertilizer Alters Plant Growth and Morphology. *Crop Science*, Vol. 54.
- Lowenfels, J. (2017). *Teaming with fungi*. U.S.A.: Timber Press.
- Lowenfels, J., & Wayne, L. (2010). *Teaming with Microbes*. Timber Press.
- Méndez, G., Castro, M. E., & García, P. E. (2014). Azospirillum una rizobacteria con uso potencial en la agricultura . *Biológicas*, 16(1): 11 – 18.
- Migheli, Q., González-Candelas, L., Dealessi, L., Camponogara, A., & Ramón-Vidal, D. (1998). Transformants of *Trichoderma longibrachiatum* Overexpressing the β -1,4-Endoglucanase Gene *egl1* Show Enhanced Biocontrol of *Pythium ultimum* on Cucumber. *The American Phytopathological Society*, 88:673-677.
- Moris, M., Braeken, K., Schoeters, E., Verreth, C., Beullens, S., Vanderleyden, J., & Michiels, J. (2005). Effective Symbiosis between *Rhizobium etli* and *Phaseolus vulgaris* Requires the Alarmones ppGpp. *Journal of bacteriology*, 5460-5469.
- Nieto, M. J. (2009). Cultivo hidropónico de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Punta Arenas, Chile. Obtenido de http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/nieto_montalba_2009.pdf
- Organización de Naciones Unidas (ONU). (21 de 06 de 2017). Obtenido de <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>
- Pérez, A. S., Coto, A. O., Echemendía, P. M., & Ávila, Q. G. (2015). *Pseudomonas fluorescens* Migula, ¿control biológico o patógeno? *Rev. Protección Veg.* , Vol. 30 No. 3: pp. 225-234.
- Portela-Dussán, D. D., Chaparro-Giraldo, A., & López-Pazos, S. A. (2013). La biotecnología de *Bacillus thuringiensis* en la agricultura. *NOVA Publicación Científica en Ciencias Biomédicas 2013*, 87-96.
- Qing-Qing, H., Xin-Pei, L., Jiang-Ping, B., Yan, Q., Paul W., P., Suo-Min, W., . . . Zhi-Liang, W. (2014). Beneficial soil bacterium *Bacillus subtilis* (GB03) augments salt tolerance of white clover. *Frontiers in Plant Science*, 1-8.
- Sánchez del Castillo, F. e. (1988). *Un sistema de producción de plantas: hidroponia. Principios y métodos de cultivo*. Universidad Autónoma de Chapingo.
- (s.f.). Obtenido de http://www.milenio.com/cultura/poblacion_mundial-2030-pronosticos-onu-milenio-noticias_0_979102287.html
- Samperio, R. G. (1999). *Hidroponia comercial*. Ciudad de México: Diana.
- Tejera-Hernández, B., Rojas-Badía, M. M., & Heydrich-Pérez, M. (2011). Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, Vol. 42, No. 3, pp. 131-138.

