

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO
NARRO” UNIDAD LAGUNA**

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS



Evaluación de una variedad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para la calidad y rendimiento del fruto inoculado con rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal

Por:

Jason Carranza Torres

TESIS:

PRESENTA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO

DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

NOVIEMBRE DE 2021

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de una variedad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para la calidad y rendimiento del fruto inoculado con rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal

POR:

Jason Carranza Torres

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:


INGENIERO AGRÓNOMO


Aprobada por:



Dr. Pedro Caño Ríos
Presidente

Dr. Armando Espinoza Banda
Vocal

Dr. Alfredo Ogaz
Vocal

Ing. Alicia García Moreno
Vocal suplente

Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas.

Torreón, Coahuila, México. Noviembre 2021.

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de una variedad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) para la calidad
y rendimiento del fruto inoculado con rizobacterias promotoras del crecimiento
vegetal

POR:

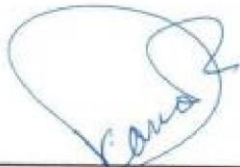
Jason Carranza Torres

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por:



Dr. Pedro Cano Ríos
Asesor principal



Dr. Armando Espinoza Banda
Coasesor



Dr. Alfredo Ogaz
Coasesor



Ing. Alicia García Moreno
Coasesor



Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México. Noviembre 2021.

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

AGRADECIMIENTOS

Gracias a dios por darme la vida, salud y entendimiento para concluir mis estudios y dar este gran paso, y también por guiarme por un buen camino.

A mi “**ALMA MATER**” por darme la oportunidad de realizar mis estudios como profesionista y como persona.

Al DR. Pedro Cano Ríos por darme la oportunidad de realizar mi proyecto de trabajo para tesis, y otorgarme un poco de sus conocimientos como profesional y su valioso tiempo.

A MIS ASESORES:

Al Doctor Pedro Cano Ríos por ser más que un maestro un amigo, por compartirme un poco de sus conocimientos darme la oportunidad de poder participar en su proyecto de investigación y el apoyo que me brindo.

Al Dr. Armando Espinosa Banda, Dr. Alfredo Ogaz, Ing. Alicia García Moreno, por su apoyo en la realización de la tesis.

A todos mis maestros que fueron durante este ciclo universitario, por sus buenas enseñanzas, buenos consejos y apoyo que también me brindaron.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico principalmente a mis padres: Magdaleno Carranza Sánchez y Gracia Torres Sánchez, por haberme dado más que la vida, por el gran sacrificio que hicieron apoyarme económicamente y darme la confianza para ser ahora un profesionalista, este logro es para ustedes.

A ti padre que siempre has sido un hombre luchador, me diste la mejor educación, por tus buenos consejos, por enseñarme el mejor camino de la vida y sobre todo la humildad.

A ti madre que siempre has estado en todo momento, por tanto amor que me das y los valores que me enseñaste.

A la MVZ, Wendy Carranza Torres además de ser como una amiga es mi hermana, mi ejemplo a seguir, una persona que me inculco a formarme como profesionalista, siempre ha estado en todo momento.

A mis hermanos, María Rebeca, Margarita, Cesar y Herminio, por darme su apoyo en todo momento, sus confianza, por sus buenos consejos que siempre tengo en mente.

A mis amigos, Ángel Patiño, Luis Alberto, Jennifer, Uriel, Regino, Angélica, Irving, Gustavo, Alexis Gabriel, maría Lizbeth por su apoyo y buenos consejos que me dieron y estar siempre en las buenas y en las malas conmigo.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el desarrollo de plantas de tomate en un sustrato elaborado con arena (50 % con base en el volumen), y otro sustrato a evaluar arena al 50%, compost al 25% y perlita al 25%, así como establecer la frecuencia de riego que no afecte el desarrollo de las plantas de tomate. Plántulas de tomate fueron trasplantadas en un sustrato de arena sola y se sometieron a tres frecuencias de riego. El desarrollo de plantas de tomate se evaluó a través del tiempo. Los resultados muestran que las plantas de tomate en el sustrato arena sola y arena mezclada, compost y perlita, tuvieron un mayor rendimiento.

Es de gran interés hoy en día para la agricultura, buscar alternativas que ayuden a maximizar el rendimiento y calidad de los cultivos y minimizar el efecto adverso de los fertilizantes químicos, en este contexto los avances en la biotecnología permiten encontrar soluciones eficaces utilizando microorganismos como las Rizobacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (RPCV) ya que desempeñan funciones importantes para las plantas como es la producción de reguladores del crecimiento vegetal y disminuir o prevenir los efectos de microorganismos fitopatógenos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inoculación la RPCV *Bacillus spp.* Y *pseudomonas spp.*, utilizando dos sustratos: 1) compost + arena de río + perlita CAP; y 2) Arena de río; lo que dio un total de cuatro tratamientos, sobre el rendimiento y calidad de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de solo una variedad variedades: 1) cv. Aníbal, desarrollado bajo condiciones de invernadero. El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, los factores fueron: A) sustratos y B) RPCV. Las variables evaluadas en fruto fueron: diámetro polar y ecuatorial, espesor de la pulpa, Grados Brix, consistencia del fruto, así como rendimiento total. Los datos fueron analizados estadísticamente por análisis de varianza y las comparaciones de medias mediante la prueba de DMS 0.05%. Los frutos de tratamiento T1 (cv. *Bacillus spp* + CAP + *anibal spp*) presentaron mayor Diámetro Polar (61.40 mm), Espesor de la Pulpa (6.85 mm) y Grados Brix (4.14) en comparación con el resto de los tratamientos. El tratamiento T2 (cv. Aníbal + arena

+ *Bacillus spp.*) Tuvo un rendimiento de 97.28 T ha⁻¹ siendo el mejor en comparación con los otros tratamientos. La utilización de fertilizantes de síntesis química puede ser sustituida por los insumos basados en RPCV y el compost en la producción de tomate en agricultura protegida, puesto que incrementa el rendimiento y la calidad, también se puede reducir la contaminación del suelo como el medio ambiente gracias a este proyecto de investigación nos demuestra los beneficios de la mayor producción bajo en condiciones de invernadero.

Palabras clave: RPCV, Invernadero, Sustratos, Bacteria, Aníbal

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADRO	vii
INDICE DE APÉNDICE	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Importancia del cultivo del tomate	4
2.2 Rizósfera	4
2.2.1 Características de la rizósfera.....	5
2.3 Origen	5
2.4 Características morfológicas.....	6
2.5 Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal.....	8
2.5.1 Mecanismos directos en el crecimiento vegetal.....	9
2.5.2 <i>Bacillus spp</i>	10
2.5.3 <i>Pseudomonas spp</i>	11
2.6 Agricultura protegida.....	11
2.7 Agricultura orgánica	12
2.7.1 Compost	15
2.7.2 Sustrato.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1 Ubicación del área de estudio	18
3.2 Localización del experimento	18
3.3 RPCV utilizada	18
3.4 Diseño experimental	18
3.5 Germinación de variedades evaluadas	19
3.6 Siembra	20
3.7 Preparación del sustrato.....	20

3.8 Trasplante	20
3.9 Riego	21
3.10 Solución nutritiva	21
3.11 Variables a evaluar	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1 Altura de planta	23
4.2 Calidad de fruto de tomate	23
4.3 Rendimiento del cultivo de tomate	26
V. CONCLUSIONES	27
VI. LITERATURA CITADA	28
VII. APÉNDICE	36

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 1. Valor de las ventas de productos orgánicos por país, 2002.....	14
Cuadro 2. Tratamientos establecidos con diferentes Híbridos y RPCV inoculadas en tomate. UAAAN-UL 2021.....	19
Cuadro 3. Solución nutritiva para el cultivo del tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) recomendada por Castellano y Ojodeagua (2009).....	21
Cuadro 4: Variable altura de la planta de tomate sembrados en diferentes sustratos, inoculados con la RPCV <i>Bacillus</i> spp. UAAAN-UL 2021.....	23
Cuadro 5: Cuadrados medios y significancia estadística para las variables de calidad de fruto y rendimiento total en el cultivo de tomate desarrollado en invernadero. UAAAN-UL 2021.....	24
Cuadro 6: Resultados del análisis de varianza de la interacción sustratos X Híbridos sobre la calidad de fruto del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero UAAAN-UL 2021.....	25
Cuadro 7: Valores promedio y diferencia estadística en peso total y rendimiento total del cultivo de tomate inoculado con RPCV UAAAN-UL 2021.....	26

INDICE DE APÉNDICE

Cuadro A-1: Análisis de varianza para la variable altura de la planta en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021.....	36
Cuadro A-2: Análisis de varianza para la variable Diámetro Polar en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021.....	36
Cuadro A-3: Análisis de varianza para la variable Diámetro Ecuatorial en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021.....	37
Cuadro A-4: Análisis de varianza para la variable Consistencia de Fruto en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021.....	37
Cuadro A-5: Análisis de varianza para la variable Número de Lóculos en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021.....	38
Cuadro A-6: Análisis de varianza para la variable Espesor de la Pulpa en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021.....	38
Cuadro A-7: Análisis de varianza para la variable Grados Brix en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021.....	39
Cuadro A-8: Análisis de varianza para la variable Peso total en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021.....	39
Cuadro A-9: Análisis de varianza para la variable Rendimiento en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021.....	40

I. INTRODUCCIÓN

El tomate o jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) es una planta perenne en forma de arbusto que se cultiva anualmente y puede desarrollarse de forma rastrera, semi-erecta o erecta. Es uno de los frutos que contiene mayor cantidad de vitaminas y minerales, tiene bajo valor calórico y se caracteriza por un elevado contenido de agua, de 90 a 94%. Además, se reportan importantes contenidos de azúcares solubles (fructosa, glucosa y sacarosa), menor proporción de proteínas, fibra, ácidos orgánicos (cítrico y málico) y licopeno (Fernández-Ruiz *et al.*, 2004).

México es de los mayores productores de tomate a nivel mundial y el primero en exportación de dicho fruto. El cultivo, la cosecha y la comercialización del tomate genera millones de empleos de manera directa e indirecta, sin embargo, es una de las hortalizas que presenta mayores pérdidas de hasta un 50% del total de la producción por deterioro, tanto por factores físicos como biológicos (Bombelli y Wright, 2006). El objetivo de la presente revisión es describir la importancia del tomate, así como las técnicas que se han estado empleando con el fin de prolongar su vida de anaquel.

México se encuentra en el décimo lugar a nivel mundial en la producción de tomate, sin embargo, ocupa el primer lugar en exportación del fruto según datos de la SAGARPA (2011a); su principal mercado es Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) con 95%. Los estados con mayor aportación son Sinaloa, Baja California, Michoacán, Zacatecas y Jalisco, como se muestra en la figura 1 (SIAP, 2011); juntos totalizan 68% de la producción nacional (FAOSTAT, 2011).

La seguridad alimentaria a nivel global demanda una mayor producción de alimentos para abastecer la creciente demanda provocada por el incremento de la población (Salgado-García y Núñez-Escobar, 2010). De acuerdo a lo que establece la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) “la seguridad alimentaria se consigue cuando las personas tienen, en todo momento, acceso físico y económico a alimentos seguros y nutritivos, en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades alimenticias” (FAO, 2009).

Armenta *et al.* (2010) definen a los biofertilizantes como microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir la fertilización sintética, y por consiguiente una disminución en la contaminación por agroquímicos. Pajarito-Ravelero (2012) los define como productos que contienen microorganismos que se aplican a la semilla o suelo y se asocian con la raíz de la planta favoreciendo el desarrollo de la misma.

Las funciones de las bacterias promotoras del crecimiento (BPC) en las plantas son muy diversas, incluyen solubilizar fosfatos (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007), lo que favorece la secreción de ácidos orgánicos y enzimas que liberan el fosfato atrapado en los aniones Al^{2+} , $Fe^{2+,3+}$ y Ca^{2+} quedando el fósforo libre para las plantas. Participan en la fijación del nitrógeno, lo que incrementa la toma de agua y mejoran el desarrollo radicular de las plantas; la estimulación que provocan en la actividad enzimática de las plantas favorece a otros microorganismos benéficos (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007).

1.1 Objetivos

Evaluar la efectividad de biofertilizantes a base de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal como alternativa a la fertilización sintética; sobre el rendimiento y calidad del tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

El uso de Rizobacterias inoculadas en Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) aumenta la calidad del fruto y el rendimiento de la planta.

1.2 Hipótesis

Ho= La inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) modifica positivamente el rendimiento y calidad del fruto producido bajo condiciones de invernadero.

Ha= La inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) no modificó positivamente el rendimiento y calidad del fruto producido bajo condiciones de invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo del tomate

En México, la oferta de tomate es sustentable con una producción de 2 millones de toneladas promedio al año, con activos rurales de un poco más de 70 mil hectáreas dedicadas a la siembra del tomate. Los tipos de tomate más importantes producidos, tanto a campo abierto como en agricultura protegida, son el tipo Saladette (el más producido), seguido por los tipos Bola (steak), Cherry, en Racimo y otras especialidades como los tipo Mimi y Campari (SAGARPA, 2011b), siendo el tomate Cherry el de mayor exportación, tanto a Estados Unidos y Canadá como a Japón (INEGI, 2009).

El tomate es la hortaliza que más se siembra y consume en el ámbito nacional. Se caracteriza por ser un cultivo intensivo, realizado durante todo el año por pequeños y medianos productores y cuya producción se concentra en el Valle Central. En el periodo 2015-2016 se registraron 1014 productores, con un área de siembra de 1171,9 ha y una producción de 69 040,45 t (López y Quirós, Y 2016).

En el ámbito mundial constituye la hortaliza más consumida y de mayor valor económico. Es cultivada en más de cien países, entre los cuales se destacan China, Estados Unidos, India, Turquía y Egipto (Cestoni et al. 2006). La producción mundial de tomate está en constante crecimiento, no solo por el aumento de las áreas cultivadas, sino también porque los agricultores aplican tecnologías que les permiten elevar los rendimientos (Díaz, V 2014).

2.2 Rizósfera

La rizósfera se entiende como la zona especializada entre las raíces y el suelo, donde existe gran actividad microbiana y aumento de biomasa de la misma. Esta región milimétrica es la de mayor actividad entre las raíces de las plantas y los microorganismos del suelo. De acuerdo a Lugtenberg y kamilova (2009), la rizósfera

son escasamente 3 a 5 cm de capa de suelo, pero es una región de gran actividad y de suma importancia para entender muchos procesos entre el suelo y las raíces de las plantas.

En la rizósfera se pueden encontrar gran cantidad de microorganismos, entre ellos hongos, bacterias, actinomicetos, protozoarios y algas; estos microorganismos se encuentran estableciendo una asociación con las raíces, la cual puede ser de carácter benéfico o nocivo. En el primer caso, algunos ejemplos son las micorrizas, bacterias fijadoras de nitrógeno, bacterias promotoras del crecimiento vegetal y agentes de control biológico; en el caso de los nocivos, se destacan todos aquellos microorganismos fitopatógenos. En la rizósfera se estima que la concentración de bacterias es de 10 a 1000 veces mayor que en el suelo alejado de esta zona (Lugtenberg y Kamilova, 2009).

2.2.1 Características de la rizósfera

El hecho de que la rizósfera sea una zona rica en microorganismos, radica en gran medida por el hecho de que éstos encuentran aquí un ambiente muy favorable para su desarrollo. En este sentido, se ha trabajado mucho en los últimos años en el entendimiento de los microorganismos de interés agrícola, es decir, todos aquellos que sean capaces de promover el crecimiento de las plantas o en su defecto tengan un efecto de protección ante organismos fitopatógenos. Relacionado a la actividad microbiana, Kloepper y Schroth (1978), estimaron que entre un 2-5 % de las bacterias presentes en la rizósfera ejercen un efecto benéfico sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

2.3 Origen

El tomate es una planta nativa de América tropical, cuyo origen se localiza en la región de los Andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú) y donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres. El tomate

fue llevado a Europa junto con otras plantas y frutos de origen americano, en el siglo XVIII, en donde se dio a conocer en España y Portugal con el nombre de tomate, posiblemente por el nombre que le daban los indígenas en México, que en náhuatl, era conocido como "tomatl". (Valadez, 1998).

Clasificación taxonómica

Según Nuez (1995), la taxonomía mayormente aceptada es la siguiente:

Clase: *Dicotiledóneas*

Orden: *Solanales (personatae)*

Familia: *Solanaceae*

Subfamilia: *Solanoideae*

Tribu: *Solaneae*

Género: *Lycopersicon*

Especie: *esculentum*

2.4 Características morfológicas

Hidalgo (2003), determina que la caracterización consiste en establecer los caracteres o descriptores más representativos de un ente animado o inanimado; en el caso de los recursos Fito genéticos tiene principalmente las siguientes finalidades: identificación de la clase o grupo al que corresponda el material a estudiar, estudios de sistemática, análisis de la diversidad genética, gestión de bancos de germoplasma, definición de nuevas variedades.

Hoja: Es pinnada y compuesta. Presenta de siete a nueve foliolos peciolados que miden 4-60 mm x 3-40 mm, lobulados y con borde dentado, alternos, opuestos

y, por lo general, de color verde, glanduloso-pubescente por el haz y ceniciento por el envés. Se encuentra recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo (Monardes 2009). La posición de las hojas en el tallo puede ser semierecta, horizontal o inclinada. Puede ser de tipo enana, hoja de papa, estándar, peruvianum, pimpinellifolium o hirsutum (IPGRI 1996).

Tallo: Es grueso, pubescente, anguloso y de color verde. Mide entre 2 y 4 cm de ancho y es más delgado en la parte superior. En el tallo principal se forman tallos secundarios, nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se ubica el meristemo apical, de donde surgen nuevos primordios florales y foliares (Monardes 2009).

Flor: Es perfecta y regular. Los sépalos, los pétalos y los estambres se insertan en la base del ovario. El cáliz y la corola constan de cinco o más sépalos y de cinco pétalos de color amarillo, que se encuentran dispuestos de forma helicoidal. Poseen cinco o seis estambres que se alternan con los pétalos, formando los órganos reproductivos. El ovario tiene dos o más segmentos (Infoagro Systems S.L. 2016).

Fruto: Es una baya bilocular o plurilocular, subesférica globosa o alargada, que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 g. El fruto está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. En estado inmaduro es verde y, cuando madura, es rojo (EDIFORM 2006).

El fruto contiene las semillas, que tienen un tamaño promedio de 5 x 4 x 2 mm. Son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginosa. Cada semilla está compuesta por el embrión, el endospermo y la cubierta seminal (Díaz y Hernández 2003).

Sistema radicular: Ayuda a la planta a anclarse al suelo o al sustrato, absorbe y transporta nutrientes y agua a la parte superior de la planta. Está constituido por

la raíz principal y las raíces secundarias y adventicias; estas últimas son numerosas y potentes y no superan los 30 cm de profundidad (Monardes 2009, INTA 2014).

El interior de la raíz presenta tres partes; epidermis, córtex y cilindro vascular. La epidermis contiene pelos que absorben el agua y los nutrientes, mientras que el córtex y el cilindro vascular cumplen la función de transportar los nutrientes (Infoagro Systems S.L. 2016).

2.5 Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal

Las rizobacterias son bacterias que habitan la rizosfera, área del suelo que se encuentra unida a la raíz y que se extiende a pocos milímetros de la superficie del sistema radicular. Esta zona se caracteriza por la interacción única y dinámica de los procesos biogeoquímicos que ocurren entre las raíces de las plantas y microorganismos del suelo, los cuales se ven altamente influenciados por los exudados radiculares (McNear, 2013), además, alberga una gran cantidad de microorganismos que en general estimulan el crecimiento vegetal y reducen la incidencia de enfermedades (Molina-Romero et al., 2015).

En el proceso de establecimiento de las relaciones con rizobacterias las plantas invierten hasta el 20% de las fuentes de carbono obtenidas durante la fotosíntesis, esto a cambio de la mejora de la arquitectura de raíz, la absorción de nutrientes y estimulación del sistema inmune de la planta llevados a cabo por las PGPR (Stringlis et al., 2018).

La actividad de los microorganismos promotores de crecimiento vegetal en general se inicia con mecanismos de quimiotaxis que están relacionados con la presencia de flagelos, quimiorreceptores y sistemas de regulación codificados genéticamente. Estos factores tienen gran importancia sobre la habilidad de colonizar la rizósfera y mantener la comunicación entre las células de la raíz con los microorganismos presentes en el suelo (Landa et al., 2002; Mavrodi et al., 2006).

Las bacterias capaces de interactuar con las raíces de las plantas son atraídas por sustancias excretadas por la raíz, que ocasionan el movimiento de la bacteria

hacia el rizoplasma de la planta y de esta forma dar inicio a una relación de beneficio mutuo. Las metodologías usadas para determinar la respuesta quimiotáctica de los microorganismos han evolucionado y actualmente hay algunas herramientas claves que dan claridad sobre este fenómeno (Ahmad et al., 2006).

Estudios realizados con *Azospirillum brasilense* en tomate mostraron que las raíces no son colonizadas en toda su superficie, ni en estructuras internas, sino que la colonización es discontinua. La bacteria tiende a concentrarse en sitios laterales de emergencia de la cápsula de la raíz, pelos radiculares y punta de la raíz. Este último es el lugar preferido para la colonización. La morfología de las células es similar a la de los bacteroides de rizobios, con una pared celular gruesa, con gránulos de hidroxibutirato y de glicógeno (Caiola et al., 2004).

2.5.1 Mecanismos directos en el crecimiento vegetal

Fijación biológica de nitrógeno (FBN). El nitrógeno (N) es uno de los nutrientes vitales para el crecimiento y la productividad de las plantas. Este elemento se encuentra presente en aminoácidos propios de proteínas, amidas, clorofila, hormonas, nucleótidos, vitaminas, alcaloides y ácidos nucleicos (Ahmad y Kibret, 2014).

Una característica común de los microorganismos involucrados en la FBN es la presencia de enzimas nitrogenasas, las cuales reducen el nitrógeno atmosférico en el ion asimilable NH_4^+ . La actividad enzimática es generalmente susceptible a la concentración de oxígeno en el medio, por lo que, los microorganismos han adoptado mecanismos de adaptación como la protección respiratoria, conformacional y la compartimentalización celular (Mayz-Figueroa, 2004).

El fósforo (P) es el segundo nutriente más importante que interviene en el crecimiento y productividad de las plantas. Este elemento es esencial en la división celular, transducción de señales, biosíntesis macromolecular, fotosíntesis y respiración de plantas, siendo la adquisición, almacenamiento y uso de energía una de sus principales funciones (Razaq et al., 2017).

2.5.2 *Bacillus spp*

Los productos que se obtienen a partir de la bacteria *Bacillus thuringiensis* Berliner dominan el mercado de los bioplaguicidas, y el uso constante y creciente de sus productos por cuatro décadas se debe fundamentalmente a su alta especificidad, así como a su inocuidad para insectos benéficos, plantas y mamíferos, incluidos los humanos [Ghelardi et al., 2002; Támez et al., 2007].

Las bacterias de tipo *Bacillus* están altamente presentes en la rizósfera de los cultivos debido a la formación de esporas que le da una ventaja de supervivencia en la raíz vegetal, esto se puede deber a los altos niveles de nutrientes que se hallan en la zona que rodea a las raíces que permiten el desarrollo de poblaciones microbianas. Al formar endoesporas le da una ventaja competitiva en el suelo; sin embargo también se debe adaptar a cambios bruscos de temperatura para lo que cuentan con genes de shock térmico inducibles. (Matsushita, 2004).

Los medios de cultivo de las bacterias se preparan en medio líquido en tubos de ensayo a los que se añaden la muestra de la bacteria que se quiere cultivar: frecuentemente se utilizan cultivos en estado de gel (semisólidos) que se obtienen al añadir al medio líquido una sustancia gelificante como el agar agar, que se obtiene de algas marinas. Los medios de cultivo semisólidos se preparan en cajas de Petri. (Jimeno, 2003).

Morfología de la colonia

- Presencia de pigmentos no difusibles o difusibles, fluorescentes, no fluorescentes o luminosos.
- Tamaño y forma de la colonia

Pruebas de micro morfología

- Tinción de Gram y reacciones de tinción ácido-resistente.
- Estructuras de fijación

- Presencia de esporas

2.5.3 *Pseudomonas spp*

Pseudomonas spp. Es un género de bacterias Gram negativas en forma de bastoncillos que no desarrollan esporas (Compant et al., 2005), y que por sus características genéticas y amplias capacidades metabólicas pueden adaptarse y colonizar diferentes tipos de suelos. Una característica importante es que juegan un papel fundamental en los suelos como supresores de enfermedades (Weller et al., 2002).

Así mismo, la síntesis de compuestos antibacterianos y fungicidas, la competencia por nutrientes, la producción de sideróforos y la inducción de resistencia sistémica, se consideran también efectos indirectos que benefician a la planta (Siddiqui y Shaukat, 2003; Alves et al., 2004).

En virtud de su capacidad de adaptación fisiológica y versatilidad metabólica, las rizobacterias son un agente clave del cambio de suelo en los agro ecosistemas, con efectos positivos, en cuanto a tolerancia a altos contenidos de sales, aumento en los rendimientos de cultivos y mejoras en la calidad del suelo (Brown, 2010).

En el mundo, el hecho de usar metabolitos activos de *Pseudomona sp* como activadores de diferentes mecanismos en las plantas no es una temática ampliamente abordada, algunos autores refieren su efectividad sobre todo desde el punto de vista de su utilización como biocontrol de enfermedades en los cultivos (Prithiviraj et al., 2005). En Cuba, a partir de metabolitos activos de *Pseudomona aeruginosa* se obtuvo el producto de nombre comercial Glutacid®, del cual se ha evaluado su efecto en el crecimiento y desarrollo de diferentes cultivos agrícolas.

2.6 Agricultura protegida

En un sentido amplio y moderno, la agricultura protegida está integrada por todos los sistemas de producción que utilizan estructuras y técnicas para abrigar

plantas y animales, con la finalidad de protegerlos de los fenómenos ambientales adversos a su desarrollo, recreando las condiciones idóneas para un mejor desarrollo y producción de cultivos y especies animales, de invernaderos y granjas pecuarias, altamente tecnificadas, donde se implementa un control automatizado y completo de todos los factores ambientales (SIAP/SAGARPA, 2016).

Aunque el concepto de agricultura protegida tiene una connotación moderna, muchas de las técnicas que la integran tuvieron su origen en las prácticas que se implementaron en diferentes momentos del desarrollo de la agricultura, por diferentes pueblos e incluso en diferentes regiones del mundo. Sin embargo, es hasta la aparición de los plásticos y su aplicación en la agricultura que se adquiere la connotación actual de cultivos protegidos o agricultura protegida (Papaseit, et al. 1997; Díaz et al, 2001).

Son diversos los factores y elementos que han impulsado el desarrollo de la agricultura protegida en México, tanto internos como externos, geográfico, climático, económicos y culturales. Como primer punto está el alto rendimiento que se obtiene en los sistemas de agricultura protegida, sin embargo, son varios los factores que se refieren a condiciones estratégicas, para el desarrollo de la agricultura protegida de México y que no se tienen otras regiones del mundo, en relación con su cercanía a los mercados de exportación (Moreno et al, 2011; Padilla et al, 2012, AMHPAC, 2013).

2.7 Agricultura orgánica

Los crecientes niveles de deterioro de los ecosistemas han obligado a la sociedad a buscar alternativas de producción más amigables con el medioambiente. La producción silvoagropecuaria, no ajena a este problema global, ha generado alternativas sustentables y ecológicas, destacando la Agricultura Orgánica con un creciente desarrollo, tanto en el ámbito nacional como mundial (SAG, 2011).

Entre los elementos en los cuales se basa la Agricultura Orgánica destacan:

1. realizar prácticas silvoagropecuarias que no deterioren los recursos productivos y que restablezcan los equilibrios naturales.
2. favorecer la fertilidad del suelo, desde el punto de vista químico, físico y biológico;
3. Conservar o aumentar la materia orgánica del suelo, reciclando los restos de cosecha, poda, estiércol y guano de animales, entre otras prácticas, a través de distintos sistemas de incorporación al suelo.
4. potenciar la biodiversidad espacial y temporal de los predios con prácticas tales como cultivos asociados, rotación de cultivos y sistemas silvopastorales.
5. eliminar el uso de insumos de origen químico sintético que dañen el medio ambiente o afecten la salud humana.

Con tasas de crecimiento crecientes, los productos orgánicos conquistan cada vez más rápido las estructuras de mercado de alimentos a nivel mundial. En el 2002, las ventas de estos productos alcanzaron 23 mil millones de dólares, superando los 19 mil millones de dólares alcanzados en el 2001 (Sahota A., 2004).

El mercado de los Estados Unidos registra el primer lugar en ventas de productos orgánicos con un valor por 11.75 mil millones de dólares en el 2002. El mercado alemán ocupa el segundo lugar con 3.06 mil millones de dólares, y el mercado británico el tercer lugar con un valor de 1.5 mil millones de dólares (Willer y Yussefi, 2004). Ver Cuadro 1.

Cuadro 1. Valor de las ventas de productos orgánicos por país, 2002

País	Valor de la ventas US\$miles
Estados Unidos	11,750
Alemania	3, 060
Inglaterra	1,500
Italia	1,300
Francia	1,300
Suiza	766

Fuente: Elaboración propia a partir de Willer y Yusseffi, 2004:21-26.

La importancia en el cuidado de la salud y la protección del medio ambiente son los principales motivos por los cuales los consumidores están eligiendo los productos orgánicos. Otro factor de suma importancia es la disponibilidad de estos productos en los lugares de compra (Kremen A. et. al., 2004).

Entre los países que han experimentado un crecimiento en superficie orgánica superior al 25% anual están Argentina, Italia, España, Brasil, México, Finlandia, Gran Bretaña, Dinamarca, Francia y Uruguay. A escala mundial ya son tres países cuya superficie cultivada con prácticas orgánicas rebasan el 10% de su superficie agrícola total, éstos son: Liechtenstein, con 26.4%; Austria, con 11.6%, y Suiza, con 10%; otros 5 países rebasan el 5%: Italia, con 8%; Finlandia, con 7%; Dinamarca, con 6.6%; Suecia, con 6.1%, y República Checa con 5.1% (Willer y Yusseffi, 2004).

El 85% de los productos orgánicos se canalizan al mercado de exportación, donde existen dos tipos de mercado: el mercado orgánico tradicional y el Mercado Justo. En el primero, la empresa comercializadora o “broker” negocia con la organización o la empresa de producción orgánica a través de una forma particular de comercialización, en la que se fija un precio con base en alguna bolsa internacional o alguna tarifa establecida que corresponda al precio del producto en

el mercado convencional; a este precio se le suma un incremento, de lo que resulta el precio Premium o sobreprecio (Gómez L. et al., 2001).

2.7.1 Compost

El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones. Desde el punto de vista económico, su uso se ha fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta a la mejora en las prácticas agrícolas (Nieto-Garibay et al. 2002). Dentro de los sustratos orgánicos, sobresalen la composta y la vermicomposta, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Claassen & Carey 2004).

Los beneficios de los abonos orgánicos son evidentes, la composta ha mejorado las características de los suelos, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana (Nieto-Garibay et al. 2002) y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (Rodríguez et al. 2008).

En tanto que la vermicomposta es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar a través del tracto digestivo de las lombrices (Edwards et al. 1984). Como sustrato permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos hortícolas en invernadero y reduce significativamente el uso de fertilizantes sintéticos.

Por otra parte, (Manjarrez et al. 1999) mencionaron que la vermicomposta como sustrato permitió satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero, así como reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos. Además, las compostas y vermicompostas se han utilizado como sustratos debido a su bajo costo (Rodríguez et al. 2008).

De los principales elementos nutritivos presentes en las compostas y vermicompostas, del 70 al 80 % de fósforo y del 80 al 90 % de potasio están disponibles el primer año (Eghball et al. 2000). Mientras que, el nitrógeno debe mineralizarse para poder ser absorbido por la planta (Heeb et al. 2005), durante el primer año, sólo se mineraliza el 11 % del nitrógeno (Márquez et al. 2008).

2.7.2 Sustrato

El término "sustrato" se aplica a todo material sólido, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, distinto del suelo in situ, que colocado en un contenedor, puro o en forma de mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta (Abad et al., 2005; Abad et al., 2004). El sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta, por lo que se pueden clasificar como químicamente activos (turbas, cortezas de pino, etc.) o químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.).

El sustrato es un sistema de tres fracciones cada una con una función propia: la fracción sólida asegura el mantenimiento mecánico del sistema radicular y la estabilidad de la planta, la fracción líquida aporta a la planta el agua y, por interacción con la fracción sólida, los nutrientes necesarios. Por último, la fracción gaseosa asegura las transferencias de oxígeno y CO₂ del entorno radicular (Lemaire et al., 2003). Esto hace que resulte necesario conocer las propiedades físicas, fisicoquímicas, químicas y biológicas de los sustratos, pues condicionan en mayor medida los cultivos en contenedor y determinan posteriormente su manejo.

Clasificación de los materiales utilizados como sustratos Los criterios para clasificar los sustratos, se basan en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc. Sin embargo, la clasificación común es en materiales orgánicos e inorgánicos (Abad, 1995; Burés, 1998; Abad y Noguera, 2000).

Materiales orgánicos De acuerdo a su origen los sustratos pueden ser de tres tipos:

- a) Natural: son materiales que están sujetos a descomposición biológica, por ejemplo la turba, tierra de monte, etc.
- b) Sintéticos, normalmente denominados plásticos: polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química como la espuma de poliuretano y poliestireno, espumas de resinas fenólicas (Bunt, 1988; Burés, 1997).
- c) Residuos y subproductos de diferentes actividades de producción y consumo: los materiales de este grupo requieren una previa maduración o estabilización de su materia orgánica para poder ser adecuados como sustratos, por ejemplo, las 7 cortezas de árboles, aserrín, viruta de madera, residuos sólidos urbanos, lodos de plantas depuradoras de aguas negras, estiércoles, cascarilla de arroz, paja de cereales y polvo de coco. (Bunt, 1988; Chong y Cline, 1993; Burés, 1997).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2019, en la Comarca Lagunera (101° 40´ y 104° 45´ O y 25° 05´ y 26° 54´ N), en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. El invernadero cuenta con un área de 200 m, es de forma semicircular, con cubierta de acrílico reforzado, piso de grava y sistema de enfriamiento automático mediante pared húmeda y extractores.

3.2 Localización del experimento

El experimento, se llevó a cabo en el área experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna ubicada sobre Periférico Raúl López Sánchez Km. dos y Carretera a Santa Fe, Torreón Coahuila. El trabajo experimental se realizó en el invernadero de 200 m² con cubierta plástica, piso de grava y sistema de enfriamiento automático con pared húmeda y dos extractores, en el periodo Agosto-Diciembre del 2019.

3.3 RPCV utilizada

Las RPCV que se utilizó fue: *Bacillus spp.* y *pseudonomas spp.* Pertenecientes a la colección microbiana del Laboratorio de Ecología Microbiana de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango, México.

3.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, donde el factor A corresponde a los sustratos, mientras que el factor B será la Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV). Como se muestra en el siguiente cuadro 2:

Cuadro 2. Tratamientos establecidos con diferentes Híbridos y RPCV inoculadas en tomate. UAAAN-UL 2021.

Tratamiento	Variedad	RPCV inoculada	Composición del sustrato v/v/v
T1	Aníbal	Bacillus spp.	50 compost + 40 arena + 10 perlita
T2	Aníbal	Pseudomonas spp.	50 compost + 40 arena + 10 perlita
T3	Aníbal	Bacillus spp.	50 compost + 40 arena + 10 perlita
T4	Aníbal	pseudomonas spp.	50 compost + 40 arena + 10 perlita

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, se realizaron comparación de medias utilizando la prueba diferencia mínima significativa (DMS) al 0.05% (SAS, 2004).

3.5 Germinación de variedades evaluadas

Se utilizó el tomate cv. Moctezuma y cv. Aníbal, las cuales se sembraron en charolas de poli estireno de 200 cavidades, utilizando Peat moss (Premier, México) como sustrato. Las bandejas fueron colocadas en el interior del invernadero, éstas se cubrieron con plástico negro durante 72 h, aplicando cada 24 h riego con agua de la llave (pH 7.38, RAS 3.2 y CE 1.18 dS m, clasificada como agua de baja salinidad y bajo contenido de sodio).

3.6 Siembra

Se sembró el día 21 de julio del 2019 en charolas de poliestireno de germinación con 200 cavidades la semilla de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) una charola de 200 cavidades de la variedad Moctezuma y otra charola de 200 cavidades de la variedad Aníbal. Utilizando como sustrato peat-moss, las charolas se colocaron al interior de un invernadero y se cubrieron con plástico negro para su germinación. Se aplicó un riego diario a cada charola hasta el día del trasplante.

3.7 Preparación del sustrato

Se preparó el sustrato para el trasplante de la siguiente manera, una mezcla de 40% arena, 50 % composta y 10% perlita.

Después de realizar las mezclas correspondientes, se procedió a llenar las macetas para ello se utilizaron bolsas de plástico de 18 L de capacidad dejando un espacio en la parte superior de cinco centímetros para el riego. Se llenaron seis macetas por tratamiento (4) con tres repeticiones, utilizando un total de 12 macetas por Rizobacterias (*Bacillus spp.* Y *pseudomonas spp.*) Se acomodaron en doble hilera y separación entre hileras de 1.6 m, para una densidad de cuatro plantas m⁻².

Se aplicó un riego pesado a cada maceta antes de la siembra para lavar el exceso de sales de las mezclas.

3.8 Trasplante

Una vez que tuvieron un par de hojas verdaderas se trasplantaron las plántulas de tomate de la variedad Aníbal y Moctezuma a bolsas de polietileno negro de 18 litros con los sustratos previamente hechos. Se colocaron en el invernadero tipo túnel, esto para darle protección de condiciones climáticas adversas, plagas y enfermedades al cultivo. A partir del trasplante se tomaron diariamente las temperaturas mínimas y máximas dentro del invernadero, así como la humedad relativa.

3.9 Riego

Los riegos se aplicaron según las etapas de desarrollo del cultivo. A los cuatro días después de trasplante (ddt) se aplicaron en promedio 0.5 L de agua por maceta al día, el volumen se incrementó a 1 y 2 L día, a los 30 y 71 ddt, respectivamente.

3.10 Solución nutritiva

La solución nutritiva empleada en los tratamientos durante todo el ciclo del cultivo fue la recomendada por Castellano y Ojodeagua (2009) (cuadro 3). La demanda nutricional del cultivo para los tratamientos inoculados con las RPCV fue cubierta utilizando Maxifrut® y Maxiquel®, ambos productos de la compañía BioCampo®, para aplicar macro y micro elementos. Estos productos han sido aprobados por las normas de producción orgánica certificada INFOAM (2003). De ambos productos se prepararon soluciones madre a razón de 10 y 50 g 20 L⁻¹ de agua de riego, y para la fertilización de las macetas se realizaron diluciones de 1.0 y 0.5 L en 1000 L de agua, respectivamente. La dilución del Maxifrut se aplicó a diario y la del Maxiquel cada semana, a través de los volúmenes de riego ya mencionados.

Cuadro 3. Solución nutritiva para el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) recomendada por Castellano y Ojodeagua (2009).

	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3	Etapas 4
Ion	1er Cuaje	1er - 3er Cuaje	3° - 5° Cuaje mmol L ⁻¹	> 5° Cuaje
NO₃⁻	6	8	10	12
NH₄⁺	0-0.5	0-0.5	0.05	0.5
H₂PO₄⁻	1.5	1.5	1.5	1.5
K⁺	3.5	5.5	7	8.5
Ca₂⁺	4	4	4	4.5
Mg₂⁺	1	1.5	2	2
SO₄²⁻	1.5 a 3	1.5 a 3	1.5 a 3	1.5 a 4
HCO₃⁻	1	1	1	1
Na⁻	<5	<5	<5	<5
Cl⁻	1 a 3	1 a 3	3 a 5	3 a 5
CE[†]	1.4	1.8	2.2	2.4

3.11 Variables a evaluar

Se evaluaron diferentes variables de rendimiento y calidad del tomate inoculados las RPCV para observar su desempeño. Los parámetros para evaluar calidad del tomate fueron: diámetros polar y ecuatorial, espesor de la pulpa, número de lóculos, los cuales se midieron con un vernier (Truper, México®) realizando un corte, el contenido de grados Brix se midió con un refractómetro (Master-T ATAGO, Tokio, Japón®), la firmeza con un penetrómetro, con émbolo de 3 mm, (FHT200, Extech Instruments, USA®) con el cual se perforó el fruto, para determinar el peso de fruto se utilizó una balanza (Ohaus 3729, México®). El rendimiento total se estimó con el peso del fruto, considerando el número total de frutos obtenidos en la cosecha y la densidad de plantas.

Racimo por planta: De forma manual se contaron el número de racimos que producía cada planta, desde el primero hasta el octavo racimo.

Peso del fruto: Se pesaron cada uno de los frutos que iban madurando diariamente por planta, tratamiento y repetición en una báscula (Ohaus 3729, México®).

Diámetro polar: Se utilizó un vernier (Truper México®) para medir el diámetro de la base del fruto a la punta, esto se realizó por cada una de las plantas.

Diámetro ecuatorial: Con una navaja se cortó el fruto por la mitad de forma transversal, y con ayuda de un vernier (Truper México®) se realizó la medición de lado a lado.

Consistencia de fruto: Para esto se utilizó un penetrometro (FTH200, Extech Instruments, USA®) el cual se introdujo en el fruto para conocer la consistencia del mismo.

Espesor de pericarpio: Para la medición de esta variable se utilizó un vernier (Truper México®)

Grados Brix: Se utilizó un refractómetro (Master-T ATAGO, Tokio, Japón®). Se colocaron dos gotas de jugo del fruto en el prisma del equipo y se tomó la lectura.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Altura de planta

El análisis de varianza para la altura final de las plantas no detectó diferencias significativas entre los híbridos en los dos tipos de sustratos inoculados con la RPCV *Bacillus spp.* Sin embargo la cv. *Bacillus spp.* con la arena, mostro una altura de 2.35 m siendo la de mayor porte (cuadro 4).

Cuadro 4: Variable altura de la planta de tomate sembrados en diferentes sustratos, inoculados con la RPCV *Bacillus spp.* UAAAN-UL 2021

Genotipo	sustrato	Altura final
Bacillus	compost	1.95
pseudomonas	compost	2.27
Bacillus	arena	2.35
pseudomonas	arena	2.35

4.2 Calidad de fruto de tomate

Derivado del análisis de varianza para el espesor de la pulpa se determinaron no se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.001$) en los híbridos de tomate utilizados para este experimento así como por efecto del sustrato, del mismo modo, se encontraron significancias estadísticas en diámetro polar y ecuatorial ($P \leq 0.05$) en los híbridos de tomate utilizados.

Sin embargo no hubo diferencia significativa en sustratos ni en la interacción Híbrido x sustrato para estas variables.

Para las variables consistencia de frutos, número de lóculos y grados Brix, no hubo diferencia significativa en los híbridos de tomate utilizados, ni por efecto del sustrato, ni en la interacción de ambos.

Los valores más altos para las variables de diámetro polar y diámetro ecuatorial se registraron en el tratamiento T1 con 61.77 mm y tratamiento T7 con 60.40 mm respectivamente, los cuales son frutos de tamaño comercial aceptable.

El valor de diámetro polar supera por 6.21% al valor registrado en el tratamiento T1, por lo que se demuestra que la interacción de la inoculación de la RPCV *Bacillus* y el compost generan efectos positivos en el tamaño y calidad del tomate.

Cuadro 5: Cuadrados medios y significancia estadística para las variables de calidad de fruto y rendimiento total en el cultivo de tomate desarrollado en invernadero. UAAAN-UL 2021

Variables	Hibrido	Sustrato	Hib. x Sust.	Error	cv. (%)†
D. polar	23.21	4.52 NS	0.70 NS	2.02	1.83
D. ecuat.	7.57*	1.57 NS	0.396	2.37	3.86
Cons. Fruto	0.09 NS	0.17 NS	0.32 NS	0.034	10.85
Num. Loc.	0.73 NS	0.09 NS	0.10 NS	0.19	10.42
Esp. Pulpa	1.85**	1.15**	0.13*	2.19	1.85
G. Brix	0.25 NS	0.20 NS	0.15 NS	1.72	6.86
Altura	0.01 NS	0.0034 NS	0.19 NS	0.31	16.86
Peso total	35132.16*	56.26NS	3088.74NS	4860.02	12.95
rendimiento	1429.53*	930.69 NS	960.28 NS	145.32	14.66

Coeficiente de variación; NS no significativo; * = significativo ($P \leq 0.05$); altamente significativo ($P \leq 0.01$)

Cuadro 6: Resultados del análisis de varianza de la interacción sustratos X Híbridos sobre la calidad de fruto del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero UAAAN-UL 2021

tratamiento	D.P	D.E	E.P	N.L	C.F	G.B
		-----mm-----		-----	Newton	°Brix
T1	61.7a	48.03 ab	6.85a	1.71a	1.51a	3.86
T2	58.01a	41.38b	5.75b	1.62a	1.43a	3.44
T7	54.64a	41.96a	6.11ab	1.61a	2.72a	3.41
T8	58.29a	46.08b	6.94c	1.69a	1.37a	3.33
MEDIA	5740	46.49	6.11	1.88	1.55	0.03
DMS	1.55	1.23	2.11	0.23	1.23	1.72

Promedios con letras distintas en cada columna son estadísticamente diferentes (DMS, $P \leq 0.05$). NS= no significativo; *= significativo; **= altamente significativo. DP=diámetro polar; DE= diámetro ecuatorial; EP= espesor de pulpa; NL= número de lóculos; CF= consistencia de fruto; GB= grados brix.

Para la variable espesor de la pulpa el valor más alto que se registro fue en el tratamiento T8 con 6.94 mm por efecto de la rizobacteria en arena, mientras que el valor más bajo se registró en el tratamiento T2 con 5.75 mm debido a que el sustrato utilizado fue únicamente arena de rio.

Los valores más altos en concentración de grados Brix fueron de 3.86 y de 3.44% pertenecientes a los tratamientos T1 y T2 (Cuadro 6). Ambos tratamientos corresponden plantas establecidas en sustrato de Arena, esto fortalece la hipótesis inicialmente planteada de que el desarrollo de los cultivos será favorable si se aplican los insumos a base de RPCV mezclados con abonos orgánicos, como el compost.

La consistencia del fruto oscilo entre 2.72 el de mayor valor y 1.37 Newton el de menor valor, los cuales corresponden a los tratamientos T7 y T8. A pesar de estas diferencias, los resultados promedio (3.63 N). No obstante la firmeza es

afectada tanto por la salinidad debido a una mayor actividad de las enzimas encargadas de la degradación de la pared celular, como por el aumento del pH, (>8) causando el bloqueo del calcio disponible para las plantas, lo cual incide en esta variable. Las plantas inoculadas con RPCV producen frutos más firmes, los cuales podrían ser más resistentes al ataque de microorganismos causantes del decaimiento, por lo tanto, no solo incrementaron la firmeza, sino que además podrían disminuir la incidencia del deterioro del fruto.

4.3 Rendimiento del cultivo de tomate

Los resultados del presente estudio muestran que el rendimiento total fue influenciado positivamente por las RPCV, sin embargo la diferencia significativa para la interacción híbrido x sustrato (cuadro 7) no fue la esperada para el caso del híbrido pseudomonas con sustrato a base de arena, ya que su rendimiento fue de 54.64 T ha⁻¹ muy por debajo incluso del testigo sin inocular quien tuvo un rendimiento de 69.32 T ha⁻¹.

La interacción híbrido + sustrato que más sobresalió fue Bacillus + CAP el cual obtuvo un rendimiento de 90.10 T ha⁻¹, superando en un 27.38 % en comparación al testigo utilizado.

Cuadro 7: Valores promedio y diferencia estadística en peso total y rendimiento total del cultivo de tomate inoculado con RPCV UAAAN-UL 2021

Híbrido + sustrato	Peso total kg	Rendimiento T ha ⁻¹	Aumento del rendimiento %
Bacillus + CAP	12974.50 a [†]	90.10 a	27.38
pseudomonas + CAP	7869.00 a	54.64 a	22.25
Bacillus + arena	10157.00 a	70.53 a	25.48
pseudomonas + arena	8480.00 b	59.88 b	- 21.10
Testigo		69.32	
Media	10.95	76.05	
DMS	2671.3	18.551	

†Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadística significativas (DMS P ≤0.05).

V. CONCLUSIONES

Las rizobacterias representan una alternativa biotecnológica en la agricultura principalmente por la gran cantidad de mecanismos moleculares que permiten mejorar la salud de las plantas. Los inoculantes a base de rizobacterias son una alternativa biotecnológica en la agricultura sustentable, que permite incrementar la calidad y el rendimiento del cultivo de tomate aumentan considerablemente por efecto de la inoculación de Rizobacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal RPCV y la utilización de sustratos a base de compost. Las bacterias del genero *Basillus spp.*, *pseudomonas spp.* Como solubilizado ras de nitrógeno y fosfatos, y la utilización de sustratos a base de compost obtuvo un rendimiento total más alto en el cultivo de tomate cv. Aníbal.

VI. LITERATURA CITADA

- Abad B.M, P. Noguera M. y C. Camón B. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: Tratado de Cultivo Sin Suelo. Urrestarazu G.M. 3a edición. Mundi Prensa. Madrid, España pp. 113-158.
- Abad, M. 1995. Sustratos para el cultivo sin suelo, In: El cultivo del tomate. F. Nuez (coord). Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, pp: 131-166.
- Abad, M. y P. Noguera. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: Manual de cultivo sin suelo. M. Urrestarazu (ed). 2a ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.pp: 137-185.
- Abad, M., P. Noguera y C. Camón. 2005. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: Fertirrigación cultivos hortícola y ornamentales. C. Cadahía (coord). 3ra ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, pp. 299-352.
- Aguado, S. G. A. 2012. Introducción al Uso y Manejo de los Biofertilizantes en la Agricultura. Laboratorio de Biotecnología y Fisiología Molecular de Plantas y Microorganismos. Campo Experimental Bajío. INIFAP. México. 315 p.
- Ahemad, M. and M. Kibret. 2014. Mechanisms and applications of plant growth Promoting rhizobacteria: Current perspective. J. King Saud Univ. Sci. 26: 1-20. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2013.05.001>.
- Ahmad F, Ahmad I, Khan MS. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Microbiol Res 36:1-9.
- Alves, S.H., R. Da Silva, D. Macagnan, H.V. De Almeida, P. Baracat, A. Munteerd. 2004. Rhizobacterial induction of systemic resistance in tomato plants: Non-specific protection and increase in enzyme activities. Biological Control. 29:288-295.
- AMHPAC, 2013. Agricultura protegida en México. <http://www.amhpac.org/es/index.php/homepage/agricultura-protegida-en-mexico> (Fecha de consulta: 08/01/2013).

- Armenta, B. A. D., G. C. García, B. J. R. Camacho, S. M. A. Apodaca, L. G. Montoya, P. E. Nava. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra-Ximhai* 6: 51- 56.
- BOMBELLI, E.; WRIGHT, E., Tomato fruit quality conservation during post-harvest by application of potassium bicarbonate and its effect on *Botrytis cinerea*. *Ciencia e Investigación Agraria*, 33: 167-172, 2006.
- Brown, D. 2010. A mathematical model of the Gac/Rsm quorum sensing network in *Pseudomonas fluorescens*. *Biosystems*. 101:200-212.
- Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. 2nd ed. Unwin Hyman Ltd., London. 309 p.
- Burés, S., Martínez F.X.; Llorca M. 1988. Preliminar/ study of the application of parametric linear programming in formulation of substrate mixes. *Acta Horticulturae* 221:141-152.
- Caiola MG, Al-Botta A, Del Gallo M. 2004. Localization of *Azospirillum brasiliense* Cd in inoculated tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) roots. *Ann Microbiol* 54:365-380.
- Castellano, Z. J., & Ojodeagua, J. L. (2009). Formulación de la solución nutritiva. In Castellano J. Z. (Ed.), *Manual de producción de tomate en invernadero* (pp. 131-156). Celaya, Gto, México: Intagri, S. C.
- Cestoni, F; De Jovel, G; Urquilla, A. 2006. Perfil de negocios de tomate cherry o cereza hacia el mercado de los Estados Unidos (en línea). El Salvador. 73 p. Consultado 5 feb. 2015. Disponible en http://www.academia.edu/7215115/PERFIL_DE_NEGOCIOS_DEL_TOMATE_CHERRY_O_CEREZA_HACIA_EL_MERCADO_DE_LOS_ESTADOS_UNIDOS.
- Chong, C. and R.A. Cline. 1993. Response of four ornamental shrubs to container substrate amended with two sources of raw paper mill sludge. *HortScience* 28: 807-809.
- Claassen VP, Carey JL (2004) Regeneration of nitrogen fertility in disturbed soils using composts. *Compost Sci. & Util* 12(2): 145-152.

- Compant, S., B. Duffy, J. Nowak, C. Clement, E.A. Barka. 2005. 'Use of Plant Growth-Promoting Bacteria for Biocontrol of Plant Diseases: Principles, Mechanisms of Action, and Future Prospects', *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 4951-4959.
- Cornelis, P. (2010), 'Iron Uptake and Metabolism in Pseudomonads', *Applied Microbiology and Biotechnology*. 86:1637-1645.
- Díaz S., T. et al. 2001. *Los filmes plásticos en la producción agrícola*. Mundi prensa. Madrid, España.
- Díaz, T. y Hernández, DA. 2003. Comportamiento de la germinación de las semillas tratadas con cloro (Cl) (en línea). Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova. Cuba. 63-66 p. Consultado 18 ene. 2016. Disponible en <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/nota4t19.pdf>
- Díaz, V. 2014. Perfil comercial tomate (en línea). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala. 11 p. Consultado 21 feb. 2015. Disponible en <http://web.maga.gob.gt/download/Perfil%20tomate.pdf>
- EDIFORM. 2006. VADIAGRO: Principales problemas fitosanitarios. Tomo I. Curridabat, Costa Rica, Edifarm Internacional Costa Rica. 3 ed. 89-92, 193-212 p.
- Edwards CA, Burrows I, Fletcher KE, Jones BA (1984) The use of earthworms for composting farm wasted. En: Gasser JKR (ed). *Composting of agricultural and other wastes*. Els. App. Sci. Publ. London. 241 pp.
- Eghball B (2000) Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 2024-2030.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Representante en México). 2009. *la FAO en México Más de 60 años de cooperación 1945 – 2009*. Agroanálisis A. C. México.
- FAOSTAT. Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de Tomate. De: faostat.fao.org. Consultado en octubre de 2011.

- FERNÁNDEZ RUIZ, V.; GALIANA, L.; SÁNCHEZ MATA, M.C., Internal quality characterization of fresh tomato fruits. Hort Science, 39(2): 339-345, 2004.
- Ferrera-Cerrato, R., A. Alarcón. 2007. Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico y planta-microorganismo. Trillas. México.
- Ghelardi, E.; F. Celandroni; S. Salvetti; D. J. Beecher; M. Gominet; D. Lereclus; A. C. L. Wong; S. Senesi: «Requirement of flhA for Swarming Differentiation, Flagellin Export, and Secretion of Virulence Associated Proteins in Bacillus thuringiensis», J. Bacteriol. 184:6424-6433, EE.UU., 2002.
- Gómez Tovar Laura, Manuel A., Gómez Cruz, y Rita Schwentesius Rindermann. 2001. Desafíos de la agricultura orgánica. Certificación y comercialización, Mundi-Prensa Universidad Autónoma Chapingo, tercera edición, México, 224 p.
- Heeb A, Lundegardh B, Ericsson T, Savage PG (2005) Nitrogen from affects yield taste of tomatoes. J. Food Sci. Agric. 85: 1405-1414.
- Hidalgo, (2003). Análisis Estadístico de Datos De Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. España: IPGRI.
- Infoagro Systems S.L. 2016. El cultivo de tomate: Parte I. (en línea). Madrid, España. s.p. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp
- INFOAM. (2003). International Federation of Organic Agriculture Movements. Norma para la producción y procesado orgánico (pp. 158). Alemania.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2014. Manejo integrado de plagas. Cultivo de tomate: Guía MIP (en línea). Managua, Nicaragua. 66 p. Consultado 10 may. 2016. Disponible en <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20MIP%20tomate%202014.pdf>
- IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute). 1996. Descriptores para tomate (*Lycopersicon spp L.*) (en línea). 47 p. Consultado 10 mar. 2017. Disponible en <https://cgspace.cgiar>.

org/bitstream/handle/10568/73043/Descriptores_tomate_489.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Jimeno, A., (2003). *Biología*. Santillana. Mexico. DF. 345 pp.
- Kremen Amy, Catherine Greene and Jim Hanson. 2004. Organic produce, price premiums, and eco-labeling in U.S. farmers' markets. Economic Research Service, USDA, VGS-301-01, USA, 12p.
- Landa B, Mavrodi O, Raaijmakers M, McSpadden B, Thomashow L, Weller D. 2002. Differential ability of genotypes of 2,4-diacetylphloroglucinol-producing *Pseudomonas fluorescens* strains to colonize the roots of pea plants. *Appl Environ Microbiol* 68(7):3226-3237.
- Lemaire, F., A. Fatigues, L.M. Reviere, S. Charpentier and P. Morel. 2003. *Cultures en post et conteneurs, principes agronomiques et applications*. 2a ed. INRA. París. 210 p.
- López, L; Quirós, Y. 2016. Estadísticas de áreas de siembra y rendimientos por región para tomate período 2015-2016. Comisión estadísticas de tomate. San José, Costa Rica. MAG. 9 p.
- Manjarrez MMJ, Ferrato-Cerrato R, González-Chávez MC (1999) Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra* 17: 9-15.
- Matsushita, M et. (2004). *Colony formation in bacteria: experiments and modeling*. Cambridge University Press. United Kingdom. 15(6), 305-317.
- Mavrodi OV, Mavrodi D, Park A, Weller D, Thomashow L. 2006. The role of *dsbA* in colonization of the wheat rhizosphere by *Pseudomonas fluorescens* Q8r1-96. *Microbiol* 152:863-872.
- Mayz-Figueroa, J. 2004. Fijación biológica de nitrógeno. *Rev. Científ. UDO Agríc.* 4: 1-20.
- McNear Jr., D. H. 2013. The rhizosphere - roots, soil and everything in between. *Nat. Educat. Knowledge* 4:1.
- Molina-Romero, D., M. Bustillos-Cristales, O. Rodríguez-Andrade, Y. E. Morales-García, Y. Santiago-Saenz, M. Castañeda-Lucio y J. Muñoz-Rojas. 2015.

- Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico. *Biológicas* 17: 24-34.
- Monardes, H. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill): Características botánicas. Origen (en línea). Chile. Universidad de Chile 13 p. Consultado 8 oct. 2016. Disponible en http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf
- Moreno R., A. Aguilar D., J. y Luévano G., A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios* [en línea] 2011, XV (Julio-Diciembre): (Fecha de consulta: 31 de marzo de 2014) Disponible en: ISSN 1405-928.
- Nieto-Garibay A, Murillo-Amador B, Troyo-Diéquez E, Larrinaga-Mayoral JA, García-Hernández JL (2002) El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27(8): 417-421.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-prensa.
- Padilla et al. 2012. Diagnóstico sobre la competitividad de la industria del tomate bajo agricultura protegida en Zacatecas. In *Competencia y dinámica de ajuste de la horticultura*. Culiacán, Sinaloa. México.
- Pajarito-Ravelero, A. 2012. Uso de Biofertilizantes en la Producción de Frijol en el Estado de Durango. Libro Técnico No. 6. Campo Experimental Valle del Guadiana. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. México.
- Papaseit, et al .1997. Los plásticos y la agricultura. Ediciones de Horticultura. España.
- Prithviraj, B., Bais, H., Weir, T., Suresh, B., Najarro, E., Dayakar, B., Schweizer, H., Vivanco J. 2005. Down regulation of virulence factors of *Pseudomonas aeruginosa* by salicylic acid attenuates its virulence on *Arabidopsis thaliana* and *Caenorhabditis elegans*. *Infect Immun* 73 (9): 5319-28.
- Razaq, M., P. Zhang, H. Shen, and Salahuddin. 2017. Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of *Acer mono*. *PLoS ONE* 12: 1-13. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171321>.

- Rodríguez DN, Cano RP, Figueroa VU, Palomo GA, Favela Che, Álvarez RVP, Márquez HC, Moreno RA (2008) Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Méx.* 31(3): 265-272.
- SAG 2011. Estadísticas nacionales de producción orgánica temporada 2010-2011. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Gobierno de Chile, Santiago, Chile http://www.sag.cl/sites/default/files/estadisticas_nacionales_de_produccion_organica_2010-2011.pdf
- SAGARPA. La exportación de jitomate mexicano genera ingresos por mil 200 mdd anuales. De: sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/Paginas/2010-B133.aspx. Consultado en octubre de 2011a.
- Sahota Amarjit. 2004. Overview of the global market for organic food and drink. En: *The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2004.* IFOAM, FIBL, SÖL, Germany, pp. 21-26.
- Salgado-García, S., R. Núñez-Escobar. 2010. Manejo de fertilizantes Químicos y Orgánicos. 2010. Colegio de Posgraduados. Mundi-Prensa. México.
- SIAP. Producción agrícola, cíclicos y perennes 2010, tomate rojo. De: siap.sagarpa.gob.mx. Consultado en noviembre de 2011.
- SIAP/SAGARPA. 2016. Atlas Agroalimentario 2016. http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2016/Atlas-Agroalimentario-2016.
- Siddiqui, I.A., S.S. Shaukat. 2003. Suppression of root-knot disease by *Pseudomonas fluorescens* CHA0 in tomato: Importance of bacterial secondary metabolite, 2,4- diacetylphloroglucinol. *Soil Biology & Biochemistry.* 35:1615-1623.
- Stringlis, I. A., S. Proietti, R. Hickman, M. C. Van Verk, C. Zamioudis, and C. M. J. Pieterse. 2018. Root transcriptional dynamics induced by beneficial rhizobacteria and microbial immune elicitors reveal signatures of adaptation to mutualists. *Plant J.* 93: 166-180. doi: <https://doi.org/10.1111/tpj.13741>.

- Támez, P.; M. M. Iracheta; B. Pereira; L. J. Galán; R. Gómez; R. Támez; C. Rodríguez: «Caracterización de cepas mexicanas de *Bacillus thuringiensis* tóxicas para larvas de lepidópteros y coleópteros», *Ciencia UANL* 8 (4):477-482, México, 2007.
- Valadez López, A. 1998. *Producción de hortalizas*. Editorial Limusa S.A. de C.V. México, D.F.
- Weller, D.M., J.M. Raaijmakers, B.B. McSpadden Gardener, L.S. Thomashow. 2002. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to Plant Pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 40:309-348.
- Willer Helga and Minou Yussefi. 2004. *The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2004*. IFOAM, FIBL, SÖL, Germany, 167p.

VII. APÉNDICE

Cuadro A-1: Análisis de varianza para la variable altura de la planta en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021

F.V	G.L	S.C	C.M	F. Valor	Pr > F
Repetición	2	0.17	0.86	1.37	0.33
Hibrido	2	0.01	0.78	1.12	0.88
Sustrato	1	0.0034	0.0034	01.00	1.00
H x S	1	0.19	0.19	0.31	0.60
Error	5	0.31			
Total	11	0.52			

C.V: 6.86

Media: 0.58

Cuadro A-2: Análisis de varianza para la variable Diámetro Polar en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021

FV	GL	S.C.	C.M.	F. valor	Pr>F
Repetición	2	0.11	5.59	0.14	0.87
Hibrido	2	23.21	23.17	1.15	0.38
Sustratos	1	4.52	4.52	1.19	0.32
H x S	1	0.70	0.70	0.00	1.00
Error	5	0.02	40.04		
Total	11	36.71			

C.V: 1.83

Media: 3.8046

Cuadro A-3: Análisis de varianza para la variable Diámetro Ecuatorial en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021

FV	GL	S.C.	C.M.	F. valor	Pr>F
Repetición	2	3.53	1.76	0.12	0.88
Hibrido	2	7.57	37.87	2.62	0.16
Sustratos	1	1.57	1.37	0.09	0.77
H x S	1	0.396	0.00	0.00	1.00
Error	5	72.37	14.47		
Total	11	152.96			

C.V: 3.86

Media: 38.30

Cuadro A-4: Análisis de varianza para la variable Consistencia de Fruto en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021

FV	GL	S.C.	C.M.	F. valor	Pr>F
Repetición	2	0.1925	0.0962	1.39	0.3311
Hibrido	2	0.09	0.0460	0.66	0.5548
Sustratos	1	0.1776	0.1776	2.57	0.1701
H x S	1	0.3276	0.3276	4.73	0.0816
Error	5	0.3462	0.0692		
Total	11	1.1359			

C.V: 10.8527

Media: 0.6631

Cuadro A-5: Análisis de varianza para la variable Número de Lóculos en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021

FV	GL	S.C.	C.M.	F. valor	Pr>F
Repetición	2	0.42	0.21	5.45	0.05
Hibrido	2	0.73	0.36	9.47	0.01
Sustratos	1	0.09	0.09	2.33	0.18
H x S	1	0.10	0.00	0.00	1.00
Error	5	0.19	0.03		
Total	11	1.42			

C.V: 10.42

Media: 1.88

Cuadro A-6: Análisis de varianza para la variable Espesor de la Pulpa en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021

FV	GL	S.C.	C.M.	F. valor	Pr>F
Repetición	2	0.23	0.11	0.27	0.77
Hibrido	2	1.85	0.92	2.11	0.21
Sustratos	1	1.15	1.18	2.69	0.16
H x S	1	0.13	0.00	0.00	1.00
Error	5	2.19	0.43		
Total	11	5.00			

C.V: 1.85

Media: 0.66

Cuadro A-7: Análisis de varianza para la variable Grados Brix en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021

FV	GL	S.C.	C.M.	F. valor	Pr>F
Repetición	2	0.07	0.03	0.11	0.89
Hibrido	2	0.25	0.12	0.37	0.70
Sustratos	1	0.20	0.00	0.00	0.97
H x S	1	0.15	0.15	0.46	0.52
Error	5	1.72	0.34		
Total	11	2.21			

C.V: 6.86

Media: 0.58

Cuadro A-8: Análisis de varianza para la variable Peso total en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021

FV	GL	S.C.	C.M.	F. valor	Pr>F
Repetición	2	77569.66	3878.48	3.99	0.09
Hibrido	2	35132.16	1756.60	1.81	0.25
Sustratos	1	56.26	52.66	1.01	0.94
H x S	1	3088.74	3088.74	3.18	0.13
Error	5	4860.02	972.00		
Total	11	19224.22			

C.V: 12.95

Media: 1951.17

Cuadro A-9: Análisis de varianza para la variable Rendimiento en los híbridos y sustratos estudiados en tomate UAAAN – UL 2021

FV	GL	S.C.	C.M.	F. valor	Pr>F
Repetición	2	73.6660	36.8330	0.21	0.8136
Hibrido	1	1429.5357	1429.5357	8.29	0.0281
Sustratos	1	914.6942	914.6942	5.30	0.0608
H x S	1	924.2988	924.2988	5.36	0.0598
Error	6	1034.5925	172.4320		
Total	11	4376.7874			

C.V. = 17.26

Media: 70.05