

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



USO DE RIZOBACTERIAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE  
GOLDENBERRY (*Physalis peruviana* L.) EN INVERNADERO

**Tesis**

Que presenta ISAAC GUAJARDO PAZ  
como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila

Septiembre 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



USO DE RIZOBACTERIAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE  
GOLDENBERRY (*Physalis peruviana* L.) EN INVERNADERO

Tesis

Que presenta ISAAC GUAJARDO PAZ  
como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

---

Dr. Valentín Robledo Torres  
Director UAAAN

---

Dr. Manuel Sandoval Villa  
Director Externo

Saltillo, Coahuila

Septiembre 2020

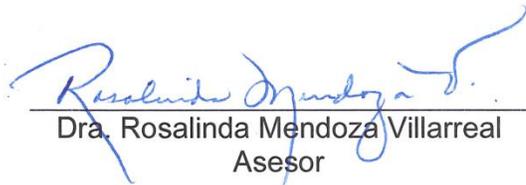
USO DE RIZOBACTERIAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE  
GOLDENBERRY (*Physalis peruviana* L.) EN INVERNADERO

Tesis

Elaborada por ISAAC GUAJARDO PAZ como requisito parcial para obtener el  
grado de Maestro en Ciencias Horticultura con la supervisión y aprobación del  
Comité de Asesoría



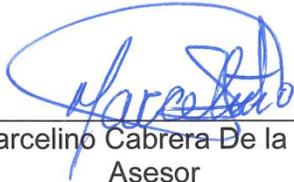
Dr. Valentín Robledo Torres  
Asesor Principal



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Asesor



Dr. Armando Hernández Pérez  
Asesor



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente  
Asesor



Dr. Manuel Sandoval Villa  
Asesor



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente  
Subdirector de Postgrado  
UAAAN

## **Agradecimientos**

Al Gran Arquitecto del Universo, al Padre todopoderoso, al Supremo Hacedor, pues gracias a Él estoy vivo, con la maravillosa oportunidad de superarme y aprender de su Creación, que se haga su voluntad y loado sea por la eternidad.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme brindado la oportunidad de realizar la maestría en ciencias, dentro de una Institución, con una historia grandiosa y personas sin igual.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haberme brindado el valioso apoyo financiero para la realizar el postgrado en la maestría en Horticultura.

Al Dr. Valentín Robledo Torres por brindarme la oportunidad de hacer el presente trabajo, por su gran apoyo, experiencia compartida, orientación y atenta disponibilidad.

A la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal por su colaboración para el presente trabajo, por la experiencia compartida principalmente en el área de laboratorio, y también por su apoyo en clases, dándome conocimientos esenciales.

Al Dr. Armando Hernández Pérez, por su colaboración, y apoyo en este trabajo en algunos análisis, además de orientarme para desarrollarlo.

Al Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente por su valiosa colaboración, su apoyo, su disponibilidad, y revisión de este trabajo.

Al Dr. Manuel Sandoval Villa por su gran colaboración para con este trabajo, por brindarme los materiales necesarios, su disponibilidad y revisión del mismo.

A la Dra. María Hernández González del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la UAAAN por su apoyo y colaboración con el trabajo.

A mis amigos y laboratoristas, Martina, Laura Durón, Lupita, Jorge Kau, Rubén, Xóchitl, Rafael, Antonio, Francisco, Filadelfo, etc., por estar ahí cuando más se necesitaba y apoyarme con su amistad. Y a todos mis compañeros de postgrado, gracias por su amistad a lo largo de esta etapa, por permitirme ser parte de su vida, y por su apoyo durante este tiempo, bendiciones a todos y cada uno de ustedes.

## **Dedicatoria**

Al Gran Maestro de Maestros, a la Luz de la Verdad y el Amor, que está con todos nosotros desde tiempos inmemorables, por ser nuestro eterno Maestro y Consejero. Aquel que dijo: Amaos los unos a los otros, como Hermanos que sois.

A mis padres Oscar Guajardo Ríos y María Paz Ponce, a quienes agradezco muchísimo todo lo que han hecho por mí, alentando y apoyándome de forma incondicional a seguir adelante, sin importar lo que tenga que pasar. Su comprensión, amor y conocimiento, han sido uno de los pilares de una gran familia. El presente trabajo también es de Ellos, porque no hubiera sido posible sin su presencia. Les expreso el gran amor que tengo por ustedes y les agradezco nuevamente.

A mis hermanos Bertha Guajardo Paz y Jesús Guajardo Paz por formar parte esencial de mi vida, quienes me han apoyado y han convivido siempre conmigo. También les expreso el gran amor que tengo por ustedes y les agradezco mucho su compañía y confianza.

A mis tíos, primos, abuelos y todos mis familiares, que han estado apoyándome y siendo parte de mi vida, enseñándome grandes lecciones.

A todos mis profesores y maestros que me han venido formando desde pequeño, dándome el conocimiento necesario para llegar hasta aquí.

A todas las personas que de una forma u otra me han apoyado y me he encontrado por la vida, amigos, compañeros, instructores, vecinos, productores, desconocidos, etc., etc., porque en todos se encuentra esa potente y maravillosa Luz del Espíritu que ya trata de iluminar este mundo.

## Índice General

INTRODUCCIÓN .....	1
<i>Objetivo</i> .....	2
<i>Hipótesis</i> .....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
<i>La planta de Goldenberry</i> .....	3
Importancia.....	3
Taxonomía y origen.....	3
Características Botánicas .....	4
Contenido Nutricional .....	4
<i>Requerimientos Edafoclimáticos</i> .....	5
<i>Manejo del Cultivo</i> .....	5
Marcos de Plantación .....	5
Siembra y Trasplante.....	5
Tutorado .....	5
Poda.....	6
Riego y Fertilización .....	6
<i>Cosecha y Rendimiento</i> .....	7
<i>La Agricultura Protegida</i> .....	8
Situación en México.....	8
<i>Las Bacterias</i> .....	9
Las Rizobacterias y su Importancia .....	9
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
<i>Ubicación del Experimento</i> .....	11
<i>Material Vegetal</i> .....	11
<i>Descripción de los Tratamientos</i> .....	11

<i>Establecimiento y Manejo</i> .....	12
<i>Estudio de Variables Agronómicas y Calidad de Fruto</i> .....	14
<i>Estudio del Contenido de Minerales en Fruto</i> .....	16
<i>Análisis Estadístico</i> .....	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	17
<i>Variables Agronómicas y Calidad de Fruto</i> .....	17
Número de Frutos por Planta.....	17
Peso promedio de fruto.....	18
Rendimiento .....	19
Grados Brix (sólidos solubles totales).....	20
pH de Fruto.....	21
Acidez titulable .....	22
Vitamina C.....	23
Carotenoides Totales.....	24
<i>Contenido de Minerales en Fruto</i> .....	25
Nitrógeno.....	25
Fósforo .....	26
Potasio .....	27
Calcio .....	29
Magnesio.....	30
CONCLUSIONES .....	32
LITERATURA CITADA.....	33

## Índice de Cuadros

Cuadro 1. Tratamientos de Rhizobacteria y nutrición química aplicados a <i>Physalis peruviana</i> .....	12
---	----

## Índice de Figuras

Figura 1. Valores medios del número de frutos por planta en respuesta a la aplicación de rizobacterias y nutrición química. Todos los tratamientos fueron significativamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$ ).....	17
Figura 2. Valores medios de peso promedio de frutos por planta en respuesta a la aplicación de rizobacterias y nutrición química. Barras con misma letra son significativamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$ ).....	19
Figura 3. Valores medios del rendimiento en toneladas por hectárea en respuesta a la aplicación de rizobacterias y nutrición química. Los tratamientos fueron significativamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$ ).....	20
Figura 4. Promedio de Grados Brix del fruto de goldenberry, en respuesta a la aplicación de rizobacterias y nutrición química. Barras con misma letra son iguales significativamente (Tukey $P \leq 0.05$ ).....	21
Figura 5. Valores medios de pH del fruto de goldenberry en respuesta a la aplicación de rizobacterias y fertilización química. Los tratamientos fueron significativamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$ ).....	22
Figura 6. Comparación de medias para acidez titulable (% de ácido cítrico) con los tipos de fertilización probados. Los tratamientos bajo estudio fueron significativamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$ ).....	23
Figura 7. Contenido promedio de vitamina C en fruto, de tratamientos con rizobacterias y fertilización química. Las barras de tratamientos con la misma letra son significativamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$ ). .....	24
Figura 8. Comparación de medias para contenido de carotenoides totales en respuesta a la aplicación de rizobacterias y fertilización química. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$ ). .....	25
Figura 9. Valores medios en el porcentaje de N en fruto en respuesta a la aplicación de rizobacteria y fertilización química en el cultivo de Goldenberry. Los tratamientos bajo estudio fueron significativamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$ ).26	

Figura 10. Comparación de medias para contenido de P en fruto en respuesta a la aplicación de rizobacterias y fertilización química en goldenberry. Barras de tratamientos con la misma letra son significativamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).27

Figura 11. Contenido de K en fruto de goldenberry en respuesta a la aplicación de rizobacterias y fertilización química. Barras de tratamientos con la misma letra son significativamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ). .....28

Figura 12. Comparación de medias para contenido de Ca en fruto en respuesta a la aplicación de rizobacterias y fertilización química. Los tratamientos bajo estudio fueron significativamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ). .....30

Figura 13. Valores medios en el contenido de Mg en fruto de goldenberry, en respuesta a la aplicación de rizobacterias y fertilización química. Barras de tratamientos con la misma letra son significativamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).31

## Resumen

USO DE RIZOBACTERIAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE  
GOLDENBERRY (*Physalis peruviana* L.) EN INVERNADERO

POR:

ISAAC GUAJARDO PAZ

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. VALENTÍN ROBLEDO TORRES – ASESOR –

Saltillo, Coahuila

Septiembre 2020

El goldenberry (*Physalis peruviana* L.) es un cultivo alternativo de alto potencial, porque produce frutos de calidad nutricional y medicinal, tiene alto valor en el mercado de exportación, y se adapta a diversas condiciones. El uso de rizobacterias en invernadero es una gran opción para incrementar la producción y calidad del fruto con una reducción en fertilización química, por lo tanto éste trabajo tiene como objetivo conocer el efecto de las rizobacterias en la producción y calidad nutricional de goldenberry. El estudio se realizó en invernadero en Saltillo, Coahuila, México. El goldenberry fue manejado a 4 tallos y riego por goteo. Se aplicaron dos cepas de rizobacterias nativas de General Cepeda, Coahuila (A1 y A2) aplicadas en dosis de  $1 \times 10^6$ , y una cepa comercial (CC) *Azospirillum brasilense*, combinadas con distintas concentraciones de fertilización química de Steiner (FQ), 0, 50, y 100%, un testigo absoluto y un testigo con 100% FQ. La cepa A2 sin FQ indujo 34.7% mayor peso respecto al tratamiento con solo FQ, y ésta combinada con 50% de FQ incrementó vitamina C (14.7%) y la concentración de fósforo (17.1%) en fruto en comparación el testigo absoluto. La cepa A1 sin FQ mejoró la concentración de potasio (21.8%) y magnesio (18.3%) respecto al tratamiento con solo FQ, y ésta combinada con 50% de FQ elevó 11% los grados Brix comparado al tratamiento de 100% de FQ. Por esto se recomienda aplicar rizobacterias y reducir la FQ, y así producir frutos nutritivos de goldenberry de manera sustentable.

**Palabras clave:** *Azospirillum*, cultivos alternativos, ambiente protegido, uchuva.

**Abstract**

USE OF RHIZOBACTERIA IN THE YIELD AND QUALITY OF GOLDENBERRY  
(*Physalis peruviana* L.) IN GREENHOUSE

BY:

ISAAC GUAJARDO PAZ

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. VALENTÍN ROBLEDO TORRES – ADVISER –

Saltillo, Coahuila

September 2020

Goldenberry (*Physalis peruviana* L.) is a potential and alternative crop because it produces fruits of nutritional and medicinal quality, it has high value in the export market, and adapts to various conditions. The use of rhizobacteria in the greenhouse is a great option to increase the production and quality of the fruit with a reduction in chemical fertilization, so this work aims to determine the effect of rhizobacteria on the production and nutritional quality of goldenberry. The study was carried out in a greenhouse in Saltillo, Coahuila, Mexico. The goldenberry was managed on 4 stems and drip irrigation. Two strains of rhizobacteria native to General Cepeda, Coahuila were applied (A1 and A2) applied in doses of  $1 \times 10^6$ , and a commercial strain (CS) *Azospirillum brasilense*, combined with different concentrations of Steiner's chemical fertilization (CF), 0, 50, and 100%, an absolute control and a CF control. The A2 strain without CF induced 34.7% greater weight compared to the treatment with only CF, and this combined with 50% of CF increased vitamin C (14.7%) and the concentration of phosphorus (17.1%) in fruit, unlike treatment with 100% CF and the control. Strain A1 without CF improved the concentration of potassium (21.8%) and magnesium (18.3%) compared to the treatment with only CF, and this combined with 50% of CF raised the Brix degrees by 11% compared to the treatment of 100% CF. That is why it is recommended to apply rhizobacteria and reduce CF, and thus produce nutritious goldenberry fruits in a sustainable way.

**Key words:** *Azospirillum*, alternative crops, protected environment, uchuva.

## INTRODUCCIÓN

El fruto de *Physalis peruviana* L., planta originaria de los Andes Peruanos, conocido como Goldenberry, Uchuva, Aguaymanto o Ushun, está tomando gran importancia a nivel global por sus propiedades nutraceuticas y medicinales, y su potencial aplicación en la industria alimentaria y cosmética (Ramadan, 2008; Fischer *et al.*, 2014).

El goldenberry fresco o deshidratado tiene un exquisito sabor y aroma, y es muy apreciado en los mercados de Europa, Estados Unidos y Canadá, por lo que su cultivo representa una alternativa viable para los pequeños productores con excelente oportunidad de exportación (Fischer *et al.*, 2014). Un ejemplo de ello es Colombia, siendo el mayor productor mundial, donde los frutos de goldenberry en 2018 representaron \$32.4 millones de dólares (USD) en exportaciones, solo por debajo del banano (ANALDEX, 2019).

Además ésta planta es capaz de adaptarse a muchas condiciones climáticas, por lo que teniendo un buen sistema de producción y desarrollo tecnológico, es un cultivo potencial en México, especialmente en regiones con suelos poco fértiles (Castañeda-Salinas *et al.*, 2013).

Las normas de comercialización en los mercados de Europa, Estados Unidos y Canadá son estrictas y solo reciben frutos de alta calidad con ausencia de químicos. Por ello el uso de rizobacterias en ambientes protegidos, es una gran alternativa para equilibrar los factores involucrados en la producción, ya sean sociales, económicos, o ambientales (Parra y Cuevas 2001; FAO, 2016); las bacterias en simbiosis con las plantas, actúan como complemento de la raíz en la toma de nutrientes y aumentan su tolerancia a estrés abiótico (Miranda *et al.*, 2012), lo que hace que sean llamadas Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal o RPCV (del inglés, Plant Growth Promoting Rhizobacteria o PGPR) (Espinosa-Palomeque *et al.*, 2017; Moreno-Reséndez *et al.*, 2018).

Las bacterias del grupo de RPCV del genero *Azospirillum*, fijan el nitrógeno atmosférico (N<sub>2</sub>) y producen hormonas que promueven el crecimiento (García, 2011) y tienen además un efecto positivo en la translocación de nutrientes

desde la raíz hasta la parte aérea de las plantas. Promueven incrementos en el contenido de minerales y rendimiento de los cultivos, lo cual se demuestra en numerosos estudios con otros biofertilizantes en diversos cultivos en invernadero (Caballero-Mellado, 2002; Ramírez *et al.*, 2008; Bhattacharyya y Jha 2012; Moreno-Reséndez *et al.*, 2014; Rueda *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2017; Domingues-Duarte *et al.*, 2020). Por otra parte se puede reducir la fertilización química, como lo señalan Gómez y Núñez (2014), quienes indican que es posible reducir en al menos un 50% la aplicación de fertilizantes químicos, ya que el uso ineficiente e indiscriminado de agroquímicos ha ocasionado la contaminación ambiental y de suelos (Jadhav *et al.*, 2014) provocando así, su degradación y pérdida de fertilidad (Curi *et al.*, 2019). Por lo que en este trabajo de investigación se determinó el siguiente objetivo e hipótesis:

### **Objetivo**

Determinar el efecto de las rizobacterias en la producción, calidad y contenido mineral de fruto de goldenberry en invernadero.

### **Hipótesis**

Al menos uno de los tratamientos con rizobacterias y ambientes protegidos produce diferente efecto sobre el fruto de goldenberry.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### La planta de Goldenberry

#### Importancia

El cultivo de goldenberry, hoy en día es una excelente alternativa de producción para numerosos países, debido a que presenta buena aceptación en los mercados internacionales y alcanza altos precios, lo cual se debe al contenido nutricional y medicinal que posee el fruto (Gastelum, 2012). Actúa como antioxidante, antiescorbuto, antiséptico, entre otros, tiene un gran potencial en la industria alimentaria y cosmética (Ramadan, 2008). Además de que puede adaptarse a diversidad de climas, en especial a zonas con problemas de fertilidad en suelo (Castañeda-Salinas *et al.*, 2013).

#### Taxonomía y origen.

Existen casi 100 especies de plantas del género *Physalis*, el tomatillo *Physalis ixocarpa* y el goldenberry *Physalis peruviana* L. son las más representativas. A nivel mundial su nombre más común es goldenberry, pero tiene muchos otros: en Colombia se llama “uchuva”, en Chile “physalis”, en Ecuador “uvilla”, en Perú “aguaymanto”, en España “alquequenje” y en Sudáfrica “cape gooseberry” (Cruzat *et al.*, 2010).

#### Clasificación

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Solanales*

Familia: *Solanaceae*

Género: *Physalis*

Especie: *Physalis peruviana* L.

Su origen se ubica en Sudamérica, en los Andes del Perú y Chile, donde crece también como planta silvestre y desde allí fue llevado a América Latina y otros países como India o Sudáfrica (Cruzat *et al.*, 2010).

### **Características Botánicas**

Es una hierba anual, o semi-perenne dependiendo del manejo y clima, pues a partir del segundo año puede formar un arbusto semileñoso que crece 2 o más metros de alto; puede ser erecta, postrada o extendida, muchas veces se apoya en otras plantas; presenta un hábito de crecimiento indeterminado, porque desarrolla nuevas ramas, hojas y flores al mismo tiempo (Fischer *et al.*, 2014; Ruiz *et al.*, 2018).

Tiene tallos con ramificación dicotómica, cilíndricos poco o muy ramificados desde la base. Sus hojas son simples, alternas, acorazonadas y pubescentes de 5 a 15 cm de largo y 4 a 10 cm de ancho, los tricomas a veces glandulares y olorosos. Desarrolla sus flores en las axilas de pedúnculo foliar, son hermafroditas, solitarias y amarillas, los insectos y el viento fácilmente las polinizan, aunque también es común la autopolinización (Ruiz *et al.*, 2018).

El fruto está encerrado por el cáliz en forma de vejiga o acampanado, lo protege frente a patógenos y condiciones extremas y puede servir como empaque natural; se trata de una baya succulenta, color amarillo-naranja de 1 a 2.5 cm de diámetro, con numerosas semillas aplanadas y de forma lenticular. (Fischer *et al.*, 2014).

### **Contenido Nutricional**

El fruto de sabor agridulce es muy nutritivo, con altos contenidos de provitamina A, vitaminas del complejo B, C y una cantidad excepcional de elementos como el hierro, fósforo y proteína en el fruto (Ramadan, 2008; Fischer *et al.*, 2014); puede usarse con fines: alimenticio, medicinal y ornamental, como alimento puede comercializarse como fruto fresco (con/sin cáliz), deshidratado, congelado, o para proceso industrial (mermeladas, conservas, jugos, salsas) (Cruzat *et al.*, 2010; Gastelum, 2012).

## **Requerimientos Edafoclimáticos**

El goldenberry requiere temperaturas óptimas que rondan los 21°C, aunque tiene un amplio rango de tolerancia: de 5 a 35°C; si ésta es más alta, se afecta la floración, mientras que las heladas dañan al tejido en crecimiento (Sabino-López *et al.*, 2016). Prefiere una humedad relativa de 70 a 80%. En Colombia se cultiva en zonas sin viento excesivo, con temperaturas promedio de 13 a 18°C, precipitaciones de 1000 a 1800 mm por año y a una altura de 1500 a 3000 msnm (Gastelum-Osorio *et al.*, 2013).

En general puede cultivarse en muchos tipos de suelo, siempre que tengan buen drenaje, aunque los limosos, arenosos o pedregosos, con pH de 5.0 a 6.5 son la mejor opción (Mora-Aguilar *et al.*, 2006). Se considera como una especie con resistencia media a la salinidad (Miranda *et al.*, 2010).

## **Manejo del Cultivo**

### **Marcos de Plantación**

En general a campo abierto son recomendadas distancias de 3x3 o 2x3 metros entre plantas y entre surcos (Zapata *et al.*, 2002); en condiciones de producción más intensiva, varían de 40 a 80 cm entre las plantas y de 50 a 90 cm entre surcos, dependiendo del lugar (Dostert *et al.*, 2012).

### **Siembra y Trasplante**

Aunque se pueda hacer siembra directa en el suelo, lo más aconsejable es obtener las plantas de semillero, porque las semillas son muy pequeñas.

Cuando las plantas tengan una altura de 20 a 25 cm, están listas para el trasplante en el lugar definitivo, ya sea en camas de siembra o macetas (Dostert *et al.*, 2012).

### **Tutorado**

Práctica imprescindible para mantener la planta erguida, mejorando su aireación, facilitando que le llegue la radiación, al realizar el manejo del cultivo.

El tutorado dependerá de la densidad de siembra, topografía, materiales

disponibles y sus costos. Entre los más usados está el de espaldera doble, y el sistema de colgado en doble línea, donde las ramas cuelgan en forma de “V” (Ruiz *et al.*, 2018).

### **Poda**

Se realizan dos tipos de poda: de formación, donde se eliminan los brotes basales del tallo principal hasta los 40 cm de altura; y de mantenimiento o sanitaria, que consiste en remover ramas viejas, enfermas y secas, con el fin de aminorar las fuentes de inóculo de enfermedades (Zapata *et al.*, 2002). En el caso de que se cultive la planta varios años, adicionalmente puede haber una poda de renovación, siendo ésta a lo largo, o al momento en que termina un ciclo, con el fin de tener una planta joven de nuevo, eliminando ramas largas que ya produjeron y que hacen difícil la cosecha (Miranda, 2005).

En las plantaciones colombianas a campo abierto el cultivo se ha manejado intercalado con otras especies y de forma arbustiva, con múltiples tallos, 6 a 8 ramas principales, con otras ramas secundarias y terciarias, aunque esto para situaciones particulares está en constante adaptación (Miranda, 2005); en producciones intensivas y ambientes protegidos, no hay nada establecido, pero en general se conduce a 4 tallos por planta (Aguilar-Carpio *et al.*, 2018).

### **Riego y Fertilización**

Los riegos deben ser en lo posible suficientes, precisos y constantes, pudiendo partir de la evapotranspiración registrada, pues esto influye en la calidad de exportación de los frutos; pueden presentar problemas de rajado de fruto cuando se combina, tanto un abundante abasto de agua (encharcamientos) como una fertilización (deficiencias de calcio) deficiente (Álvarez-Herrera *et al.*, 2010).

El plan de fertilización se debe basar en un análisis de suelo y de la calidad del agua de riego. Al comienzo del ciclo, al trasplantar, es recomendable adicionar al suelo 1 o 2 kg de materia orgánica o estiércol; la fertilización química puede comenzar a aplicarse después de un mes de efectuado el trasplante (Romo, 2018).

Al pasar 30 días después de la siembra se recomienda aplicar 80 a 120 gramos por planta ( $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ ) de un fertilizante como el 10-30-10, y 150 a 200  $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$  del mismo a los tres meses después de la siembra; en plena producción, la fertilización habrá que aplicarse cada 2 meses y cambia a 200 o 250  $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$  de 10-30-10 (Patiño *et al.*, 2014).

Sin embargo es recomendable hacer un análisis foliar y de suelo cada ciclo de cultivo, para suministrar los nutrientes correctamente, pues esto depende además de la fenología, del lugar y condiciones de plantación. Así, por ejemplo, en trabajos hechos en México, se reporta que el goldenberry crece y desarrolla adecuadamente con la solución nutritiva Steiner al 50 y 75% de concentración (Gastelum-Osorio *et al.*, 2013; Aguilar-Carpio *et al.*, 2018).

### **Cosecha y Rendimiento**

Normalmente, cuando el cáliz del fruto de goldenberry toma un color café claro y textura pergaminosa, indica que el fruto está maduro, además de que estará tornándose color amarillo-dorado (Fischer *et al.*, 2014).

Se cosecha de forma manual y esta inicia entre los 4 y 7 meses después del trasplante, debiendo ser continua (hasta 2 veces por semana) y permanente para que la fruta ya madura no absorba más energía de la planta (Romo, 2018). Los rendimientos varían de forma considerable de un lugar a otro, en Colombia, el principal productor mundial, en campo abierto se alcanzan de 14.5 a 32.5 toneladas por hectárea ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), mientras que en invernadero se reportan hasta 60  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Angulo, 2005; Fischer *et al.*, 2014); en Perú que es su lugar de origen, la producción y el rendimiento de goldenberry es bajo, de aprox. 7  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; en Ecuador se producen alrededor de 13.6  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  con un sistema semi-tecnificado; en Chile se estima un promedio nacional de 6  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Cruzat *et al.*, 2010; Fischer *et al.*, 2014). Por su parte en México, ensayos en invernadero y sustrato han reportado de 45 a 60  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Sabino-López *et al.*, 2018; Aguilar-Carpio *et al.*, 2018).

## La Agricultura Protegida

Hoy en día uno de los temas más importantes en la agricultura a nivel global, es el del cuidado ambiental, el cambio climático y otros factores que se relacionan con éste (calentamiento global, temperaturas extremas, sequías, etc.). Lograr la transformación para una agricultura sostenible supone una necesidad pero a la vez un gran desafío; las prácticas agrícolas sostenibles ya existen desde el punto de vista económico, pero deben superarse otros obstáculos que impiden adoptarlas (FAO, 2016).

Por otra parte, también la industria de la agricultura es dinámica, cada vez es de mayor exportación y competencia mundial; esto aunado a consumidores más informados y exigentes, con una tendencia a productos más saludables, inocuos, naturales, da como resultado que los alimentos ofrecidos tengan que ser de calidad, de acuerdo al gusto del consumidor y a las normas existentes (SENASICA, 2010).

Es por eso que la agricultura protegida, se refiere a cualquier estructura cerrada, con la que se obtienen las condiciones óptimas para el cultivo de plantas fuera de estación, está desplazando a los métodos tradicionales de cultivo; las principales ventajas de este sistema es que hay un uso eficiente de los recursos, los cultivos tienen las condiciones para lograr su máximo potencial genético, aumenta la producción, y así, en parte se puede satisfacer la creciente demanda de alimentos, equilibrando los factores involucrados, ya sean sociales, económicos o ambientales (FAO, 2016).

### Situación en México

En el país la agricultura protegida se ha desarrollado velozmente, pues hace posible el desarrollo de regiones agrícolas donde existen las condiciones ideales para establecer estructuras que protejan los cultivos: invernaderos, malla sombra, túneles (Juárez *et al.*, 2011).

En 1990 iniciaron en México las primeras instalaciones comerciales, pero cuando registraron mayor crecimiento fue a partir del año 2000, y esto en

condiciones muy dispares, estableciéndose desde invernaderos de vidrio con precio elevado, hasta económicas casas sombra (Castellanos y Borbón, 2011). La superficie bajo sistemas protegidos ha aumentado en gran medida desde sus inicios, pasando de 132 hectáreas en 2003, a más de 42 mil a finales de 2017, siendo buena parte destinada a cultivos hortícolas (AMHPAC, 2019).

### **Las Bacterias**

Las bacterias son microorganismos unicelulares procariotes con aplicaciones diversas en la vida del ser humano, derivadas de sus esenciales y numerosas funciones en los seres vivos (Molina y Uribarren, 2015). Un ejemplo de ello es la simbiosis que tienen con las plantas, donde cada organismo (simbionte) resulta beneficiado; esto es posible aprovecharlo para mejorar los sistemas productivos agrícolas y contrarrestar la contaminación de los suelos y el ambiente, por el uso ineficiente e indiscriminado de agroquímicos (Jadhav *et al.*, 2014).

### **Las Rizobacterias y su Importancia**

Kloepper y Schroth, (1978) crean el término *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), para referirse a las bacterias de la rizósfera que tienen un efecto positivo-protector en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Labra-Cardón *et al.*, 2012). Su traducción al español es: Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV) y éstas actúan a través de uno o más mecanismos: (1) fijación biológica de nitrógeno; (2) solubilización de fosfatos; (3) síntesis de fitohormonas, principalmente el ácido indolacético (AIA) y ácido giberélico (AG); (4) inhibición del desarrollo de microorganismos fitopatógenos por la síntesis de antibióticos, entre otros. Por lo mismo las RPCV se consideran biofertilizantes (Espinosa-Palomeque *et al.*, 2017; Moreno-Reséndez *et al.*, 2018).

Uno de los géneros de bacterias dentro de esta categoría y de los más estudiados es *Azospirillum*, estas bacterias al asociarse con la planta, colonizan las raíces, forman nódulos radiculares, y gracias a la catálisis del complejo enzimático nitrogenasa fijan el nitrógeno atmosférico (N<sub>2</sub>) (García, 2011); por

otra parte producen hormonas que promueven el crecimiento como el AIA y AG, además aumentan la captación de agua y minerales por las raíces, y por ende, aumentan la tolerancia a estrés abiótico (Miranda *et al.*, 2012).

Numerosos estudios con biofertilizantes, incluidas las RPCV y hongos benéficos (micorrizas) indican que, debido en parte a la gran biodiversidad de organismos, generalmente se obtienen mejores resultados, actuando en conjunto que individualmente, existiendo un tipo de sinergismo entre ellos, siendo esto ya probado con diversos cultivos, como el goldenberry en invernadero (Ramírez *et al.*, 2008; Rueda *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2017); lo que demuestra que existe un gran potencial para sustituir, o al menos reducir en un 50% la aplicación de fertilizantes químicos (Gómez y Núñez, 2014).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del Experimento

Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Cuya ubicación geográfica es 25° 23' de latitud norte y 101° 80' de longitud oeste, con una altitud de 1785 m. Se presenta una temperatura media anual de 19.8°C, una precipitación de 443.5 mm, clima templado semiseco e invierno extremoso.

### Material Vegetal

Planta de goldenberry (*Physalis peruviana L.*) ecotipo *Colombia*, caracterizada por tener hojas pequeñas, frutos de coloración naranja y un mayor contenido de azúcares, aunque más pequeños, que los ecotipos africanos *Sudáfrica* y *Kenia* que tienen mayor número de cromosomas.

### Descripción de los Tratamientos

El experimento tuvo 11 tratamientos, 3 repeticiones, 4 plantas por repetición, tomando 4 de ellas para evaluar, dando un total de 132 plantas. Los tratamientos expuestos en el Cuadro 1 fueron el resultado de los factores A x B, más dos tratamientos adicionales, donde el factor **A** fueron dos cepas de bacterias fijadoras de nitrógeno, nativas de General Cepeda, Coahuila, México (**A1** y **A2**) y la cepa comercial (**CC**) *Azospirillum brasilense* (de la empresa Biofábrica Siglo XXI llamada "Azofer"), mientras que el factor **B**, fueron tres niveles de fertilización química (**FQ**), 0, 50 y 100% de la solución Steiner (1984), que consistió en el uso de los siguientes fertilizantes: fosfato monoamónico [(NH<sub>4</sub>)H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>], nitrato de potasio más azufre [KNO<sub>3</sub>+S], nitrato de calcio [Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>], nitrato de magnesio [Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>], una mezcla de micronutrientes [Ultrasol micro mix®], ácido sulfúrico al 90% [H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>], además se contó con un testigo absoluto y un testigo con solo FQ al 100%.

Cuadro 1. Tratamientos de Rhizobacteria y nutrición química aplicados a *Physalis peruviana*.

Tratamiento	Tipo de nutrición	Tratamiento	Tipo de nutrición
1	Testigo absoluto	7	A2 + 100% FQ
2	A1 + 0% FQ	8	CC + 0% FQ
3	A1 + 50% FQ	9	CC + 50% FQ
4	A1 + 100% FQ	10	CC + 100% FQ
5	A2 + 0% FQ	11	100% FQ
6	A2 + 50% FQ		

El diseño de las repeticiones se hizo de forma aleatoria y se sorteó cada una. Para identificar los tratamientos y repeticiones se etiquetó cada parte del surco acolchado con banderillas plásticas.

### **Establecimiento y Manejo**

La semilla de goldenberry se sembró el 16 de febrero de 2019. La siembra tuvo lugar en charolas de poliestireno de 200 cavidades, usando un sustrato especial para la germinación: Turba (Premier Sphagnum Peat Moss, de la empresa, Angeles Millwork & Lumber Co) y perlita mineral (Hortiperl de Termolita) en una proporción 60:40 respectivamente. Las semillas se cubrieron con una fina capa de sustrato húmedo.

Las plantas se establecieron en un invernadero de mediana tecnología tipo asimétrico con cubierta de polietileno, dentro de un módulo de 600 m<sup>2</sup> de superficie; se trasplantó en suelo acolchado con polietileno negro y riego por goteo con cintilla. La temperatura en el invernadero osciló de los 13 a 34°C, y la humedad relativa de 45 a 60%.

La plántula se trasplantó 45 días después de la siembra (DDS) en 3 camas de 14.3 m de largo por 1 m de ancho, y 25 cm de altura. Se manejó una distancia

entre surcos de 1.5 m y 0.5 m entre plantas, a doble hilera con un arreglo a tresbolillo, dando origen a una densidad de 26,666 plantas por hectárea.

La planta tuvo un entutorado tipo holandés con rafia sujeta a anillos para tutoreo en la base de la planta y atada a ganchos para tutoreo, soportados por alambre galvanizado calibre 10, colocado a 3.5 m sobre la superficie del suelo y fijado a la estructura del invernadero. La planta fue manejada a cuatro tallos, eliminando brotes basales y laterales, además de las hojas de la parte baja en proceso de senescencia y hojas atacadas por plagas.

Se realizaron aplicaciones preventivas de Abamectina a una dosis de  $1.5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  para araña roja (*Tetranychus urticae*), de repelentes orgánicos cada 4 días, principalmente el producto "Cinnamix" a razón de  $2 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ , además de extracto de ajo y un preparado de vinagre ( $1.5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ ), bicarbonato y jabón ( $0.5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Sin embargo se presentaron plagas de mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), paratrioza (*Bactericera cockerelli*) y gusano del fruto (*Heliothis spp.*), para su control se utilizó imidacloprid, imidacloprid+deltametrina, lambda cyhalotrina, y metamidofos, a una dosis de 0.7, 1.5, 0.5, y  $1 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  respectivamente.

La solución nutritiva correspondiente a cada tratamiento se preparó en tanques de 1100 L de capacidad cubiertos de la luz solar y se aplicó a través del riego cada tercer día, es decir, un día sí y un día no, esto dependiendo de las condiciones climáticas y la etapa fenológica de la planta, en días más cálidos, la aplicación diaria.

La inoculación de rizobacterias se realizó de acuerdo a lo recomendado en la etiqueta del producto Azofer, y fue cada seis semanas y en tres ocasiones a lo largo de todo el ciclo de cultivo, la aplicación de cada tratamiento se realizó en la base de cada planta a razón de 20 mL, las cepas nativas a una concentración de  $1 \times 10^6$  unidades formadoras de colonia (UFC), y la cepa comercial en una dilución de 3.8 g de producto comercial en un litro de agua, siendo así las dosis equivalentes.

La floración en invernadero comenzó a manifestarse de 120 a 125 DDS y 50 días después se efectuó el primer corte. Se cosechó cada semana, obteniendo 10 cortes a lo largo del ciclo de cultivo.

### **Estudio de Variables Agronómicas y Calidad de Fruto**

**Número de frutos por planta (NFP).** En esta variable se hizo un conteo de todo fruto que no fuera deforme y listo para cosecharse, de color amarillo y envoltura en su mayoría café claro, además de una textura pergaminosa ya que esto indica que el fruto está maduro (Fischer *et al.*, 2014).

**Peso promedio de fruto (PPF).** Esta variable fue tomada después de ser cosechado el fruto, mediante una balanza electrónica de precisión marca Rhino con capacidad máxima de tres kg y mínima de 0.2 g.

**Rendimiento.** Esta variable fue estimada en  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$  tomando los datos de NFP, el PPF, el número de cortes (NC) y la densidad de plantación (DP), siguiendo la fórmula:  $NFP \times PPF \times NC \times DP$ .

**Grados Brix (sólidos solubles totales).** Esta variable se midió en seguida de ser pesado el fruto, colocando una gota de jugo de éste en un refractómetro portátil marca Atago con capacidad de hasta 32 grados Brix.

**pH de fruto.** El potencial Hidrogeno, se midió del jugo preparado de goldenberry, es decir del fruto triturado y filtrado, mediante un potenciómetro portátil marca Hanna, y corroborando con tirillas indicadoras de pH.

**Acidez titulable.** Esta variable fue tomada de acuerdo al siguiente procedimiento: del jugo preparado de goldenberry (triturado y filtrado) se tomaron 3 alícuotas de 10 mL de cada repetición, se añadieron 4 gotas de fenolftaleína al 1%, y se titularon las muestras con Hidróxido de Sodio (NaOH) al 0.1 N hasta el punto de viraje (rosa), y al final se calculó con la fórmula:

$\% \text{ ácido} = (V \times N \times \text{Meq} \times 100) \div (AV)$ , donde V= volumen de NaOH gastado en la titulación, N= normalidad de NaOH, Meq= constante de miliequivalentes para el ácido (se tomó para el ácido cítrico, 0.064), y AV= alícuota valorada.

**Vitamina C.** Esta variable fue calculada a partir del procedimiento siguiente: se pesaron 20 g de muestra y se trituraron en mortero agregando ácido clorhídrico (HCl) al 2%, a esto se le agregaron 100 mL de agua destilada, después se filtró y se midió el volumen; hecho esto se tomó un alícuota de 10 mL y se tituló con 2,6 dicloroindofenol (reactivo de Thielmann) hasta tornarse a coloración rosácea, al final se calculó en miligramos por cada 100 gramos ( $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) con la fórmula:  $\text{Vit. C} = (VG \times VF \times 0.088 \times 100) \div (AV \times PM)$ , donde VG= volumen gastado de reactivo de Thielmann en titulación, VF= volumen total filtrado, AV= alícuota valorada, y PM= peso de la muestra.

**Carotenoides totales.** Al igual que las variables anteriores, esta fue calculada de acuerdo al procedimiento siguiente: se pesaron 10 g de muestra picada, se le agrego acetona hasta cubrirla y se dejó reposar 24 horas en refrigeración, tapada con aluminio; después de ello se trituró y el líquido filtrado se llevó a un embudo de separación (ES), así se lavó la muestra cuatro veces más con 20 mL acetona, recuperando el líquido filtrado en el ES, se le agregó 20 mL de éter de petróleo (EP) y 100 mL de agua destilada (AD), se mezcló y dejó reposar hasta que se separaran 2 capas, enseguida se desechó la capa inferior y la otra se conservó, esto se repitió dos veces, desde agregar el EP hasta desechar la capa inferior. Después se agregó 10 mL de NaOH al 40%, se lavaron con porciones de 50 mL de AD hasta eliminar el NaOH, usando fenolftaleína como indicador, hecho esto, tres veces se agregaron 20 mL de sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) al 10%, y reposando se desechó la parte inferior; lo que se conservó se filtró con gasa que tenía  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro, se midió el volumen, y aprox. 10 mL se leyó la absorbancia en celdilla de espectrofotómetro a una longitud de 454 nm, usando como blanco EP. Al final se calculó en microgramos por cada 100 gramos ( $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) con la fórmula:  $\text{Carot. tot.} = (\% \text{Abs} \times V \times 3.857 \times$

$100) \div (PM)$ , donde %Abs= %Absorbancia a 454 nm, V= volumen obtenido, y PM= peso de la muestra.

### **Estudio del Contenido de Minerales en Fruto**

De las últimas dos cosechas se evaluó el contenido mineral de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en fruto; para ello las muestras de fruto de goldenberry se deshidrataron y se enviaron al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. La determinación de las concentraciones de P, K, Ca y Mg, se realizó en el extracto resultante de la digestión húmeda de material vegetal seco con ácido sulfúrico, ácido perclórico y peróxido de hidrógeno (1.3:0.7:1, v:v:v), de acuerdo con lo descrito por Alcántar y Sandoval (1999). Los extractos fueron leídos en un equipo de espectrometría de emisión e inducción por plasma (Agilent 725 Series ICP-OES). La concentración de N se determinó en una alícuota de 10 mL del digestado antes descrito, mediante destilación de la muestra y valoración mediante titulación con ácido sulfúrico.

### **Análisis Estadístico**

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, el análisis de varianza (ANVA) fue realizado en cada variable y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), mediante el programa estadístico Minitab versión 16.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables Agronómicas y Calidad de Fruto

#### Número de Frutos por Planta

De acuerdo con los resultados obtenidos no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, oscilando todos los valores de 6.79 a 7.63 frutos, lo que quiere decir que ninguno de los tratamientos estudiados tuvo un efecto significativamente diferente del resto de tratamientos, ya sea con o sin fertilización, ya sea química o no; esto probablemente porque el goldenberry tiene la capacidad para adaptarse a diversidad de condiciones, sin que su producción sea muy afectada (Cruzat *et al.*, 2010).

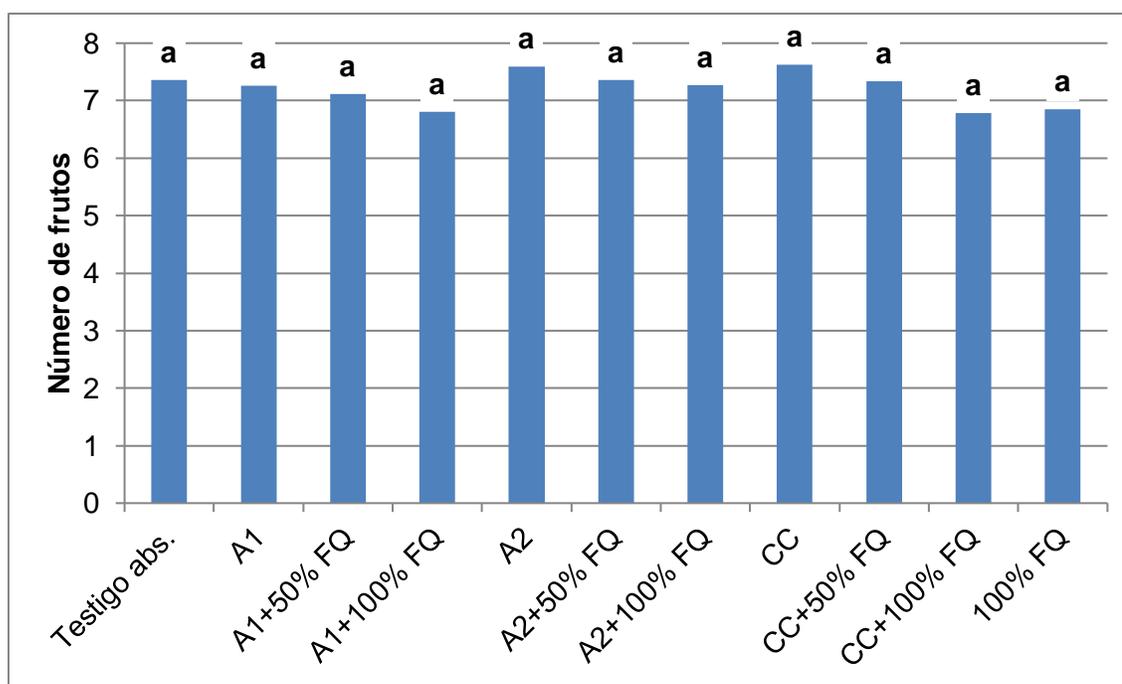


Figura 1. Valores medios del número de frutos por planta en respuesta a la aplicación de rizobacterias y nutrición química. Todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### **Peso promedio de fruto**

En la variable peso promedio de fruto se encontró diferencia significativa entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ), el tratamiento con la cepa A2 +0 FQ, fue el que produjo frutos de mayor peso, estos frutos fueron 34.7% más pesados que los frutos del tratamiento que tuvo 100% FQ (Figura 2), comprobándose el efecto benéfico de la rizobacteria en el crecimiento del sistema radicular de la planta y se infiere por ende la mejor absorción de agua y nutrientes, que repercutió en el peso de frutos, como lo señala Piña-Guillén *et al.*, (2016) y Domingues-Duarte *et al.*, (2020).

Este resultado es similar a lo que consiguió Mora-Aguilar *et al.*, (2006), con frutos de 4.1 g en invernadero con fertilización química, y Moura *et al.*, (2016), quienes produjeron frutos de 3.4 a 3.7 g, algo que puede deberse a que se usó el mismo tipo de sistema de conducción y poda que los autores antes mencionados, es decir, de cuatro tallos o ramas principales. En las plantaciones colombianas a campo abierto el cultivo se ha manejado intercalado con otras especies (Angulo, 2005), con múltiples tallos, 6 a 8 ramas principales, con otras ramas secundarias y terciarias, aunque esto para situaciones particulares está en constante adaptación (Miranda, 2005).

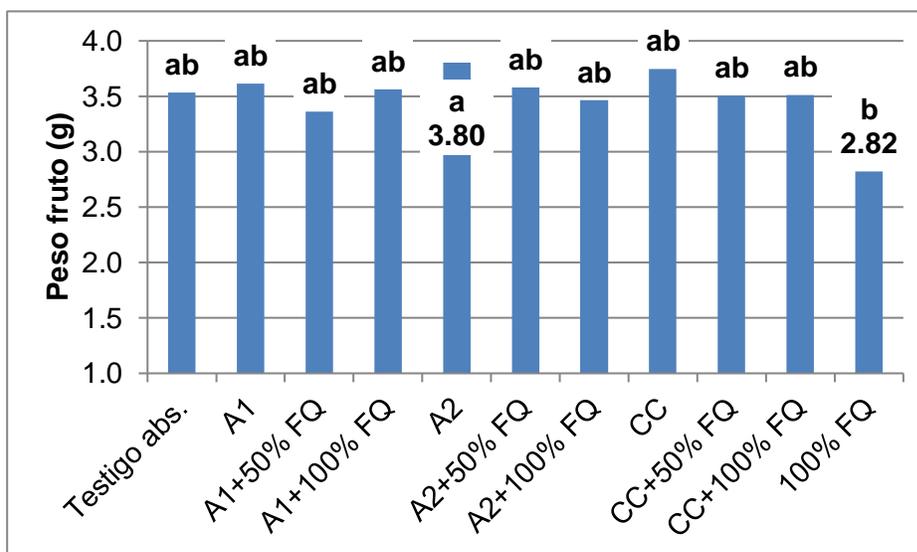


Figura 2. Valores medios de peso promedio de frutos por planta en respuesta a la aplicación de rizobacterias y nutrición química. Barras con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### Rendimiento

Los resultados obtenidos nos muestran que no existe una diferencia significativa entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ), por lo tanto bajo las condiciones locales, los tratamientos estudiados no afectaron de manera significativa el rendimiento de fruto (Figura 3), aunque la diferencia entre el tratamiento con mayor rendimiento ( $7.69 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) y el de menor rendimiento ( $5.13 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) es del 49.8%.

Lo anterior probablemente se debe a que el goldenberry al ser una planta de origen silvestre, tiene la capacidad para adaptarse satisfactoriamente a diversidad de condiciones, sin que su producción sea afectada de forma considerable (Cruzat *et al.*, 2010; Castañeda-Salinas *et al.*, 2013), y esto es algo importante, pues se traduce en un beneficio directo para el productor; los valores de rendimiento concuerdan con las 6 a  $7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  que se obtienen en Perú y Chile (Cruzat *et al.*, 2010; Fischer *et al.*, 2014), pero contrastan con los trabajos de Aguilar-Carpio *et al.*, (2018) y Sabino-López *et al.*, (2018) que alcanzaron de 45 hasta  $60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  ya que se realizaron en invernadero e hidroponía.

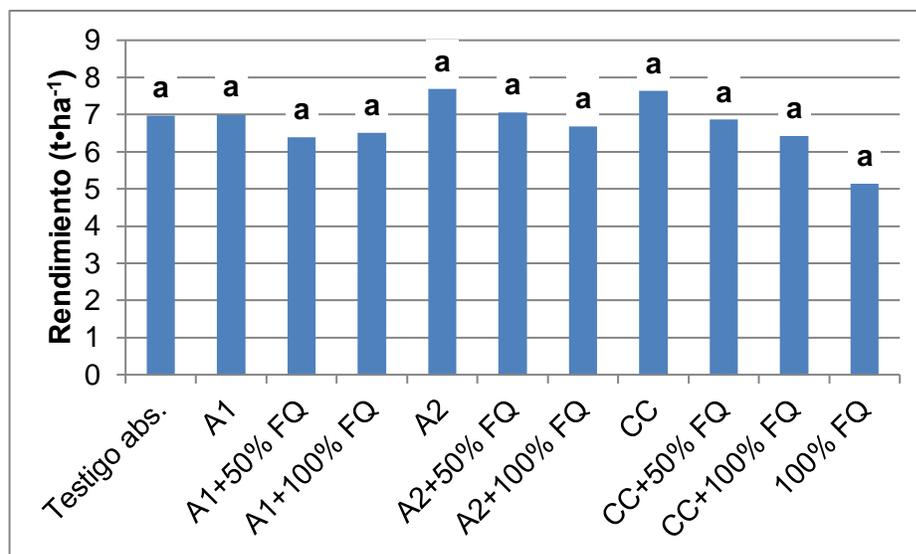


Figura 3. Valores medios del rendimiento en toneladas por hectárea en respuesta a la aplicación de rizobacterias y nutrición química. Los tratamientos fueron estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

#### **Grados Brix (sólidos solubles totales)**

En los sólidos solubles totales se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ). Los frutos de goldenberry con el tratamiento de la cepa A1 + 50% FQ, produjo frutos con 13% y 11.5% más contenido en sólidos solubles totales (SST) a comparación de las cepas A2 + 100% FQ y CC + 100% FQ respectivamente (Figura 4). Los valores obtenidos coinciden con los reportados en varios trabajos donde obtuvieron frutos maduros de entre 13 y 15 grados Brix (Herrera, 2000; Durán, 2009; Gastelum-Osorio *et al.*, 2013). Así es que la aplicación de la cepa A1 + 50% FQ, se infiere que indujeron mayor absorción de nutrientes por la planta, como el Boro que influye en el transporte de azúcares (Martínez *et al.*, 2008), promoviendo un aumento en la concentración de SST.

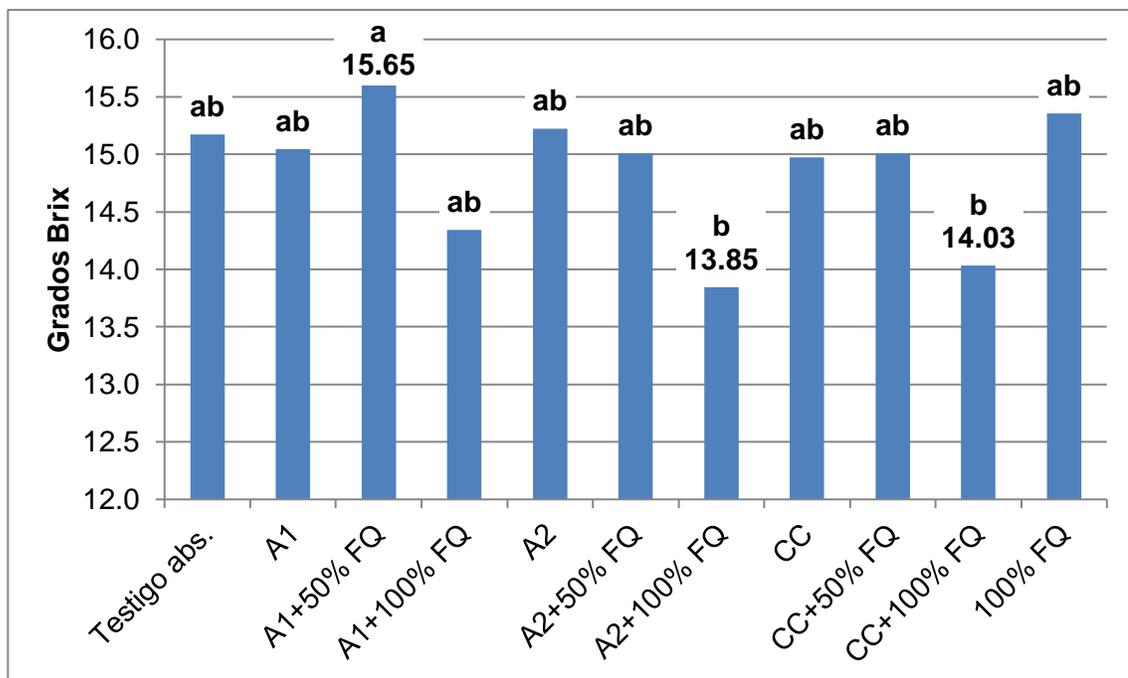


Figura 4. Promedio de Grados Brix del fruto de goldenberry, en respuesta a la aplicación de rizobacterias y nutrición química. Barras con misma letra son iguales estadísticamente (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### pH de Fruto

En el pH del fruto no se obtuvieron diferencias estadística significativas entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ), los frutos de goldenberry obtuvieron valores entre 4.27 y 4.07, resultando ser menos ácidos que los reportados por Durán (2009) quien obtuvo valores de pH entre 3.5 y 3.7. El goldenberry se caracteriza por su acidez, y normalmente solo puede atenuarse al cosechar frutos maduros (Martínez *et al.*, 2008; Gastelum-Osorio *et al.*, 2013). Esto quiere decir que bajo las condiciones locales, los tratamientos de fertilización estudiados no afectaron de manera significativa el pH del fruto.

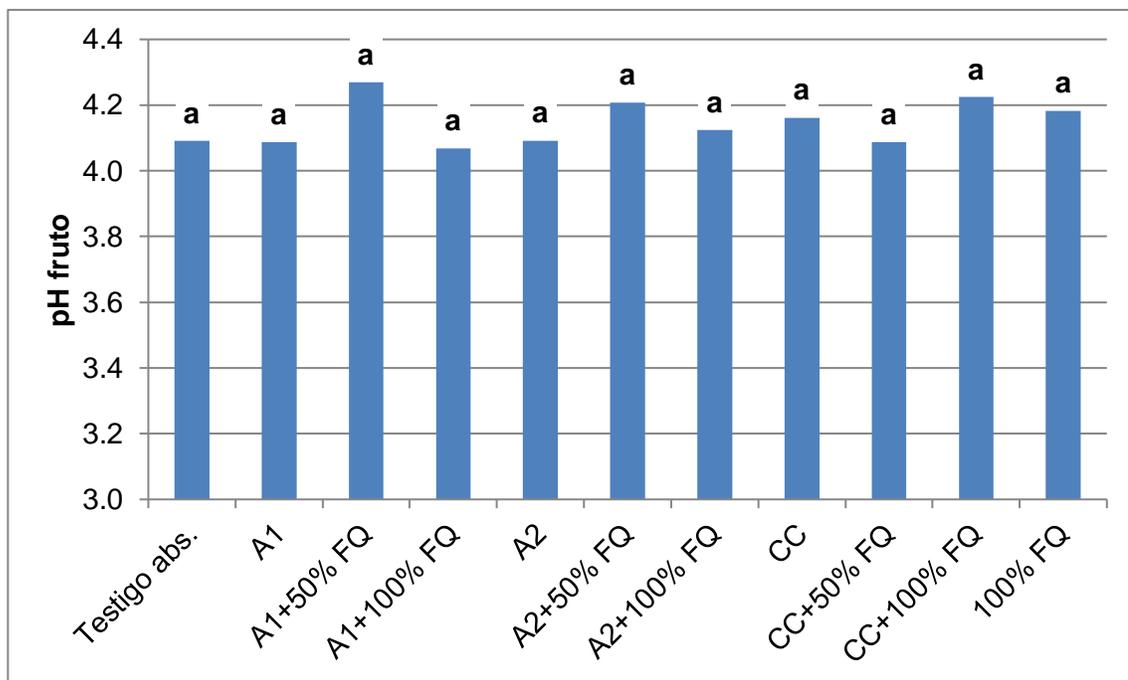


Figura 5. Valores medios de pH del fruto de goldenberry en respuesta a la aplicación de rizobacterias y fertilización química. Los tratamientos fueron estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### Acidez titulable

Según los datos que se obtuvieron no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos estudiados ( $P \leq 0.05$ ), lo que quiere decir que ninguno de los tratamientos estudiados tuvo un efecto significativamente diferente del resto, ya sea con o sin fertilización, ya sea química o no. Los valores fluctuaron entre 1.78 y 1.49% de ácido cítrico (Figura 6); los resultados coinciden con Herrera (2000) que obtuvo frutos con 1.6 a 2% de acidez, también fueron similares a los obtenidos en la variable de pH, aun y cuando la acidez no está relacionada directamente con el pH (Mendoza *et al.*, 2012).

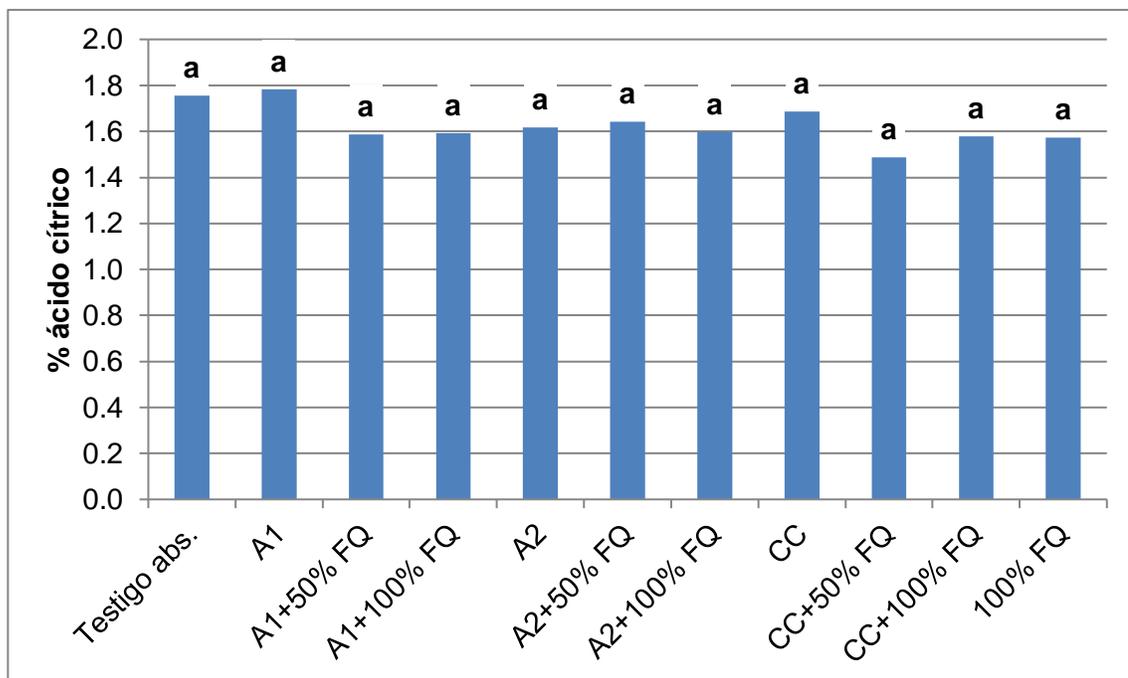


Figura 6. Comparación de medias para acidez titulable (% de ácido cítrico) con los tipos de fertilización probados. Los tratamientos bajo estudio fueron estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### Vitamina C

Se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos, los resultados muestran que el tratamiento con la cepa A2 + 50% FQ fue la que indujo el mayor contenido de vitamina C, fue significativamente superior de los tratamientos A2 y A1+100FQ, superando en 17.33% al tratamiento A1+100FQ (Figura 7), aunque ambos tratamientos presentan valores mayores a los  $33.2 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  encontrados por Gutiérrez *et al.* (2007), los resultados obtenidos por autor anterior probablemente se debió en parte a que la planta con una FQ al 100% (completa), no sufrió estrés, y esto se tradujo en una disminución en la producción de antioxidantes involucrados en las respuestas de tolerancia a estrés, entre ellos el ácido ascórbico como los señala (Mora-Herrera *et al.*, 2011).

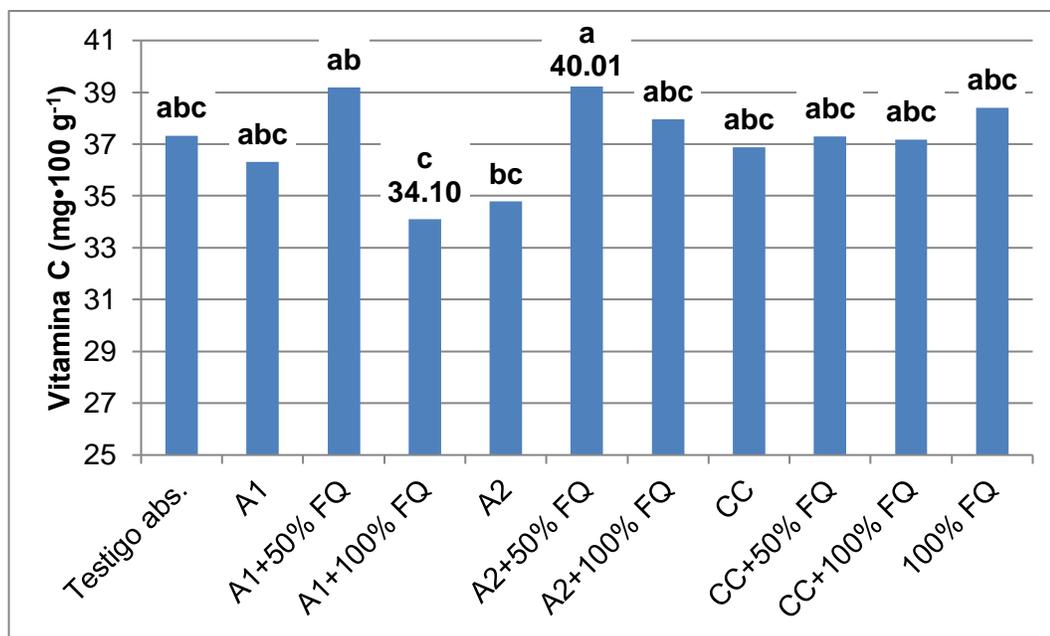


Figura 7. Contenido promedio de vitamina C en fruto, de tratamientos con rizobacterias y fertilización química. Las barras de tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### Carotenoides Totales

En el análisis de varianza aplicado a la variable carotenoides totales no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 8), mostrando que la aplicación de la fertilización completa (FQ) sola o combinada con rizobacterias no influyen en el contenido de carotenoides en el fruto. Los valores que se obtuvieron, presentaron un rango entre 1300 y 1798  $\mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , y éstos valores están dentro del promedio encontrado, que va de 560 a 2600  $\mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  (Repo y Encina, 2008; Álvarez-Herrera *et al.*, 2014), de los cuales aproximadamente 230  $\mu\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  son de  $\beta$ -caroteno (Mier y Cáez, 2011).

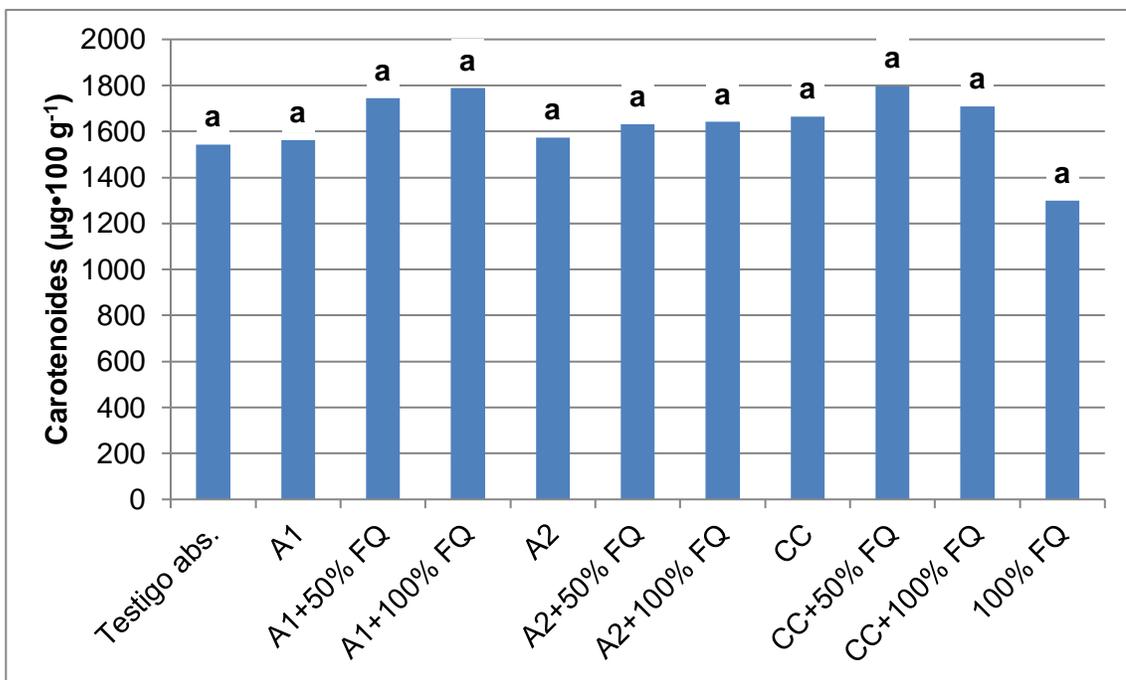


Figura 8. Comparación de medias para contenido de carotenoides totales en respuesta a la aplicación de rizobacterias y fertilización química. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### Contenido de Minerales en Fruto

#### Nitrógeno

No se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos variable contenido de nitrógeno (N) en fruto, los valores fluctuaron alrededor del uno por ciento (Figura 9), y la diferencia entre el contenido de N de los frutos con mayor porcentaje de N (1.21%) y el menor fue de 0.33%, indicando que independientemente si se aplica el tratamiento sin fertilización o la FQ completa, o solo con la aplicación de rizobacterias, será similar el porcentaje de N en fruto de goldenberry.

Lo anterior se debe probablemente a que el posible N fijado por las rizobacterias, la planta lo destinó principalmente a tallo y hojas en desarrollo, en el estrato superior de la misma (lugar de la cosecha del fruto), como lo señalan Rodríguez-Mendoza *et al.*, (2013) quienes indican que en un muestreo en hojas de melón, la mayor acumulación se encontró en el estrato superior, ya que

generalmente el N se encuentra más, en sitios de crecimiento debido a la movilidad de este elemento y en frutos en general varía en un rango de 1 al 6% (Barker y Bryson, 2007), asimismo la concentración de N en las plantas cambia con las especies y dentro de estas mismas (Mills y Jones, 1996).

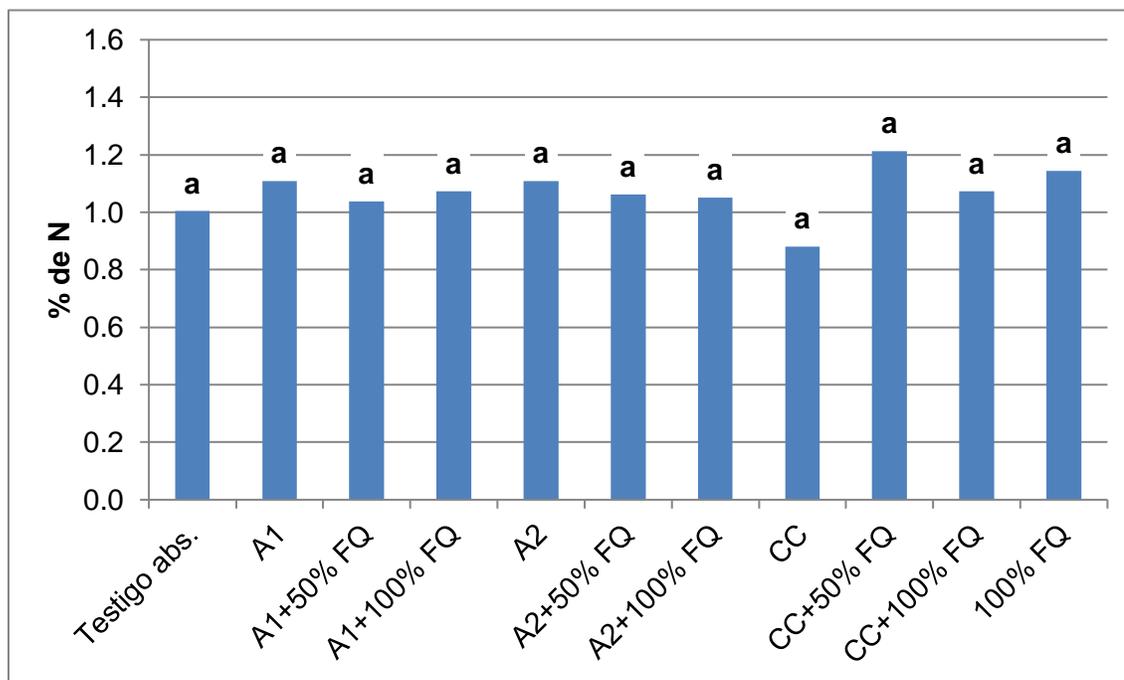


Figura 9. Valores medios en el porcentaje de N en fruto en respuesta a la aplicación de rizobacteria y fertilización química en el cultivo de Goldenberry. Los tratamientos bajo estudio fueron estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### Fósforo

El ANVA aplicado a la variable contenido de fósforo (P) en los frutos de goldenberry, exhibió diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos. Fue el tratamiento con la cepa nativa A2 + 50% de FQ el que indujo una toma y absorción mayor de P por la planta, lo cual se reflejó en el fruto, alcanzando un valor de  $267 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  y superó en 17.1% al testigo absoluto (Figura 10), por lo tanto se puede concluir que es posible reducir la fertilización química, sin reducir la cantidad de P en frutos. Esto indica que probablemente la aplicación de la cepa A2 tuvo una función de solubilización de este mineral, y puesto que

es considerado un organismo nutricionalmente voluble, puede consumir y por ende aportar a la planta una gran variedad de compuestos que se encuentran en la rizosfera (Parra y Cuevas, 2001), además es un hecho que la respuesta de las plantas es variable en función del microorganismo inoculado (Ahmad *et al.*, 2005); esto se reflejó en los frutos de goldenberry, al obtener valores en el contenido de P que sobrepasan por mucho el máximo reportado de 92 mg•100 g<sup>-1</sup> en fruto deshidratado (Erkaya *et al.*, 2012).

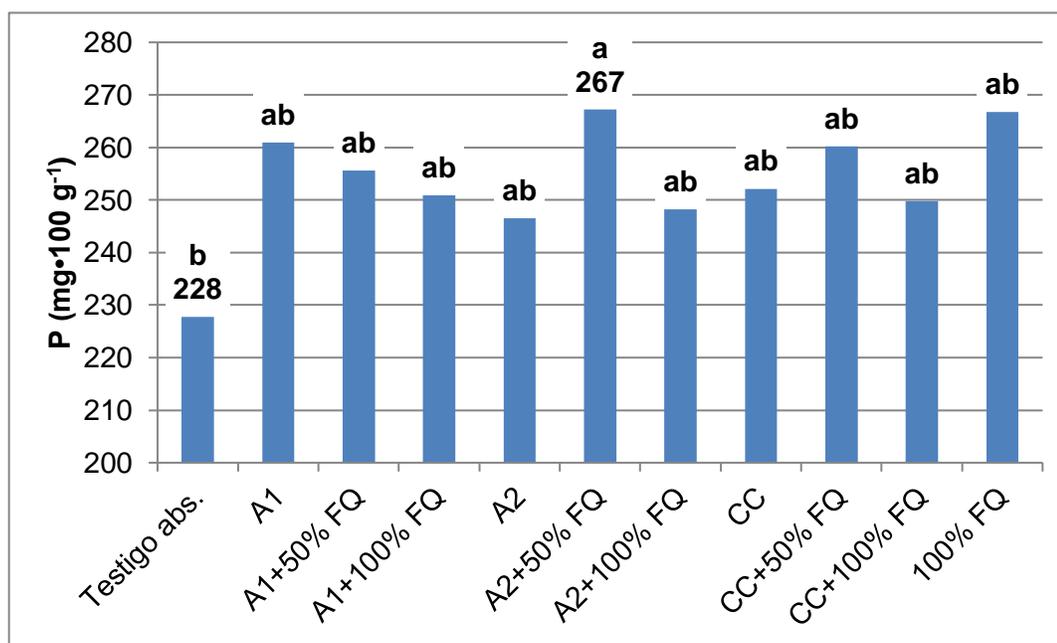


Figura 10. Comparación de medias para contenido de P en fruto en respuesta a la aplicación de rizobacterias y fertilización química en goldenberry. Barras de tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### Potasio

Se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos en el contenido de potasio (K). La Figura 11 muestra que el contenido de K en fruto, observado en el tratamiento con la cepa nativa A1 sin FQ superó en 21.8% al tratamiento con fertilización química al 100%.

Todos los valores obtenidos en el contenido de K en fruto son altos, pues según Puente *et al.*, (2011), éste mineral varía en un rango de 210 a 467 mg•100 g<sup>-1</sup>;

sin embargo en éste trabajo el valor más alto fue logrado con la cepa nativa A1 ( $825 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) que superó a tres tratamientos con un aporte del 100% de FQ, ya sea solo la FQ o junto con la cepa A2 o CC. Este resultado es porque al aplicar FQ (un agroquímico), se refleja en una disminución en la población y supervivencia de bacterias presentes (Hernández-Flores *et al.*, 2013), contrario a cuando se hace uso de cualquier fertilizante orgánico, el cual ha demostrado un incremento de la densidad de los microorganismos (González-Mancilla *et al.*, 2013); por ello la actividad benéfica de las rizobacterias se vio afectada negativamente en los tratamientos con un aporte del 100% de FQ.

Además influye el papel que tiene el K en la regulación osmótica, es decir, en el movimiento y flujo de agua y nutrientes, pues cuando el fruto crece y desarrolla, demanda mayor cantidad de ésta agua y nutrientes (y más demanda el tratamiento que no tiene FQ), es entonces que se libera y aumenta la concentración de K en fruto con la finalidad de bajar el potencial hídrico y favorecer dicha absorción de agua y nutrientes (Mengel, 2007).

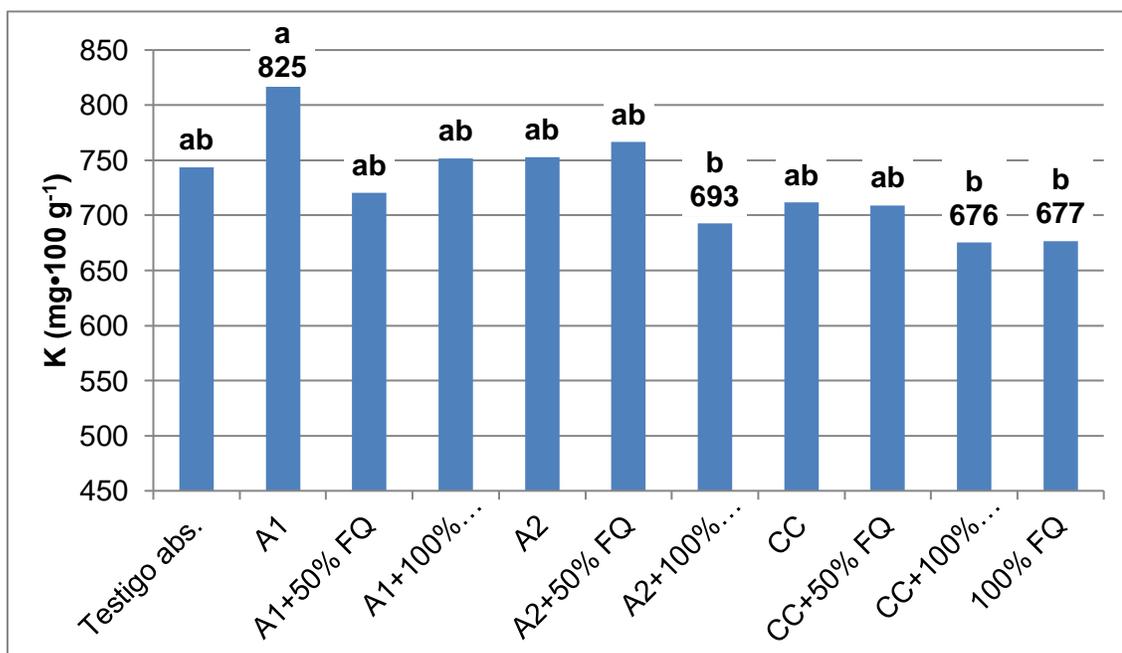


Figura 11. Contenido de K en fruto de goldenberry en respuesta a la aplicación de rizobacterias y fertilización química. Barras de tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

## Calcio

En cuanto al contenido de calcio (Ca) en frutos no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ). El rango entre el valor más bajo y el más alto observado fue de  $26 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de Ca (Figura 12). Dado que no hay diferencias entre tratamientos, la no aplicación de FQ, la aplicación de rizobacterias o la aplicación de FQ no influyeron en la cantidad de Ca en fruto de goldenberry. Lo anterior fue debido posiblemente a la expresión del genotipo que no fue del todo favorable o compatible con las rizobacterias aplicadas (Criollo *et al.*, 2014), o las sustancias exudadas por la planta en su interacción con las rizobacterias no contribuyeron para que fueran aprovechadas por las raíces de las plantas (Lugtenberg y Kamilova, 2009), es importante señalar que los suelos donde se estableció el experimento son ricos en Ca y probablemente las bacterias no influyeron en su solubilización, además se trata de un elemento poco móvil, que difícilmente llega hasta los frutos o no llega (Pilbeam y Morley, 2007). Los resultados coinciden en gran parte con Ramadan, (2011), pues él reporta en fruto de goldenberry un promedio de  $8 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , y que puede variar de 2 a  $28 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ . Cabe agregar que el contenido nutrimental en el fruto no es fácil modificarlo por la aplicación de tratamientos a diferencia de otras partes de la planta, debido a la distancia que tiene que recorrer un nutriente entre la raíz y el fruto (Barker y Bryson, 2007; Martel-Valles *et al.*, 2017); sin embargo en este trabajo solo coincide con los resultados de N y Ca, pues los demás minerales si cambiaron significativamente en el fruto.

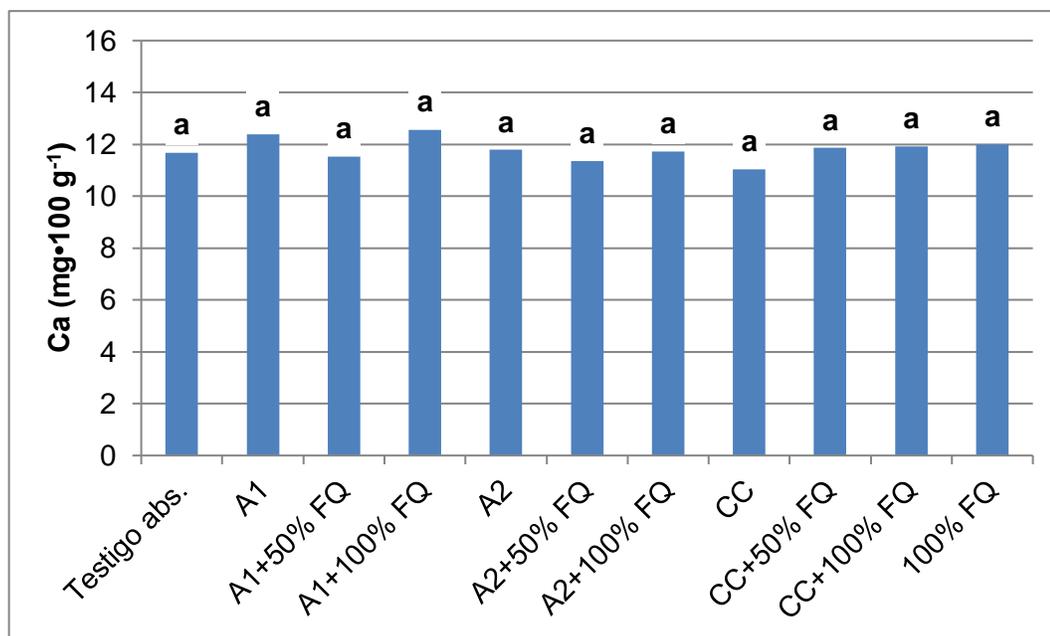


Figura 12. Comparación de medias para contenido de Ca en fruto en respuesta a la aplicación de rizobacterias y fertilización química. Los tratamientos bajo estudio fueron estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

### Magnesio

El contenido de magnesio (Mg) exhibió diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos y fue con la aplicación de la cepa nativa A1 + 0 FQ con la que se indujo mayor contenido de este mineral en fruto de goldenberry como se muestra en la Figura 13. Este tratamiento superó significativamente a los tratamientos A2 + 100% FQ y al de 100% FQ, superó en 18.3% al que solo recibió FQ y en 19.7% al tratamiento con la cepa A2 y el 100% de FQ. El uso de las tres cepas sin FQ, mostraron resultados significativamente iguales con una diferencia de  $5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de fruto, entre la cepa CC y la A1 que fue la que presentó el mayor valor. Normalmente el contenido de Mg en fruto de goldenberry oscila entre  $7$  y  $19 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  (Puente *et al.*, 2011), por lo que los resultados son altos, esto se atribuye a que la actividad de las rizobacterias provocaron que no hubiera tanta competencia entre varios cationes (incluido el K) y el Mg, ya que cuando aumenta la fertilización de K normalmente se inhibe la absorción y acumulación de Mg, y viceversa (Merhaut, 2007; Ramírez-Ibarra *et al.*, 2017).

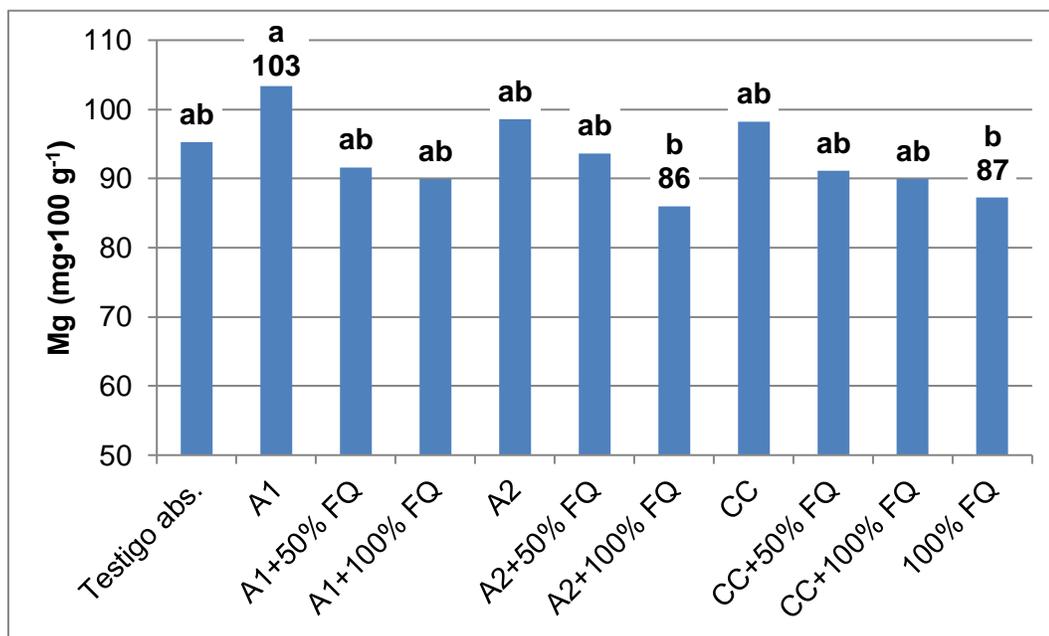


Figura 13. Valores medios en el contenido de Mg en fruto de goldenberry, en respuesta a la aplicación de rizobacterias y fertilización química. Barras de tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

El tratamiento con el 100% de FQ coincide en ser uno de los que tienen significativamente menor contenido mineral de K y de Mg, además de menor peso promedio de fruto en comparación con los demás tratamientos, por lo tanto queda de manifiesto el efecto positivo que tienen estos minerales sobre el peso del fruto de goldenberry (Merhaut, 2007), y la peculiaridad de este cultivo, que bajo las condiciones y manejo dados, tuvo mejores resultados sin la aplicación de FQ en las variables antes mencionadas. La relación planta-microorganismo es compleja y dinámica, y frecuentemente el uso de microorganismos en la producción agrícola conduce a tener resultados impredecibles, ya que normalmente no se conoce con precisión la interacción y modo de acción de todos los factores involucrados (Creus, 2017), sin embargo cada día se incrementa el conocimiento de la interacción de rizobacterias y plantas (Soliveres y García-Palacios, 2019; Curi *et al.*, 2019).

## CONCLUSIONES

Como las cepas nativas de rizobacterias ya sea solas o combinadas con nutrición química, tuvieron un mejor comportamiento en comparación con la cepa comercial y con el tratamiento de solo fertilización química (FQ), se acepta la hipótesis establecida de que al menos uno de los tratamientos produce diferente efecto sobre el fruto de goldenberry.

La aplicación de la cepa nativa de General Cepeda, Coahuila de *Azospirillum* sp. A2 sin FQ puede inducir 34.7% mayor peso de fruto respecto a si se aplica solo FQ, y ésta combinada con el 50% de FQ puede incrementar la vitamina C (14.7%) y el contenido de fósforo (17.1%) en el fruto en comparación con el tratamiento testigo.

La aplicación de la cepa nativa de General Cepeda, Coahuila de *Azospirillum* sp. A1 sin FQ mejora el contenido de potasio (21.8%) y de magnesio (18.3%) en el fruto respecto a si se aplica solo FQ, y ésta combinada con el 50% de FQ puede elevar en 11% los grados Brix del fruto comparado a la aplicación con el 100% de FQ.

Por lo tanto, se recomienda la aplicación de rizobacterias y reducir al 50% la FQ, y así producir frutos nutritivos de goldenberry de forma más sustentable.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-Carpio C., Juárez-López P., Campos-Aguilar I. H., Alia-Tejacal I., Sandoval-Villa M., López-Martínez V., (2018). Análisis de crecimiento y rendimiento de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en hidroponía e invernadero. Revista Chapingo. Serie horticultura, 24(3): 191-202. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.07.024>.
- Ahmad F., Ahmad I., Khan M.S. (2005). Indole acetic acid production by the indigenous isolates of *Azotobacter* and fluorescent *Pseudomonas* in the presence and absence of tryptophan. Turkish Journal of Biology 29(1): 29-34.
- Alcántar G.G., Sandoval M.V. (1999). Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. Chapingo, México. 156 p.
- Álvarez-Herrera J., Balaguera-López H., Fischer G., (2010). Effect of Irrigation and Nutrition with Calcium on Fruit Cracking of the Cape Gooseberry (*Physalis Peruviana* L.) in the Three Strata of the Plant. En VI International Symposium on Banana: XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People 928 pp: 163-170.
- Álvarez-Herrera J., Fischer G., Restrepo L.P., Quicazán M. (2014). Contenidos de carotenoides totales y ácido ascórbico en frutos sanos y rajados de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Acta Horticulturae, 1016: 77-82.
- AMHPAC, (2019). Agricultura Protegida en México Asociación Mexicana de Horticultura Protegida A.C. Base de datos y boletín informativo. Fecha de consulta 15 de Febrero de 2020. Disponible en: <https://www.amhpac.org/>.
- ANALDEX, (2019). Exportaciones de uchuva 2018. Asociación Nacional de Comercio Exterior (Colombia). Dirección de Asuntos Económicos. Fecha de consulta 1 de Marzo de 2020. Disponible: <https://www.analdex.org/>.
- Angulo R. (2005). Crecimiento, desarrollo y producción de la uchuva en condiciones de invernadero y campo abierto. En: Fischer G., Miranda D., Piedrahita W., Romero J. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Unibiblos. pp: 111-130.
- Barker A.V., Bryson G.M. (2007). Chapter 2: Nitrogen. En: Barker A.V., Pilbeam D.J. Handbook of Plant Nutrition Section II Essential Elements-Macronutrients. CRC Press, Taylor & Francis Group. pp: 21-50.

- Bhattacharyya P.N., Jha D.K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(4): 1327-1350.
- Caballero-Mellado J. (2002). Microbios en línea. Ed. Martínez R.E. y Martínez R.J.C. Cap. 10. El género *Azospirillum*. Coordinación de Publicaciones Digitales. Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, UNAM, Cuernavaca, México. Fecha de consulta 15 de Abril de 2020. Disponible en: <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap10/>.
- Castañeda-Salinas C., Sandoval-Villa M., Sánchez-Monteón A.L., Alejo-Santiago G., Jiménez-Meza V.M., Aburto-González C.A., García-López M., (2013). Respuesta de Plántulas de Uchuva (*Physalis peruviana* L.) a Diferentes Concentraciones de Nitrato y Amonio. *Universidad Autónoma de Nayarit. Revista Bio Ciencias* 2(3): 148-153.
- Castellanos J.Z., Borbón Morales C. (2011). Panorama de la Horticultura Protegida en México. En: Castellanos J.Z. Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Cap. 1. Panorama de la Horticultura Protegida en México pp: 1-18.
- Creus C.M. (2017). Inoculantes microbianos: piezas de un rompecabezas que aún requiere ser ensamblado. *Revista Argentina de Microbiología* 49(3): 207-209.
- Criollo H., Lagos T.C., Fischer G., Mora L., Zamudio L. (2014). Comportamiento de tres genotipos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo diferentes sistemas de poda. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas* 8(1): 34-43. Disponible en: <https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i1.2798>.
- Cruzat G.R., Honorato G.C., Fresno R.M.F., Casadio P.M.M. (2010). Resultados y Lecciones en Cultivo de Goldenberry (*Physalis peruviana* L.) en la zona central de Chile. Proyecto de Innovación en Región del Maule. Fundación para la Innovación Agraria. 56 p.
- Curi M.A., Jiménez V.H., Ibarra J.P.J. (2019). Cepas bacterianas nativas con actividades promotoras del crecimiento vegetal aisladas de la rizosfera de *Coffea spp.* en Pichanaqui, Perú. *Bioteconología Vegetal* 19(4): 285-295.
- Domingues-Duarte C.F., Cecato U., Trento-Biserra T., Mamédio D., Galbeiro S. (2020). *Azospirillum spp.* en gramíneas y forrajeras. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 11(1): 223-240.
- Dostert N., Roque J., Cano A., La Torre M.I.L., Weigend M., Luebert F. (2012). Hoja botánica: Aguaymanto. *Physalis peruviana* L. Proyecto Perúbiodiverso.

- Durán R. F. (2009). Manual de la uchuva. Editorial Grupo Latino. Bogotá, Colombia. 2009. 48 p. ISBN: 9789589718186.
- Erkaya T., Dağdemir E., Şengül M. (2012). Influence of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) addition on the chemical and sensory characteristics and mineral concentrations of ice cream. Food Research International 45(1): 331-335.
- Espinosa-Palomeque B., Moreno-Reséndez A., Cano-Ríos P., Álvarez-Reyna V. de P., Sáenz-Mata J., Sánchez-Galván H., González-Rodríguez G., (2017). Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. afrodita en invernadero. Terra Latinoamericana 35(2): 169-178.
- FAO (2016). El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación, Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 214 p. Fecha de consulta 2 de Abril de 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf>.
- Fischer G., Almanza-Merchán P.J., Miranda D. (2014). Importancia y cultivo de la Uchuva (*Physalis peruviana* L.). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal SP. 36(1): 01-15.
- García S.C., (2011). Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. Universidad de Salamanca. Cuadernos del Tomás (3) 173-186.
- Gastelum D. (2012). Demanda nutrimental y manejo agronómico de *Physalis peruvianum* L. 74 f. Tesis de Maestría en Ciencias. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Texcoco, Edo. de México.
- Gastelum-Osorio D.A., Sandoval-Villa M., Trejo-López C., Castro-Brindis R. (2013). Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. Revista Chapingo Serie Horticultura 19(2): 197-210.
- Gómez M.M.R. y Núñez Z.V.M. (2014). Sistemas de Producción. En: Núñez Z.V.M., Sánchez B.E.P., Barrero M.L.S., Mayorga C.F.G., Gómez M.M.R., Hernández E.G., et al. (2014). Estado del arte de la investigación en uchuva *Physalis peruviana* L. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Corpoica. Bogotá, Colombia. pp: 31-33.
- González-Mancilla A., Rivera-Cruz M.D.C., Ortiz-García C.F., Almaraz-Suárez J.J., Trujillo-Narcía A., Cruz-Navarro G. (2013). Uso de fertilizantes orgánicos para la mejora de propiedades químicas y microbiológicas del

suelo y del crecimiento del cítrico *Citrange troyer*. Universidad y Ciencia 29(2): 123-139.

- Gutiérrez T., Hoyos O., Páez M., (2007). Determinación del contenido de Ácido Ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana* L.), por cromatografía líquida de alta resolución (CLAR). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA. 5(1): 70-79.
- Hernández-Flores L., Munive-Hernández J.A., Sandoval-Castro E., Martínez-Carrera D., Villegas-Hernández M.C. (2013). Efecto de las prácticas agrícolas sobre las poblaciones bacterianas del suelo en sistemas de cultivo en Chihuahua, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4(3): 353-365.
- Herrera A. (2000). Manejo poscosecha. En: Flórez V. J., Fischer G., Sora A. D. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. pp: 109-127.
- Jadhav P.B., Dekhane S.S., Saravaiya S.N., Tekale G.S., Patil S.J., Patel D.J., (2014). Effect of Nitrogen Fixing *Azotobacter* and *Azospirillum* on Growth and Yield of Chilli (*Capsicum spp.* L.) cv. Acharya. International Journal of Innovative Research and Studies 3(5): 828-832.
- Juárez L.P., Bugarín M.R., Castro B.R., Sánchez-Monteón A.L., Cruz-Crespo E., Juárez R.C.R., Alejo S.G., Balois M.R. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. CONACYT. Revista Fuente 3(8).
- Labra-Cardón D., Guerrero-Zúñiga L.A., Rodríguez T.A.V., Montes-Villafán S., Pérez-Jiménez S., Rodríguez-Dorantes A. (2012). Respuesta de crecimiento y tolerancia a metales pesados de *Cyperus elegans* y *Echinochloa polystachya* inoculadas con una rizobacteria aislada de un suelo contaminado con hidrocarburos derivados del petróleo. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 28(1): 7-16.
- Lugtenberg B., Kamilova F. (2009). Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. Annual Review of Microbiology 63(1): 541-556.
- Martel-Valles J.F., Cuevas-González E., Benavides-Mendoza A., Valdez-Aguilar L.A., Foroughbakhch-Pournavab R. (2017). Distribución mineral de plantas de tomate irrigadas con agua contaminada con benceno, diésel y gasolina. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 4(10): 21-30. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.19136/era.a4n10.811>.
- Martínez F.E., Sarmiento J., Fischer G., Jiménez F. (2008). Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Agronomía Colombiana 26(3): 389-398.

- Mendoza J.H., Rodríguez A., Millán C.P. (2012). Caracterización físico química de la Uchuva (*Physalis peruviana*) en la región de Silvia Cauca. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial* 10(2): 188-196.
- Mengel K. (2007). Chapter 4: Potassium. En: Barker A.V., Pilbeam D.J. *Handbook of Plant Nutrition, Section II Essential Elements-Macronutrients*. CRC Press, Taylor & Francis Group. pp: 91-120.
- Merhaut D.J. (2007). Chapter 6: Magnesium. En: Barker A.V., Pilbeam D.J. *Handbook of Plant Nutrition, Section II Essential Elements-Macronutrients*. CRC Press, Taylor & Francis Group. pp: 145-182.
- Mier H.J., Cáez G. (2011). Contenido de polifenoles, carotenos y capacidad antioxidante en frutos de uchuva (*Physalis peruviana*) en relación a su estado de maduración. *Revista ReCiTelA* 11(1).
- Mills H.A., Jones J.B. Jr. (1996). *Plant Analysis Handbook II: A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*. MicroMacro Publishing. Athens, Georgia, USA. 422p
- Miranda D. (2005). Criterios para el establecimiento, los sistemas de cultivo, el tutorado y la poda de la uchuva. En: Fischer G., Miranda D., Piedrahita W., Romero J. *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.) en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Unibiblos. pp: 29-54.
- Miranda L.D., Fischer G., Ulrichs C. (2010). Growth of cape gooseberry (*Physalis peruviana L.*) plants affected by salinity. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 83(2): 175-181.
- Miranda L.D., Ulrichs C., Fischer G. (2012). Efecto del cloruro de sodio (NaCl) sobre el crecimiento y la colonización micorrízica en uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Avances de la investigación agronómica II*. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. pp: 15-25.
- Molina L.J., Uribarren B.T. (2015). Generalidades de Bacterias. Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]. Fecha de consulta 18 de Enero de 2020. Disponible en: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/bacteriologia/generalidades.html>.
- Mora-Aguilar R., Peña-Lomelí A., López-Gaytán E., Ayala-Hernández J.J., Ponce-Aguirre D. (2006). Agrofenología de *Physalis peruviana L.* en Invernadero y Fertirriego. *Rev. Chapingo Serie Horticultura* 12(1): 57-63.

- Mora-Herrera M.E., Peralta-Velázquez J., López-Delgado H.A., García-Velasco R., González-Díaz J.G. (2011). Efecto del ácido ascórbico sobre crecimiento, pigmentos fotosintéticos y actividad peroxidasa en plantas de crisantemo. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 17(SPE2): 73-81.
- Moreno-Reséndez A., García-Gutiérrez L., Cano-Ríos P., Martínez-Cueto V., Márquez-Hernández C., Rodríguez-Dimas N. (2014). Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 1(2): 163-173.
- Moreno-Reséndez A., Carda-Mendoza V., Reyes-Carrillo J.L., Vásquez-Arroyo J., Cano-Ríos P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología* 20(1): 68-83.
- Moura P.H.A., Coutinho G., Pio R., Bianchini F.G., Curi P.N. (2016). Plastic covering, planting density, and pruning in the production of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in subtropical region. *Revista Caatinga* 29(2): 367-374.
- Parra Y., Cuevas F. (2001). Revisión bibliográfica Potencialidades de *Azospirillum* como inoculante para la agricultura. *Cultivos Tropicales* 23(3): 31-41.
- Patiño S.D.I., García V.E.L., Barrera A.E., Quejada R.O., Rodríguez M.H.D., Arroyave T.I.C. (2014). Manual Técnico del Cultivo de Uchuva Bajo Buenas Prácticas Agrícolas. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Gobernación de Antioquia, Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia. 115 p. ISBN: 978-958-8711-49-2.
- Pilbeam D.J., Morley P.S. (2007). Chapter 5: Calcium. En: Barker A.V., Pilbeam D.J. *Handbook of Plant Nutrition, Section II Essential Elements-Macronutrients*. CRC Press, Taylor & Francis Group. pp: 121-144.
- Piña-Guillén J., García-Meneses V., Herrera-López H., Flores-Torres J.A. (2016). Valoración de cepas silvestres de *Azospirillum* sp. y *Gluconacetobacter* sp. como promotoras de crecimiento vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(7): 1613-1623.
- Puente L.A., Pinto-Muñoz C.A., Castro E.S., Cortés M. (2011). *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International* 44(7): 1733-1740.
- Ramadan H.M.F. (2008). Goldenberry: Golden Fruit of Golden Future. Faculty of Agriculture, Egipto. Publicaciones VDM Verlag Dr. Müller, Saarbruecken, Alemania. ISBN: 978-3-8364-9489-2.

- Ramadan H.M.F. (2011). Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. *Food Research International* 44(7): 1830-1836.
- Ramírez M., Roveda G., Bonilla R., Cabra L., Peñaranda A., López J., Serralde D., Tamayo A., Navas G., Díaz C. (2008). Uso y manejo de biofertilizantes en el cultivo de la uchuva. Corpoica, Produmedios. 56 p. ISBN: 978-958-8311-87-6.
- Ramírez-Ibarra J.A., Troyo-Dieguez E., Preciado-Rangel P., Fortis-Hernández M., Gallegos-Robles M.Á., Vázquez-Vázquez C., Ríos-Plaza J.L., García-Hernández J.L. (2017). Diagnóstico de nutrimento compuesto e interacciones nutrimentales en chile Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en suelos semiáridos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(11): 233-242.
- Repo de C.R., Encina Z.C.R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 74(2): 108-124.
- Rodríguez-Mendoza M.D.L.N., Chávez R.S.M., García-Cué J.L., Benavides-Mendoza A. (2013). Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en el cultivo de melón (*Cucumis melo*). *Interciencia* 38(12): 857-862.
- Romo Ruiz J. R. (2018). Evaluación del rendimiento del cultivo de uvilla (*Physalis peruviana* L.) bajo dos sistemas de producción, sometido a la aplicación de abonos orgánicos y N-P-K, en el Sector Miraflores, Provincia del Carchi. Trabajo de titulación, como requisito a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador.
- Rueda D., Valencia G., Soria N., Rueda B. B., Manjunatha B., Kundapur R. R., Selvanayagam M. (2016). Effect of *Azospirillum spp.* and *Azotobacter spp.* on the growth and yield of strawberry (*Fragaria vesca*) in hydroponic system under different nitrogen levels. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 6(01): 48-54.
- Ruiz G.M., Castellanos G.L., Jair V.C. (2018). El cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Científica Agroecosistemas* 6(1): 46-53.
- Sabino-López J.E., Sandoval-Villa M., Alcántar-González G., Ortiz-Solorio C., Vargas-Hernández M., Colinas-León T. (2016). Fenología de *Physalis peruviana* L. cultivada con base en tiempo térmico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 17(2016): 3521-3528.
- Sabino-López J.E., Sandoval-Villa M., Alcántar-González G., Ortiz-Solorio C., Vargas-Hernández M., Colinas-León M.T. (2018). Fecha de Trasplante,

Boro, Potasio y Poda en la Producción de Frutos de *Physalis peruviana* L. en Hidroponía e Invernadero. *Agrociencia* 52(2): 255-265.

SENASICA (2010). Manual de Buenas Prácticas Agrícolas, Guía para el Agricultor. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Elaborado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A.C. México. 71 p. Fecha de consulta 15 de Diciembre de 2019. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120191/Manual\\_de\\_Buenas\\_Practicas\\_Agricolas.pdf?fbclid=IwAR1DI7PKfBID1tbqWWA7Op9--W-8W7E-KI5gMMQ3AYJstQR3coR209cyVeY](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120191/Manual_de_Buenas_Practicas_Agricolas.pdf?fbclid=IwAR1DI7PKfBID1tbqWWA7Op9--W-8W7E-KI5gMMQ3AYJstQR3coR209cyVeY).

Soliveres S., García-Palacios P. (2019). Sucesión secundaria, interacciones biológicas y funcionamiento de las comunidades asociadas a taludes de carretera: las interacciones planta-suelo importan más que las planta-planta. *Ecosistemas* 28(2): 50-60.

Souza M.S., de Baura V.A., Santos S.A., Fernandes-Júnior P.I., Junior F.B.R., Marques M.R., Paggi G.M., da Silva Brasil M. (2017). *Azospirillum spp.* from native forage grasses in Brazilian Pantanal floodplain: biodiversity and plant growth promotion potential. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33(4): 81.

Steiner A.A. (1984). The Universal Nutrient Solution. Sixth International Congress on Soilless Culture (ISOSC). Wageningen, The Netherlands. pp: 633-650.

Zapata J.L., Saldarriaga A., Londoño M., Díaz C. (2002). Manejo del Cultivo de la Uchuva en Colombia. Corpoica, Regional 4, Centro de Investigación «La Selva», Antioquia, Colombia. Boletín Técnico. 42 p.