

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Uso de Rizobacterias en la Producción de *Physalis peruviana* L. en Invernadero

Por:

**FRANCISCO RIQUELME ROJAS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Uso de Rizobacterias en la Producción de *Physalis peruviana* L. en Invernadero

Por:

**FRANCISCO RIQUELME ROJAS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para poder obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:




Dr. Valentín Robledo Torres  
Asesor Principal



Dra. Francisca Ramírez Godina  
Coasesor



Dr. Armando Hernández Pérez  
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2021

## AGRADECIMIENTOS

**A la Santísima Trinidad** (Dios Padre “Jehová”, Dios Hijo “Jesús” y Dios “Espíritu Santo”), por estar al pendiente de mí en muchas maneras, por su apoyo y cariño incondicional, por darme la oportunidad de conocer a muchas personas y compartir con ellos maravillosas experiencias, por haberme cuidado en mi estadía como estudiante y brindarme inolvidables momentos, conocimientos y una vida plena.

**A mis padres.**

**Francisco Riquelme Rojas y Gregoria Rojas Tenango** por su apoyo incondicional, por toda su ayuda y dirección desde el momento en que vine a este mundo y hasta hoy en día.

**A mis hermanos. Luiseht, Paloma y Yaser** que me apoyaron de la manera en que les fue posible.

**Al Dr. Valentín Robledo** gracias por ofrecerme y permitirme estar dentro de este proyecto de investigación, por enseñarme, aconsejarme y por toda su ayuda fuera y dentro de la institución.

**A la Dra. Francisca Ramírez** gracias por apoyarme y dirigirme como maestra dentro y fuera de este proyecto de investigación en la institución.

**Al Ing. Isaac Guajardo** por su apoyo y orientación dentro y fuera de este proyecto.

**A mis compañeros amigos: Filadelfo Curiel (el chaparro) y Antonio Domínguez (Toni)** que formaron parte de este proyecto, dando lo mejor de sí, compartiendo el trabajo y su tiempo junto conmigo, gracias por estar hay.

**A la UAAAN** por ser mi **ALMA TERRA MATER**, cobijándome en este ambiente de unión y familia, con profesores, amigos y trabajadores.

**A los maestros** por ayudarme en mi formación académica, por sus consejos y apoyo que muchos me brindaron incondicionalmente, en particular al **Ing. Raúl Gándara Huitrón** y **Ing. Gustavo Alfonso Burciaga Vera** por apoyarnos en todo momento, por ser no solamente un profesor sino también un amigo, tío, abuelo y padrino de generación, por su paciencia hacia mí y mis compañeros amigos de la generación, se les aprecia y se les seguirá apreciando, muchas gracias.

**Compañeros amigos:** Edgar Silva (**Güero**), Ronaldo Villasana (**Rony**), Antonio Mancilla (**Toño**), Eduardo Vargas (**la lechuga**), Felipe de Jesús (**Jantes**), Juan Carlos García (**Box**), Rafael Sanluis (**Rafa**), Jaime Vergara (**paisa jamuca**), Erick Díaz, Hipólito, Nópala, Martín, Deudiel, Miza, Orlando, Urías, Nehemís, El chuy, Aguilar, Janeth, Pili, Martha, por mencionar algunos, y a toda la generación en general, por compartir con ellos muchos momentos inolvidables durante cuatro años y medio. Por estar en las dificultades del estudio, por compartir sueños, metas, tristezas y alegrías, por el apoyo que me ofrecieron, a ellos muchas gracias, espero no tarde mucho tiempo para volver a encontrarnos, recordar, sonreír y emborracharnos, lo digo por ustedes, les deseo lo mejor allá afuera en todos los momentos de su vida, éxito a la generación CXXVIII de Ingeniero Agrónomo en Producción.

*Dio ci guida e ci benedica*

## **DEDICATORIA**

### **Agradezco a Dios y a mis Padres**

Quienes, con su confianza, cariño, apoyo y sin escatimar esfuerzo alguno, anhelaron que me preparara para enfrentarme a la vida. Hoy se ven cumplidos nuestros esfuerzos y deseos, ayudándome en el logro de una meta más: mi carrera profesional, iniciándose así una nueva etapa en mi vida. Les estoy muy agradecido por compartir conmigo tristezas, alegrías, éxitos, fracasos y todo lo que me brindaron antes y durante mi vida como estudiante, haciendo así de mí una persona de provecho. Muchas gracias.

Τους αγαπώ

ΠΝ

## RESUMEN

Golden Berry (*Physalis peruviana L.*) hoy en día es uno de los cultivos que está tomando una gran importancia económica por sus propiedades nutraceuticas y su gran demanda en el mercado internacional, debido a esto el área cultivada va en aumento considerablemente, dándole una importancia para el incremento de los ingresos de quienes lo cultivan. El presente trabajo de investigación fue desarrollado en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Saltillo, Coahuila, México. Con el objetivo de estudiar el comportamiento de Golden Berry en invernadero, ecotipo Colombia, con tres cepas de rizobacterias (A1 y A2) *Azospirillum sp.* De General Cepeda Coah., y (CC) cepa comercial *Azospirillum brasilense* en combinación con tres concentraciones de fertilización química (0%, 50% y 100%). Las variables estudiadas fueron área foliar, densidad e índice estomático, largo y ancho de estomas, número de flores, diámetro ecuatorial (DEF) y polar del fruto (DPF), número de semillas por fruto (NSF) y rendimiento promedio por hectárea (RPH) bajo condiciones de invernadero. Se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se encontraron diferencias significativas en DEF con diferencias de hasta el 19.13%, mientras que en el DPF fue de 4.9%, 43.75% en densidad estomática adaxial y 65.27% en índice estomático. Los resultados obtenidos permiten concluir que el uso de rizobacterias influyo favorablemente en lograr frutos de mayor tamaño, además los tratamientos con nutrición indujeron mayores índices estomáticos que el tratamiento testigo.

**Palabras clave:** Goldenberry, organismos benéficos, agricultura protegida, fertilización química, alimentos funcionales.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
	1.1. Objetivo .....	10
	1.2. Hipótesis .....	10
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>11</b>
	2.1. Origen del Cultivo .....	11
	2.2. Taxonomía de Golden Berry .....	11
	2.3. Importancia Económica .....	12
	2.4. Usos y Propiedades .....	13
	2.5. Características Botánicas .....	15
	2.6. Variedades Golden Berry .....	18
	2.7. Densidad de Población .....	19
	2.8. Requerimientos Agroclimáticos del Cultivo .....	20
	2.9. Método de Siembra .....	21
	2.10. Plagas, Enfermedades y Arvenses (malezas) .....	22
	2.11. Agricultura Protegida en México .....	24
	2.12. Importancia de las Rizobacterias .....	25
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>26</b>
	3.1. Ubicación del Sitio Experimental .....	26
	3.2. Clima .....	26
	3.3. Material Utilizado .....	27
	3.4. Descripción de los Tratamientos .....	27
	3.5. Diseño Experimental .....	28
	3.6. Conducción del Experimento .....	28
	3.7. Variables Evaluadas .....	31
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>35</b>
	4.1. Área Foliar Estimada .....	35
	4.2. Índice de Área Foliar .....	36
	4.3. Densidad Estomática del Haz y del Envés .....	36
	4.4. Índice Estomático del Haz y del Envés .....	38

4.5.	Largo y Ancho de Estomas del Haz y el Envés.....	40
4.6.	Número de Flores.....	42
4.7.	Diámetro Polar y Ecuatorial del Fruto.....	44
4.8.	Número de Semillas por Fruto.....	46
4.9.	Rendimiento del Fruto por Hectárea .....	47
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>VI.</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Composición nutricional por cada 100 gramos de pulpa de uchuva. .....	13
<b>Cuadro 2.</b> Tratamientos aplicados en el cultivo de <i>Physalis peruviana</i> en invernadero. ....	28
<b>Cuadro 3.</b> Solución Steiner aplicada en el cultivo de <i>Physalis peruviana</i> L., en invernadero. ....	29
<b>Cuadro 4.</b> Concentraciones de Solución nutritiva Steiner aplicada al cultivo de <i>Physalis peruviana</i> L., en invernadero. ....	30
<b>Cuadro 5.</b> Densidad estomática e Índice Estomático de superficies foliares de Goldenberry ( <i>Physalis peruviana</i> ), en respuesta a la aplicación de tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias. ....	40
<b>Cuadro 6.</b> Largo y ancho de estomas del haz y el envés de la superficie foliar de Goldenberry ( <i>Physalis peruviana</i> ).....	41



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización del área experimental. ....	26
<b>Figura 2.</b> Área foliar promedio en el cultivo de <i>Physalis peruviana</i> L., en respuesta a la aplicación de tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias. ....	35
<b>Figura 3.</b> Índice de área foliar promedio en el cultivo de <i>Physalis peruviana</i> L., en respuesta a la aplicación de tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias. ....	36
<b>Figura 4.</b> Densidad estomática del envés de los tratamientos dos (A) y cuatro (B) bajo un objetivo 40X en microscopio en el cultivo de <i>Physalis peruviana</i> L. ....	38
<b>Figura 5.</b> Largo y ancho de estomas del envés (a) y del haz (b) observados en microscopio bajo un objetivo de 40X en el cultivo de <i>Physalis peruviana</i> L.....	42
<b>Figura 6.</b> Valores medios para la variable número de flores en el cultivo de <i>Physalis peruviana</i> L., en respuesta a la aplicación de dosis de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$ ). ....	43
<b>Figura 7.</b> Viabilidad de polen en microscopio bajo un objetivo de 40X en el cultivo de <i>Physalis peruviana</i> L., polen viable teñido de rojo y polen no viable no teñido.....	43
<b>Figura 8.</b> Diámetro polar del fruto de <i>Physalis peruviana</i> L., en respuesta a la aplicación de tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$ ).....	45
<b>Figura 9.</b> Diámetro ecuatorial del fruto en el cultivo de <i>Physalis peruviana</i> L., en respuesta a la aplicación de tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$ ) .....	45

<b>Figura 10.</b> Número de semillas por fruto en el cultivo de <i>Physalis peruviana</i> L., con tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$ ). .....	46
<b>Figura 11.</b> Rendimiento promedio de fruto en el cultivo de <i>Physalis peruviana</i> L., en respuesta a la aplicación de tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$ ). .....	47

## I. INTRODUCCIÓN

La uchuva (*Physalis peruviana*) es una especie frutícola andina, que ha adquirido gran importancia en el país por su potencial para la exportación como fruta fresca, generando divisas por varios millones de dólares al año. Su consumo se ha venido incrementando paulatinamente debido a que el consumidor ha tenido la oportunidad de conocer nuevos productos que les satisfacen sus gustos y el aporte de vitaminas y minerales (Corpoica, 2002).

El cultivo de uchuva, es una alternativa de producción para la economía de muchos países, debido a que presenta interés en los mercados internacionales, por sus características nutricionales y propiedades medicinales que posee el fruto (Gastelum, 2012). La fruta, la pulpa y el jugo de uchuva, presentan un alto contenido de azúcares, principalmente sacarosa, glucosa y fructosa; vitaminas A, B y C (ácido ascórbico); minerales como hierro, calcio y fósforo (Flórez *et al.*, 2000 y Fisher *et al.*, 2005). Los ácidos orgánicos presentes son; el cítrico (predominante), seguido del málico y oxálico (Fisher y Martínez, 1999 y Gutiérrez *et al.*, 2007).

En la actualidad este cultivo está experimentando una considerable expansión (Bonilla *et al.*, 2009). En el continente americano, el cultivo de la uchuva se ha extendido tanto a los altiplanos de los países tropicales y subtropicales, como a países del Caribe (Fischer y Miranda, 2012).

Colombia, Kenia, Zimbabwe, Australia, Nueva Zelanda, India y Ecuador, son los principales productores de *Physalis* a nivel mundial (Beltran, 2009). Sin embargo, los esfuerzos de mejora realizados hasta el momento han sido limitados (Torres *et al.*, 1991). Por ello el objetivo de este proyecto de investigación fue caracterizar la calidad del fruto, su fenología y el rendimiento de Golden Berry, en respuesta al uso de rizobacterias y producción en invernadero. Fomentando de esta manera el uso de rizobacterias que promueven una producción orgánica, con un

desarrollo radical más ramificado, teniendo un papel fundamental en la absorción del agua y en el mejoramiento de la nutrición del cultivo (Rivieros, 2008).

### **I.1. Objetivo**

Determinar el efecto de rizobacterias en el rendimiento y calidad del fruto, así como en el fenotipo del cultivo bajo condiciones de invernadero.

### **I.2. Hipótesis**

Al menos uno de los tratamientos con Rizobacterias o en combinación química, induce efectos favorables en la producción de Golden Berry bajo invernadero.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### II.1. Origen del Cultivo

Todas las especies del género *Physalis*, excepto *P. alkekengi*, son originarias de América (D'Arcy, 1991; Pratt *et al.*, 2008). La especie *Physalis peruviana* L., crece como planta silvestre en las zonas tropicales altas de América (Pérez, 1996; Romero, 1961; Patiño, 1963). El centro de origen y diversificación de esta planta se ubica en los Andes Suramericanos, principalmente de Colombia, Perú y Ecuador (Medina, 1991). Fischer (2000) afirma que en Colombia esta planta crece entre los 1.500 y los 3.000 msnm, ubicándose los mejores cultivos a una altura entre los 1.800 y los 2.800 msnm. Hoy en día se encuentra en casi todos los altiplanos de los trópicos y en otras partes de los subtrópicos incluyendo Malasia, China y el Caribe (Fischer *et al.*, 2000). Esta especie ha sido introducida en otras áreas del mundo para su cultivo y se le puede encontrar en el Sur y Centro de África, en las Antillas, Australia, Nueva Zelanda, China, India, Malasia, Filipinas, Estados Unidos de Norteamérica e Inglaterra (Morton, 1987), en áreas ubicadas desde el nivel del mar hasta los 2,400 msnm (Morton, 1987; Criollo e Ibarra, 1992).

### II.2. Taxonomía del Golden Berry

Dentro de las angiospermas, la uchuva se encuadra dentro de los siguientes taxones (Menzel, 1951; Hunziker, 1979; D'Arcy, 1991; Sánchez, 1991; Whitson y Manos, 2005):

**Reino:** *Plantae*

**Clase:** *Magnoliopsida*

**Superorden:** *Asteranae*

**Orden:** *Solanales*

**Familia:** *Solanaceae*

**Subfamilia:** *Solanoideae*

**Tribu:** *Physaleae*

**Subtribu:** *Physalinae*

**Género:** *Physalis* L.

**Subgénero:** *Rydbergis* Hendrych

**Sección:** *Lanceolatae* (Rydb.) M.Y. Menzel

**Especie:** *peruviana*

### II.3. Importancia Económica

En el continente americano, actualmente la uchuva ha extendido su producción, tanto a los altiplanos de países tropicales y subtropicales, como a países del Caribe (Fischer y Miranda, 2012). El cultivo de Uchuva, es una alternativa de producción para la economía de muchos países, debido a que presenta interés de los mercados internacionales, por las características nutricionales y propiedades medicinales que posee el fruto (Gastelum, 2012).

Los principales productores de *Physalis* a nivel mundial: son Colombia, Kenia, Zimbabwe, Australia, Nueva Zelanda, India y Ecuador (Beltran, 2009). En Ecuador la producción de Uchuva (o uvilla) se realiza por pequeños y medianos productores de la Sierra Norte, entre los 2.000 a 3.000 msnm, especialmente en la provincia de Imbaburra, en donde, mediante sistemas de producción semi-tecnificado, se encuentra el 40% de los cultivos, con rendimiento de 13,6 t ha<sup>-1</sup>, en 350 ha (Altamirano, 2010).

En Colombia, el valor de las exportaciones del Goldenberry en el 2017 fueron de 27.8 millones de dólares, mientras que para 2018 se elevaron a 32.4 millones de dólares, con un volumen de 6,333.45 y 7,271.34 toneladas respectivamente, con un incremento del 16.61%. Los principales países importadores fueron: Alemania,

Estados Unidos, Reino Unido, Canadá y Bélgica con una representación del 57.75% en 2018 (Analdex, 2018).

#### II.4. Usos y Propiedades

Internacionalmente el fruto se comercializa fresco y procesado como; mermelada, pasas y confites cubiertos de chocolate, además puede ser procesado para obtener jugo, néctar, pulpa, y otros productos (MADR, 2002).

La composición química y valor nutritivo de la uchuva se muestra a continuación en el siguiente cuadro.

**Cuadro 1. Composición nutricional por cada 100 gramos de pulpa de uchuva.**

Componentes	Contenido
Calorías	54 kcal
Agua	79.6 g
Proteína	0.05 g
Grasa	0.4 g
Carbohidratos	13.1 g
Fibra	4.9 g
Ceniza	1.0 g
Calcio	7.0 mg
Fosforo	38.0 mg
Hierro	1.70 mg
Vitamina A	3000 U.I.
Tiamina B1	0.18 mg
Riboflavina B2	0.03 mg
Niacina B3	1.3 mg
Vitamina c	43 mg

Fuente: Fisher *et al.*, 2000.

El género *Physalis* se le atribuyen características inmunológicas, antibacterianas, diuréticas, entre otras (Ligarreto *et al.*, 2005). Autores como Puente *et al.* (2010) y Ramadan (2011), describen a la uchuva como frutal de gran importancia debido a las características fisicoquímicas y nutricionales que posee y a la relación de sus componentes fisiológicamente activos, con efectos benéficos sobre la salud humana, tales como carotenoides, esteroides, actividad antioxidante por su contenido de polifenoles y vitaminas, actividad antiinflamatoria y antimicrobiana por su contenido exclusivo de fisalinas y withanólidos.

Según, Benavides (2008), a la uchuva se le atribuyen propiedades curativas importantes, como las siguientes:

- Reconstruye y fortifica el nervio óptico.
- Elimina la albúmina de los riñones.
- Ayuda a la purificación de la sangre.
- Eficaz en el tratamiento de las afecciones de la garganta.
- Adelgazante, se recomienda la preparación de jugos, infusiones con las hojas y consumo del fruto en fresco.
- Previene la diabetes y la artritis incipiente.
- Aconsejable para los niños, porque ayuda a la eliminación de parásitos intestinales (amebas).
- Disminuye el nivel de colesterol.
- Favorece el tratamiento de las personas con problemas de próstata, por sus propiedades diuréticas.
- La cocción de las hojas se utiliza como diurético y antiasmático.
- Constituye un excelente tranquilizante debido a su contenido de flavonoides.
- El zumo de la uchuva sirve para curar cataratas.

Así mismo, Wu *et al.* (2005), mediante el estudio de la actividad antioxidante de *P. peruviana*, pudieron determinar que dicha actividad es aportada por el contenido de flavonoides y de otros compuestos de interés aún por descubrir. En



este sentido, Gutiérrez *et al.*, (2007) describen al ácido ascórbico (AA) como una vitamina esencial en la dieta humana debido a sus características antioxidantes.

## II.5. Características Botánicas

La uchuva pertenece a la familia Solanaceae, la cual posee más de 90 géneros y más de 2,600 especies de distribución cosmopolita pero centrada en la zona tropical. (Estupiñan y Ossa, 2007). Sin tutorado la planta puede llegar hasta una altura de 1,0 a 1,5 m, ramificándose en forma simpodial y, en muchos casos, genera cuatro ramas reproductivas principales, mientras tutorado puede alcanzar hasta 2 m o más de altura (Fischer y Miranda, 2012). La Uchuva presenta un hábito de crecimiento indeterminado, por lo cual el desarrollo de nuevas ramas, hojas y flores ocurre simultáneamente (Fischer *et al.*, 2011).

El Goldenberry incluye 100 especies conocidas entre anuales y perennes, de estas, tres son cultivadas como hortalizas:

***Physalis ixocarpa***. Conocido como tomatillo, tiene bayas grandes, bastantes pegajosas, verdes o violáceas que pueden llenar completamente el cáliz, esta especie es una forma antigua cultivada en México y Guatemala.

***Physalis pruinosa***. Es de crecimiento menos vigoroso que *P. peruviana*, pero por otra parte similar, salvo por el color de la flor y dulzor, no es pegajoso, baya amarillenta de aproximadamente 12 mm de diámetro.

***Physalis peruviana***. Conocido como grosello silvestre, es caracterizado por su crecimiento alto, hojas pubescentes y grandes, bayas dulces, aproximadamente de 3 cm de largo y 4 cm de ancho, esta es consumida cruda (SARH-DGA, 1984). Este último tiene un valor nutricional muy alto, ya que este fruto es una excelente fuente de vitamina A y C, también presenta cantidades importantes de vitaminas del complejo B, como tiamina, niacina y vitamina B12. Los niveles de proteína y fósforo

son excepcionalmente altos, mientras que el contenido de calcio es bajo (Ligarreto *et al.*, 2005).

### **II.5.1. Raíces**

La mayoría de las raíces son fibrosas y se encuentran entre los 10 y 15 cm de profundidad; el sistema radical es ramificado y profundiza con sus raíces principales hasta unos 50 y 80 cm. El desarrollo de raíces está relacionado con el tipo y textura del suelo y especialmente de la aireación, la temperatura y la humedad del mismo.

### **II.5.2. Tallo**

Es herbáceo, cubierto de vellosidades suaves, color enteramente verde, con nudos y entre nudos. En cada uno de los nudos nace una hoja que protege un buen número de yemas que dan origen a ramas, hojas o flores. En la base del tallo se presentan un gran número de yemas dando origen a ramas o tallos principales. Crece sin tutorado hasta una altura de 1.5 m, con poda y espaldera supera 2.5 m, terminado su desarrollo vegetativo con la formación de una inflorescencia. El tallo principal se bifurca naturalmente después de 8 a 12 nudos, dando origen a las ramas productivas en forma dicotómica. Normalmente en las plantas que se desarrollan con un tallo principal se encuentran de cuatro a cinco ramas productivas dominantes.

### **II.5.3. Hojas**

La planta crece inicialmente en forma herbácea, a partir del segundo año forma un arbusto perenne y semileñoso y sus hojas son simples, alternas, acorazonadas y pubescentes con un tamaño entre 5 y 15 cm de largo y 4 a 10 cm de ancho (Fischer, 2000). Una vez madurado el fruto, estas se tornan de color amarillo y se desprenden fácilmente del tallo, debido a que los nutrientes requeridos por las hojas jóvenes y en fructificación los toman de las hojas más viejas.

#### **II.5.4. Flores**

En las axilas de pedúnculo foliar, se desarrollan las flores hermafroditas, que son solitarias, con una corola tubular de color amarillo y base morada, los insectos y el viento las polinizan fácilmente (National Research Council, 1989); sin embargo, la autopolinización es común (Gupta y Roy, 1981).

Las flores de uchuva son vistosas, con forma acampanada, se abren por la mañana y se cierran al anochecer durante un período de unos 5 a 7 días (Sinha *et al.*, 1976; Lagos *et al.*, 2008), lo cual facilita las visitas por insectos polinizadores diurnos. Es frecuente observar la presencia de insectos polinizadores tales como abejorros (*Bombus spp.* y *Xylocopa spp.*) y abejas (*Apis mellifera*) visitando las flores de uchuva (Chautá *et al.*, 2012), lo cual indica que *P. peruviana*, a pesar de ser autocompatible, presenta un sistema reproductivo mixto, con un grado de alogamia variable. De esta forma, en condiciones desfavorables para la polinización cruzada se comporta como estrictamente autógena (Gupta y Roy, 1981), mientras que en presencia de polinizadores o de condiciones favorables para la polinización, como el viento (National Research Council, 1989) presumiblemente presentará un elevado grado de alogamia.

#### **II.5.5. Fruto**

El cáliz (o capacho) encierra el fruto totalmente hasta su madurez y pierde su clorofila a partir de unos 40 a 45 días de su desarrollo (Almanza-Merchán y Fischer, 2012), es formado por cinco sépalos persistentes y muestra una estructura similar a una vejiga de unos 5 cm. El cáliz protege el fruto contra insectos, pájaros, patógenos y condiciones climáticas extremas (Fischer *et al.*, 1997) y, además, sirve como empaque natural (Galvis *et al.*, 2005).

Los frutos de Uchuva que parecen minitomates, pero de color amarillo-anaranjados, casi redondos, son bayas de 1.25 a 2.5 cm de diámetro y pesan entre 4 y 10 g (Fischer, 1995), contienen entre 150 y 300 semillas aplanadas y son de forma lenticular.

El fruto que necesita entre 60 y 80 días para madurar, tiene extraordinarias propiedades nutricionales y medicinales y su exquisito sabor y aroma atraen los consumidores, favoreciendo la conquista de nuevos mercados (Galvis *et al.*, 2005), especialmente su alto contenido de provitamina A (1.000-5.000 U.I., principalmente beta-caroteno) y ácido ascórbico (11 a 42 mg/100 g peso fresco [PF]), y algunas vitaminas del complejo B (tiamina, niacina y vitamina B12); además se destaca por sus altos contenidos de proteína cruda (2.2 g), fósforo (39 mg) y hierro (1.1 mg), pero con un bajo nivel de calcio (14 mg/100 g PF) (Rehm y Espig, 1991; Fischer y Miranda, 2012). Herrera (2000) encontró entre 13 y 15° Brix y un buen contenido de ácidos (1,6 a 2,0% de acidez). Además, el fruto se destaca por su alto contenido de antioxidantes, ácidos grasos poli-insaturados y fitoesteroles (Puente *et al.*, 2011). No obstante, la Uchuva tiene muchos beneficios, el nivel de consumo es muy bajo, por ejemplo, en Colombia, los autores estiman que el consumo per cápita es menos de 200 g por año.

#### **II.5.6. Semillas**

Son numerosas, aplanadas, de 1.5 a 2 mm de diámetro, amarillas o de color café dorado. Tiene una germinación entre el 80 y el 95% (Patiño *et al.*, 2014).

### **II.6. Variedades de Golden Berry**

En la Uchuva hay pocas variedades y más bien genotipos que se han seleccionado en los diferentes países y que se adaptan también a los diferentes climas de las regiones específicas (ecotipos). Las introducciones a Colombia como 'Sudáfrica' y 'Kenia' tienen frutos más grandes (Fischer, 1995), debido a un mayor número de cromosomas ('Kenia'  $2n = 48$  vs. 'Colombia'  $2n = 32$ ) (Rodríguez y Bueno, 2006), pero estas dos africanas tienen concentraciones de sólidos solubles totales (°Brix) y ácido cítrico menores. Existen numerosas accesiones del género *Physalis* en Colombia en los bancos de germoplasma de Corpoica y de varias universidades. En América Latina y el Caribe, según Ligarreto *et al.* (2005) se establecieron colecciones en Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, Guadalupe,

Guatemala, México y el Perú. En estas regiones se encuentran variedades tradicionales y silvestres con mucha variabilidad genética. Por ejemplo, Herrera *et al.* (2011), en 54 accesiones encontradas en el nororiente de Colombia, determinaron un mayor contenido de °Brix, pero también un rajado del fruto más alto, en materiales asilvestrados, mientras los cultivados se destacaron por un mayor rendimiento.

De Australia se reportan cultivares como 'Golden Nugget' o 'New Sugar Giant' y de Estados Unidos 'Peace', 'Giant Groundcherry', 'Goldenberry', 'Giallo Grosso', 'Giant', 'Giant Poha Berry', 'Golden Berry' y 'Golden Berry-Long Ashton' (Fischer, 2000).

## **II.7. Densidad de Población**

Como regla general, la Uchuva se puede sembrar en separaciones de 40 x 40 cm (Zapata *et al.*, 2002), mientras Angulo (2011) recomienda estas dimensiones entre 20 y 30 cm para suelos sueltos y para suelos pesados entre 50 y 60 cm.

Las densidades de plantación varían según el sitio agroecológico (como por ejemplo la topografía), del ecotipo (variedad) y del manejo del cultivo. Fischer y Miranda (2012), por razones de la fitosanidad y del manejo, recomiendan distancias entre plantas e hileras de 2 a 3 m, para una densidad de 1,660 plantas/ha sembrado de 3 m (entre hileras) x 2 m (entre plantas). Angulo (2011) informa que las distancias de siembra más utilizadas en Colombia son de 2,5 x 2,5 m hasta 3 x 3 m, siempre teniendo en cuenta que en sitios con una mayor humedad las distancias altas favorecen la sanidad del cultivo. Así mismo, en las plantaciones en sitios pendientes Fischer y Miranda (2012) recomiendan el trazado en tresbolillo o a curvas de nivel para facilitar los manejos.

## **II.8. Requerimientos Agroclimáticos del Cultivo**

### **II.8.1. Altitud**

En Ecuador la uchuva crece en sitios entre 1300 y 3500 msnm, aunque los mejores resultados se obtienen entre los 2000 y 3000 msnm.

### **II.8.2. Temperatura**

El cultivo de la uchuva crece favorablemente entre los 11 y 17° C. es susceptible a heladas.

### **II.8.3. Precipitación**

Las precipitaciones deben oscilar entre 600 y 1500 mm bien distribuidos en todo el año.

### **II.8. 4. Humedad**

El cultivo se desarrolla en zonas con una humedad relativa que varía entre 50 y 80 %. Es importante el adecuado suministro del agua para evitar el rajado de frutos.

### **II.8.5. Requerimientos edáficos**

Se recomiendan suelos de textura franco, o franco arenoso/ arcilloso. El PH debe estar entre 5.5 y 7.

### **II.8.6. Luminosidad**

Para obtener un fruto de óptima calidad se requiere entre 1500 y 2000 horas luz al año (Acres, 1998).

## II.9. Método de Siembra

La propagación por semilla favorece el cultivo de la Uchuva, debido a su alto porcentaje de germinación (85 a 90%), y estas plantas comparado con la propagación por estacas, muestran un mejor anclaje y mayor longevidad de cultivo y frutos de buena calidad y menos rajado (Klinac, 1986).

Los frutos de buen tamaño son obtenidos de plantas sanas y buena productividad que se licuan a baja velocidad (Almanza, 2000) para ponerlas a fermentar durante 48 horas en un recipiente de vidrio (Angulo, 2005). Estas semillas se lavan con agua limpia y se secan a la sombra sobre un papel absorbente en un lugar fresco y ventilado (Angulo, 2011). Debido a que enfermedades causadas por hongos como: *Cladosporium sp.*, *Phoma sp.*, *Alternaria sp.*, *Phytium sp.*, *Botrytis sp.*, y *Colletotrichum sp.* Pueden infectar las semillas, se deben desinfectar con fungicidas o con hongos antagónicos como: (*Trichoderma lingnorum* o *T. harzianum*) (Angulo, 2005).

Para las semillas que se siembran en surcos separados por 5,0 cm y con 0,5 cm de profundidad, en bandejas o en una cama de semillero que se cubre con una capa de tierra fina de 0,5 cm, recomienda Miranda (2005) sustratos en mezcla como MO y arena lavada en diferentes proporciones (3:1:1, 2:1:1 y 1:1:1) o sustratos como turba negra y rubia, cascarilla de arroz quemada y enriquecidos con micorrizas (MVA). La desinfección del sustrato es indispensable.

Después de unos 10 a 15 días las plántulas emergen y entre 25 y 30 días después de la siembra, cuando están listas para trasplantar a bolsas de color negro, perforadas y de calibre 2, con capacidad de 1 libra (Miranda, 2005). Aproximadamente 60 días después de la siembra, con una altura entre 15 y 20 cm, se trasplantan a su sitio en campo (Angulo, 2005).

La Uchuva responde bien a una propagación asexual mediante estacas y esquejes, *in vitro*, e injertos (púa terminal); sin embargo, estos métodos pueden resultar más costosos y en muchos casos las plantas presentan problemas como un sistema radical débil, susceptibilidad al viento y/o un periodo vegetativo reducido (Fischer y Miranda, 2012). Con esquejes (de dos nudos), provenientes de la parte apical de ramas reproductivas y sembradas en cabinas de nebulización, López *et al.* (2008) observaron altos porcentajes de enraizamiento, usando como sustrato arena lavada. Almanza (2000) reporta que la utilización de hormonas sintéticas (ácido indolacético [AIA], 250-1.000 mg/L o ácido indolbutírico [AIB], 50-250 mg/L) fomenta el enraizamiento de estacas.

## **II.10. Plagas, Enfermedades y Arvenses (malezas)**

### **II.10.1. Plagas**

**Pulguilla.** El coleóptero *Epitrix cucumeris.*, ataca más en clima seco y se alimenta de los brotes tiernos y, en las hojas causan perforaciones de diferente tamaño (Fischer y Miranda, 2012).

**Larvas de lepidóptera.** *Heliothis* sp., puede inicialmente alimentarse de los cogollos, pero el daño más grave es perforando el fruto. El control debe estar dirigido a los primeros instares larvales por el monitoreo las plantas revisando los capachos y frutos, y culturalmente por la eliminación de las plantas huéspedes y uso de trampas tanto de luz como de feromonas (Fischer y Miranda, 2012).

**Entre los ácaros.** *Aculops lycopersici* es la especie que más ataca las plantas de uchuva, especialmente en la fase productiva, cuando los ácaros atacan el capacho (cáliz), lo que presenta una coloración rojiza y un arrugamiento que afecta la calidad del fruto (Jerez, 2005). Las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga.



## II.10.2. Enfermedades

**Marchitamiento vascular.** *Fusarium oxysporum Schlecht*, es el agente causante de la enfermedad (Forero de La-Rotta y Quevedo, 2005). Causa los daños más severos y en consecuencia la producción en la región afectada baja tanto que los productores abandonan este cultivo y se establecen en otras zonas del país para cumplir con producciones exportables. El micelio del hongo penetra las raíces de manera directa, o entra a las raíces a través de heridas o en el punto de formación de las raíces laterales (Fischer y Miranda, 2012) por lo cual el manejo preventivo es de suma importancia; como sembrando semillas y plántulas sanas, en suelos no infestados (Galindo y Pardo, 2010).

**Manchas en tallos, ramas, hojas, peciolo y frutos.** Hongo *Phoma sp*, es el agente causal de la enfermedad (Góngora y Rojas, 2006; Silva, 2006; Quevedo, 2006). Es muy frecuente en ambientes que presentan alta humedad y temperatura baja, manifestando síntomas sobre tallos, ramas, peciolo, cáliz y frutos como lesiones de color amarillo a cobrizo (Fischer y Miranda, 2012). Su presencia es más frecuente en cultivos mal tutorados y con pobre drenaje (Angulo, 2011).

**Mancha gris de las hojas y capachos:** El agente causal de esta enfermedad se atribuye al hongo *Cercospora physalidis* Ell., sin embargo, es posible que, de acuerdo con los síntomas observados, relacionados con la forma y desarrollo de las manchas, puede estar presente otra especie del hongo. Sobre el género *Physalis*, se registran dos especies más de *Cercospora* que corresponden a *C. diffusa* Ell & Ev., y *C. physaloides* Ell. & Barth (USDA, 1960).

El desarrollo de la enfermedad es favorecido por las condiciones del clima en donde se alternan periodos cortos de lluvias y días secos, ambiente observado en el estudio realizado por Góngora y Rojas (2006). Se presenta frecuentemente en áreas de menor altitud, en épocas de verano (Galindo y Pardo, 2010), además en climas en los que se alternan periodos cortos de lluvias y días secos (Fischer y Miranda, 2012). Los primeros síntomas en las hojas se manifiestan como pequeñas

áreas necróticas, principalmente en forma angular (Angulo, 2011), mientras que en el cáliz la mancha tiene un borde más definido y centros de color grisáceo (Fischer y Miranda, 2012).

### **II.10.3. Los arvenses (malezas)**

Plaza y Pedraza (2007), mencionan que al cultivo de la uchuva se 21 familias, especialmente la Asteraceae (21,3%), Polygonaceae (10,6%), las Brassicaceae y Scrophullariaceae (cada una con el 8,5%), las Caryophillaceae, Cyperaceae y Poaceae (cada una con el 6,4%) y la familia Fabaceae, con un 4,3% del total de las especies, en su mayoría especies dicotiledóneas.

## **II.11. Agricultura Protegida en México**

La Uchuva crece demasiado exuberante si hay condiciones de una intensidad lumínica reducida (por ejemplo, bajo invernadero), es decir la planta se desarrolla mejor en plena luz (Fischer y Melgarejo, 2013). No obstante, la producción de Uchuva bajo invernadero, en Chía (Cundinamarca), ha mostrado un aumento en la producción de frutos debido a un mayor desarrollo longitudinal de ramas y por consiguiente un alto índice de área foliar (IAF de 8), comparado con un IAF de solo 2 a 4 en campo abierto.

Heinze y Midasch (1991) clasifican la Uchuva como una planta cuantitativa de día corto debido a que longitudes de días cortos (8 horas luz, comparado con 16 horas) fomentan el inicio de la floración. El tiempo entre la siembra y la primera cosecha es de aproximadamente de seis a ocho meses, dependiendo de la altitud. Bajo invernadero el desarrollo del cultivo es más rápido (30%) comparado con campo abierto (Brito, 2002).

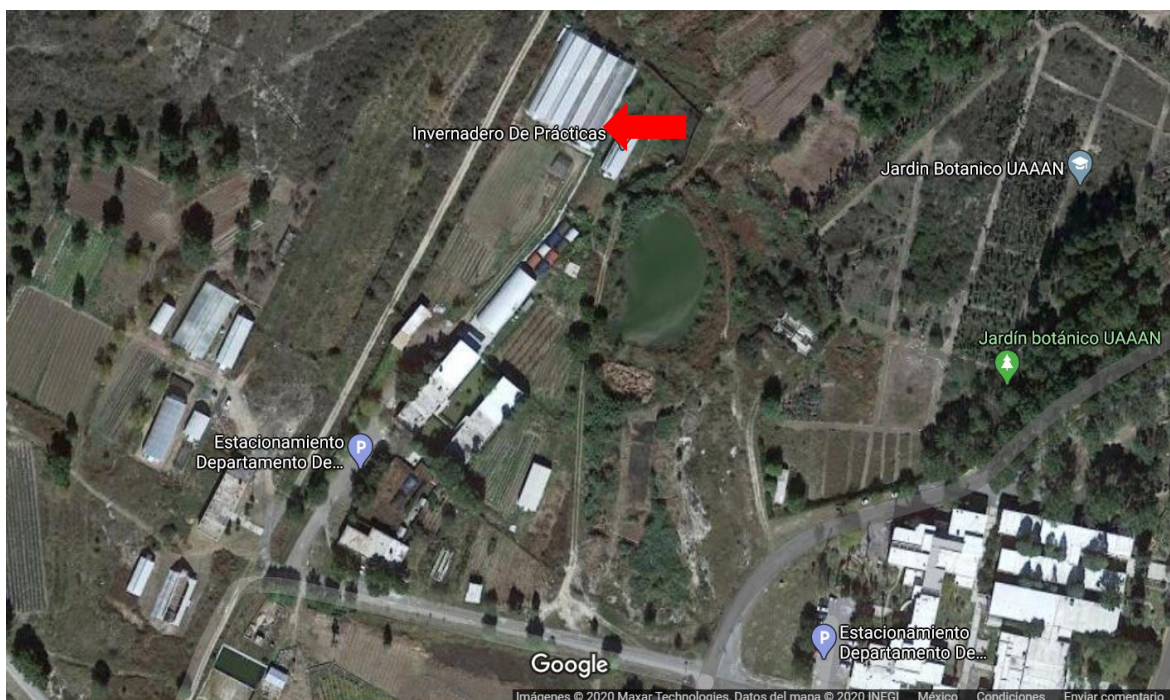
## II.12. Importancia de las Rizobacterias

El suelo es un hábitat complejo donde un gran número de poblaciones microbianas interactúan con los diversos sustratos, estando muchas de estas poblaciones asociadas a las raíces de las plantas en la zona rizosférica (Reyes *et al.*, 2006). Barea *et al.* (2005) señalan que la disponibilidad de nutrimentos en el suelo a partir de las interacciones biológicas beneficiosas (sinérgicas) entre los diversos componentes que promuevan los procesos ecológicos, debe ser comprendida y manejada en la explotación sostenible de los suelos. Las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (RPCP) son bacterias benéficas que se presentan como una alternativa a los fertilizantes químicos y plaguicidas (Kloepper y Beauchamp, 1992). Estas poblaciones microbianas rizosféricas son capaces de ejercer efectos específicos sobre el crecimiento vegetal como la producción de fitohormonas, disolución y mineralización de los fosfatos, fijación asimbiótica del nitrógeno atmosférico y producción de sideróforos y antibióticos (Vessey, 2003). Hoy en día, los biofertilizantes son considerados como un componente del manejo integrado de la nutrición vegetal y han sido definidos como sustancias que contienen microorganismos vivos que, al aplicarse a las semillas, superficie de las plantas o al suelo, colonizan la rizósfera o el interior de la planta y promueven su crecimiento aumentando la disponibilidad de los nutrientes y la sanidad vegetal en la planta hospedera (Vessey, 2003). En pruebas experimentales y de campo, el efecto de los biofertilizantes ha sido reconocido como una forma de manejo sostenible de los agroecosistemas (Dobbelaere *et al.*, 2003; Lucy *et al.*, 2004); sin embargo, el éxito de la utilización de estos biopreparados reside en el estudio de cepas compatibles y muchas veces específicas a un cultivo y las condiciones ecológicas del suelo.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### III.1. Ubicación del Sitio Experimental

El presente trabajo se realizó en un invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Cuyas coordenadas son 25° 23´ Latitud Norte y 101° 00´ Longitud Oeste, con una altitud de 1742 m.s.n.m.



**Figura 1:** Localización del área experimental.

#### III.2. Clima

Con una temperatura media anual que oscila en los 18.3°C y una humedad relativa media de 49%, precipitación de 443.5 mm, clima templado semiseco, y un invierno extremoso (Agro meteorología UAAAN, 2001).

### **III.3. Material Utilizado**

#### **III.3.1. Charolas**

Se utilizaron charolas de poliestireno (unicel) de 200 cavidades. Las charolas fueron nuevas, por lo tanto, no hubo necesidad de realizar desinfección de las mismas.

#### **III.3.2. Sustratos**

Se utilizó una mezcla comercial, con un contenido de peatmoss, vermiculita y lima dolomita para la germinación. (Sphagnum peat moss, de la empresa Ángeles Millwork y Lumber Co) y perlita (Hortiperl de Termolita) con una proporción 60:40 Turba: Perlita.

#### **III.3.3. Material vegetal**

El material biológico utilizado en la presente investigación estuvo constituido por el ecotipo Colombia (*Physalis peruviana* L.) que se caracteriza por tener numerosas hojas pequeñas, una mejor coloración y un mayor contenido de azúcares que los ecotipos africanos, cualidad que lo hace aceptable en el mercado.

### **III.4. Descripción de los Tratamientos**

En el experimento se establecieron 11 tratamientos en tres repeticiones, donde la unidad experimental consistió en 4 plantas por tratamiento, de las cuales 2 plantas sirvieron como parcela útil, para la toma de los datos correspondientes. Se utilizaron dos cepas de Rizobacterias nativas de General Cepeda, Coahuila (A1 y A2) aplicadas en dosis de  $1 \times 10^{-6}$ , y la cepa comercial (CC) *Azospirillum brasilenses* de la empresa Biofábrica siglo XXI de nombre "Azofer", y su combinación con tres concentraciones de fertilización química (FQ), 0, 50, y 100%, y un testigo absoluto sin nutrición química y uno adicional con el 100% de fertilización química. Como se describe en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Tratamientos aplicados en el cultivo de *Physalis peruviana* en invernadero.

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

A1 y A2 *Azospirillum sp.* de General Cepeda Coah., CC= cepa comercial *Azospirillum brasilense*, FQ= fertilización química.

### III.5. Diseño Experimental

Los tratamientos diseñados fueron distribuidos bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones y cuatro plantas por tratamiento. Para el análisis de los datos obtenidos (ANVA) se utilizó software SAS versión 9.0. En aquellas variables donde se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, se procedió a realiza una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ), a fin de agrupar los tratamientos con medias estadísticamente iguales y/o diferentes.

### III.6. Conducción del Experimento

#### III.6. 1. Preparación del terreno

Se realizó el 02 de marzo del 2019, el cual consistió en preparar 4 camas de 14 metros de longitud por 1 metro de ancho donde se establecieron los tratamientos. Se colocó un sistema de riego por goteo localizado, después se estableció el acolchado con polietileno color negro.

#### III.6. 2. Siembra en charola

Esta se efectuó manualmente el día 8 de febrero del 2019, en charolas de 200 cavidades y usando un sustrato ya indicado anteriormente, se depositó de dos

a tres semillas por cavidad para garantizar la germinación completa y uniforme. Una vez que se realizó la siembra se tapó con una fina capa de sustrato húmedo y se aplicó un riego a saturación para posteriormente apilarlas y cubrirlas completamente con un polietileno negro para inducir una temperatura adecuada para la germinación de la semilla, se cuidó que la cubierta de polietileno sellara totalmente, para evitar evaporación del agua y mantener humedad más o menos constante durante el proceso de germinación.

### III.6. 3. Densidad de población manejada

Se manejó una densidad de población de 26,666 plantas por hectárea, teniendo una distancia entre surcos de 1.5 m y 0.50 entre plantas, se estableció a doble hilera con un arreglo a tres bolillos, teniendo 2.66 plantas por m<sup>2</sup>. Las plántulas de Goldenberry se trasplantaron en invernadero el día 30 de abril del 2019.

### III.6.4. Fertilización

Durante los primeros 30 días se mantuvo una fertilización completa a base de la solución de Steiner (1981) al 100% vía fertirriego con las siguientes dosis, apoyada en un análisis del agua.

**Cuadro 3.** Solución Steiner aplicada en el cultivo de *Physalis peruviana* L., en invernadero.

Fertilizante	1,100 L de solución
Fosfato de amonio (MAP)	250 g
Nitrato de potasio + azufre (NKS)	780 g
Nitrato de calcio [Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	625 g
Nitrato de magnesio [Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	115 g
Micronutrientes 50 g Ácido sulfúrico	175 ml

Después de los 30 días del trasplante se aplicaron soluciones nutritivas de acuerdo con los tratamientos bajo estudio (Tabla 4). Se realizaron tres aplicaciones de las cepas de Rizobacterias durante el experimento a una concentración de  $1 \times 10^{-6}$ , considerando 20 ml por planta.

**Cuadro 4.** Concentraciones de Solución nutritiva Steiner aplicada al cultivo de *Physalis peruviana* L., en invernadero.

Fertilizante	Solución (50%)	Solución (100%)
Fosfato de amonio (MAP)	125 g	250 g
Nitrato de potasio + azufre (NKS)	390 g	780 g
Nitrato de calcio [Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	312 g	625 g
Nitrato de magnesio [Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	57.7 g	115 g
Micronutrientes	25 g	50 g
Ácido sulfúrico	87.5 ml	175 ml

### III.6.5. Podas

Las plantas fueron manejadas a 4 tallos principales después de la primera bifurcación, por lo cual fue necesario eliminar los brotes laterales y hojas viejas que se fueron presentando, se utilizó un tutorado tipo holandés para evitar que los tallos estuvieran en contacto con el suelo.

### III.6.6. Control de plagas y enfermedades

Durante el desarrollo del ciclo del cultivo se presentó la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), paratrioza (*Bacterizera cockerelii*) y gusano del fruto *Heliothis* sp. Para su control se utilizaron los siguientes productos comerciales; New Leverage (imidacoprit+deltametrina), Delta Yuddo (lambda cyhalotrina), Abamectina (abamectina), y Agro Met 600 (metamidofos), a una dosis de 1.5 L•ha<sup>-1</sup>, 0.5 L•ha<sup>-1</sup>, 0.7 L•ha<sup>-1</sup>, y 1.0 L•ha<sup>-1</sup> respectivamente.



### III.7. Variables Estudiadas

#### III.7.1. Área foliar (AF)

Esta variable se efectuó el día 04 agosto del 2020 una vez que la planta estaba en fructificación, tomando tres hojas de la parte media baja de cada una de las seis plantas por tratamiento, a una altura de 0.5 m con orientación oriente, midiendo el largo y el ancho de cada una de ellas.

El índice de área foliar (IAF) se estimó de la siguiente manera; se tomaron dos plantas por unidad de estudio, se midió y se multiplico largo por ancho de cada hoja, el resultado se multiplico por el factor 0.75, se sumaron los valores obtenidos de todas las hojas por planta promediando los resultados, obteniendo de esta manera el área foliar ocupada por planta. Posteriormente se determinó el área de suelo ocupada por planta. Finalmente, el IAF se determinó dividiendo el aérea foliar de la planta entre el área de suelo ocupada por esta (Intagri, 2016). Con la fórmula:

$$IAF = \frac{(\text{Área Foliar})(\text{Densidad de Poblacion})}{\text{Área Sembrada}}$$

#### III.7.2. Conteo estomático

El conteo estomático se realizó el día 18 de noviembre tomando dos plantas por tratamiento de cada repetición, tomando dos hojas con orientación poniente de la parte media de cada una de las plantas, a una altura aproximada de 1 m sobre el nivel del suelo. En cada hoja se realizaron impresiones epidérmicas en hojas completamente maduras, mediante la aplicación de barniz transparente en un área de aproximadamente 2 cm<sup>2</sup> en la parte media de las venas secundarias, en el haz y el envés de las hojas, después de que el barniz se secó se removió la capa de barniz con una cinta adhesiva transparente, que se colocó en un portaobjetos de vidrio.

La toma de fotografías para contabilizar y realizar el análisis estomático se realizó en el laboratorio de Citogenética del Departamento de Fitomejoramiento de

la UAAAN, se tomaron dos fotografías al azar con el objetivo de 40X con un campo visual de (0.1445 mm<sup>2</sup>) de cada impresión epidérmica, para un total de ocho fotografías por repetición y 24 por tratamiento, con un microscopio Carl Zeis con cámara integrada (Pixera Winder Pro), en las que se determinó la densidad estomática (DE) del haz y envés.

### **III.7.3. Densidad estomática del haz y envés (DEH y DEE)**

La densidad estomática (DE) se determinó del haz y envés, contabilizando los estomas existentes en el área de la fotografía (0.1445 mm<sup>2</sup>) de acuerdo a la siguiente fórmula  $DE = \text{Número de estomas} / \text{área de la fotografía (0.1445 mm}^2\text{)}$ , para obtener el número de estomas por 1 mm<sup>-2</sup>.

### **III.7.4. Índice estomático del haz y del envés (IEH y IEE)**

Para el cálculo del índice estomático las fotografías se tomaron con el objetivo de 40X del haz y envés, para luego calcular el índice estomático (IE) con la siguiente expresión (Salisbury y Roos 2000).

$$IE = \frac{DE}{(DE + DCE)} \times 100$$

Donde:

IE = Índice estomático.

DE = Densidad estomática.

DCE = Densidad de células epidérmicas.

### **III.7.5. Largo y ancho de estomas del haz y del envés (LEH, AEH, LEE y AEE)**

Se realizó obteniendo el promedio de la suma de las medidas de largo y posteriormente a la suma de las medidas de ancho de las estomas de cada repetición.

### **III.7.6. Número de flores**

Esta variable se estimó entre el día 60 y el día 132 después del trasplante, realizando un total de 12 conteos florales una vez a la semana de dos de las tres plantas por repetición de cada uno de los tratamientos correspondientes.

### **III.7.7. Viabilidad de polen**

Se tomaron diez plantas, y de cada planta se tomó una flor para hacer la preparación con el polen recién colectado, el cual fue colocado en un portaobjetos al cual se le agregó una gota de Acetocarmín Glicerol y un cubreobjetos, y se procedió a observar en un microscopio compuesto, con el objetivo de 40x. Los conteos de polen se efectuaron en dos campos del microscopio por preparación, se contabilizó el número de granos de polen viables e inviables y se estimó el porcentaje de viabilidad (Cardoso *et al.*, 2004; Soares *et al.*, 2008), los granos de polen redondeados y coloreados en rojo fueron considerados como viables y los constreñidos y sin teñir, como no viables de acuerdo con (Srinivasan y Gaur, 2012).

### **III.7.8. Diámetro ecuatorial y polar del fruto (DE y DP)**

Esta variable se realizó tomando 23 frutos como muestras de cada uno de los tratamientos y en cada repetición, para lo cual se utilizó un vernier digital (HER-411, Digital Caliper®), que permitió tomar el diámetro ecuatorial y polar de cada uno de los frutos y fueron expresados en milímetros (mm).

### **III.7.9. Número de semillas por fruto (SPF)**

Se tomaron cinco frutos totalmente maduros por cada tratamiento y cada repetición y se procedió a extraer las semillas de cada fruto y realizar el conteo de cada muestra, obteniendo el promedio por tratamiento.

### **III.7.10. Rendimiento de fruto por hectárea (RFH)**

Este dato se obtuvo con el número por frutos por planta, considerando 10 cortes utilizando la fórmula:

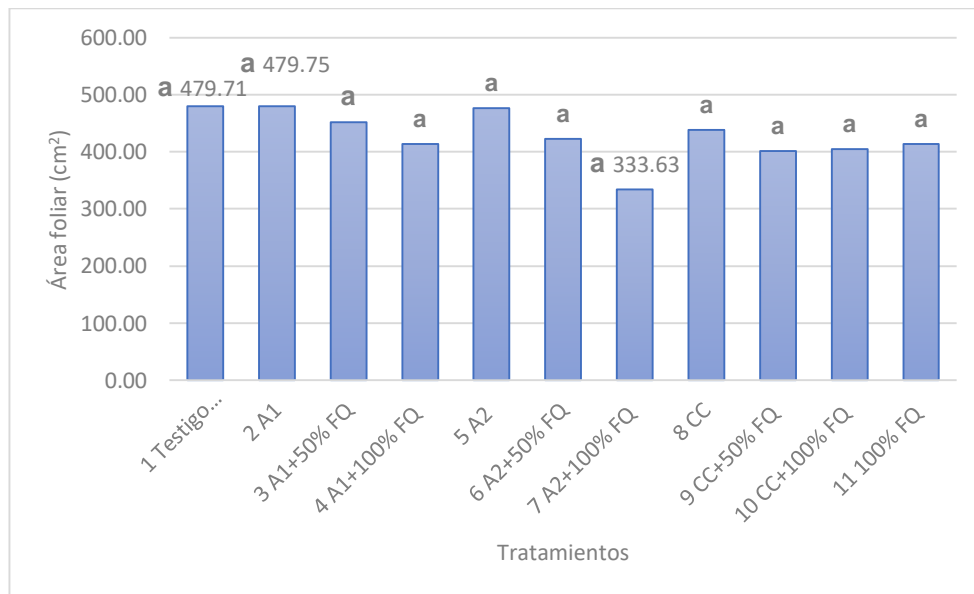
$$R=NFP*PPF*10 \text{ cortes} * DP$$

Dónde: NFP= número de frutos por planta, PPF= peso promedio de frutos, y DP= densidad de población.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### IV.1. Área Foliar (AF)

Los tratamientos aplicados no indujeron cambios significativamente diferentes en el AF del cultivo de Goldenberry, ya que el tratamiento 2, que presentó el mayor valor con 479.75 cm<sup>2</sup> y superó en 43.78% al tratamiento 7, que presentó la menor AF con 333.63 cm<sup>2</sup>, fueron significativamente iguales (Figura 2). En el presente caso el factor nutricional no fue factor limitante en el desarrollo del área foliar y por lo tanto ésta variable no podría explicar el rendimiento agronómico observado, aunque se indica que en algunas localidades donde las condiciones ambientales son favorables para la fotosíntesis, la cantidad de superficie fotosintética producida y su eficiencia en la captura de luz son los responsables de las variaciones en el rendimiento agronómico (Cannell *et al.* 1997; Linder *et al.* 1985).

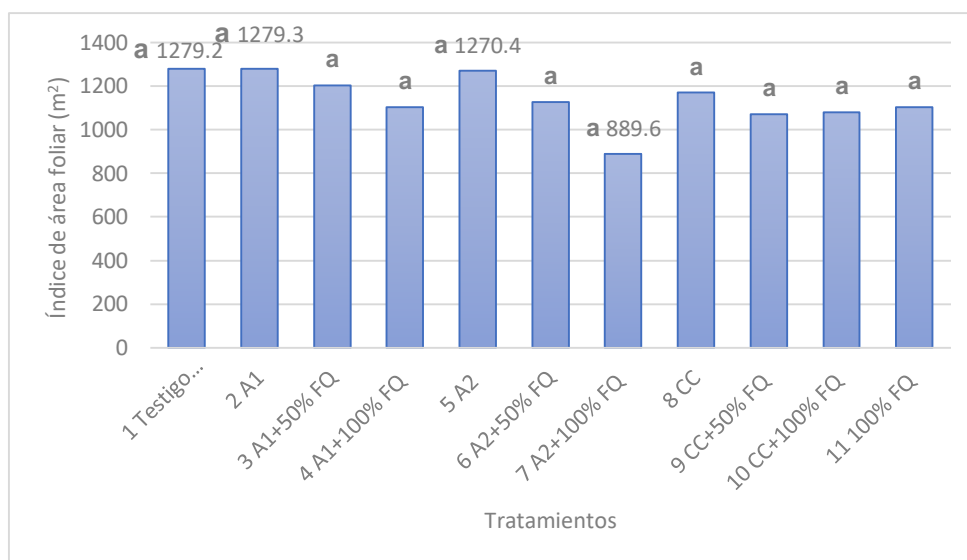


Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P≤0.05).

Figura 2. Área foliar promedio en el cultivo de *Physalis peruviana* L., en respuesta a la aplicación de tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias.

## IV.2. Índice de Área Foliar (IAF)

El análisis de varianza no muestra diferencias significativas entre tratamientos para la variable IAF, lo cual indica que los tratamientos aplicados no afectaron a la variable IAF. El tratamiento con el valor más alto fue el testigo y exhibió un valor de 1729.2 m<sup>2</sup> mientras que el valor más bajo lo presentó el tratamiento 7 con un valor de 889.6 m<sup>2</sup>, el cual se muestra en la Figura 3. La uchuva por su crecimiento vigoroso y expansión rápida sobre el suelo, sirve de cobertura para proteger al suelo de la erosión (Mazumdar, 1979), aunque éste índice no fue afectado por los tratamientos de nutrición estudiados.



Barras con la misma letra son significativamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

**Figura 3.** Índice de área foliar promedio en el cultivo de *Physalis peruviana* L., en respuesta a la aplicación de tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias.

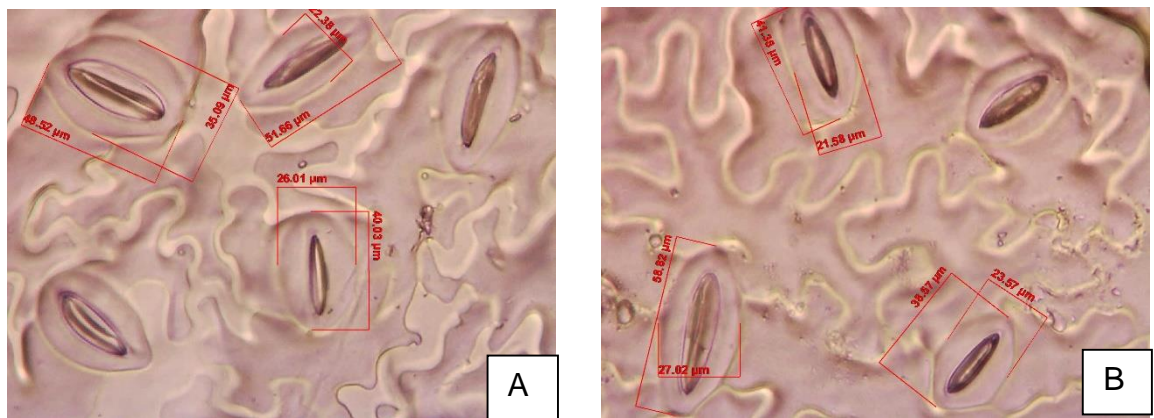
## IV.3. Densidad Estomática (DEH y DEE)

El ANVA aplicado a la variable DEH no mostro diferencias significativas, sin embargo, el aplicado a la DEE si exhibió diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos, indicando que al menos un tratamiento indujo respuestas significativamente diferentes al resto. La mayor DEH la presentó el tratamiento 2

mientras que la DEH más baja la presentó el tratamiento 4, estos valores tuvieron un rango de 49.66 a 14.91 estomas  $\text{mm}^{-2}$ , sin mostrar diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 5). Sin embargo, como ya se indicó en la DEE si se encontraron diferencias significativas y fue el tratamiento 8 el que presentó la mayor DEE con un valor de 228.59 estomas  $\text{mm}^{-2}$ , y el tratamiento testigo fue el que mostró el valor más bajo, con 159.02 estomas  $\text{mm}^{-2}$ , superando el tratamiento 8 al testigo en 43.74% (Figura 4 y Cuadro 5). Esta variable es muy importante porque está estrechamente relacionada con el intercambio gaseoso, responsable por un lado de la entrada de  $\text{CO}_2$  para la fotosíntesis y por otro, con la regulación de la temperatura y para evitar que la planta modifique procesos metabólicos que pudiesen llevarla a modificar su comportamiento. La densidad estomática adaxial observada en este trabajo coincide con lo reportado por Esaú (1972), quien señala que en las angiospermas es posible observar valores de 100 a 300 estomas por milímetro cuadrado, aunque los valores establecidos para el envés de las hojas de las plantas  $\text{C}_3$  es de 40 a 300 estomas por milímetro cuadrado según Leegod, (1993). Por lo tanto, el testigo con la menor densidad estomática es el de menor capacidad de transpiración, probablemente por la menor exploración radicular debido a la nutrición más pobre de este tratamiento, como se indica, que es conocido que la disminución de la DE incrementa la resistencia estomática y evita el exceso de transpiración (Rubino et al., 1989; Takur, 1990).

De todos los órganos de la planta, la hoja es el más sensible en responder a las condiciones del ambiente razón por la cual refleja alteraciones morfológicas como consecuencia de los efectos del estrés, al producir cambios en la síntesis de proteínas, pared celular, espesor de la cutícula y conductancia estomática (Trewavas, 2003). Por otro lado, se considera que los estomas desempeñan un papel vital en el mantenimiento del homeostasis de la planta y de ahí la importancia de conocer tanto el número como la forma en que estos poros abren y cierran como también los factores que controlan estos procesos (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 1996).

Los resultados encontrados en este trabajo muestran que la nutrición mediante la aplicación de rizobacterias, química o combinación de ambas si pueden afectar la densidad estomática, aunque es probable que no solo esté relacionada la nutrición, ya que hay microorganismos que tienen la capacidad de sintetizar o inducir la síntesis de compuestos que actúan como reguladores vegetales, induciendo fuertes cambios a nivel celular.



**Figura 4.** Densidad estomática del envés de los tratamientos dos (A) y cuatro (B) bajo un objetivo 40X en microscopio en el cultivo de *Physalis peruviana* L

#### IV.4. Índice Estomático del Haz y del Envés (IEH y IEE)

Dado que el número de estomas por unidad de área es altamente fluctuante entre especies, o dentro de la misma especie en función de la posición de la hoja, edad de la hoja, o bien por efecto de factores de tipo físico, por lo tanto, es más adecuado estudiar el índice estomático, el cual considera una variable igualmente afectada por los factores antes citados, proporcionando una estimación más confiable, respecto al efecto de tratamientos bajo investigación. Por lo tanto, el índice estomático considera el número de células estomáticas entre el número de células estomáticas más células no estomáticas encontradas en un campo microscópico estudiado.



En el presente trabajo de investigación se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos en las variables IEH e IEE, indicando que la aplicación de los tratamientos si afectaron al índice estomático. El tratamiento 2 fue el que presentó el mayor índice estomático adaxial con un valor de 16.99, éste valor fue estadísticamente superior al tratamiento 6 que presentó el valor más bajo (9.56), este comportamiento probablemente es resultado de adaptaciones de la planta a probables condiciones de estrés por un menor desarrollo radicular como consecuencia de una nutrición más pobre (Cuadro 5).

En el caso del índice estomático abaxial (IEE) se encontró que el tratamiento 10 fue el que presentó el valor más alto (47.69%), valor significativamente igual al resto de tratamientos, excepto al valor mostrado por el tratamiento testigo (31.34%). Estos resultados indican que en la superficie del envés hay más densidad de estomas que en la superficie adaxial por lo tanto el Goldenberry, es una planta hipoestomática. Sánchez-Díaz y Aguirreolea (1996) indican que en algunas plantas las estomas tienden a ser más frecuentes en la superficie abaxial (envés) de las hojas, en otras solo en la superficie del has y en otras, en ambas superficies. Tanto como la DE y el IE pueden estar influenciados por las condiciones ambientales y nutricionales (Esau, 1972; Wilkinson, 1979; RoTH *et al.*, 1986); Verdugo *et al.* (1999) afirmo que las hojas con mayor IE presentan los mayores valores de DE. No obstante, Kürschner *et al.* (1998) y Salas *et al.* (2001) mencionan que el IE es una variable que es afectada por condiciones estresantes, tanto ambientales como nutricionales.

**Cuadro 5.** Densidad estomática e índice estomático de superficies foliares de Goldenberry (*Physalis peruviana*), en respuesta a la aplicación de tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias.

TRATAMIENTOS		DEH	DEE	IEH	IEE
		Estomas/mm <sup>2</sup>	Estomas/mm <sup>2</sup>	%	%
1	Testigo absoluto	29.82a*	159.02b	10.28ab	31.34b
2	A1	49.66 <sup>a</sup>	182.21ab	16.99a	42.06 <sup>a</sup>
3	A1+50% FQ	33.13 <sup>a</sup>	202.09ab	10.85ab	45.10 <sup>a</sup>
4	A1+100% FQ	14.91 <sup>a</sup>	172.27ab	5.05b	40.93 <sup>a</sup>
5	A2	33.13 <sup>a</sup>	205.40ab	10.78ab	44.18 <sup>a</sup>
6	A2+50% FQ	29.81 <sup>a</sup>	192.15ab	9.56ab	40.57 <sup>a</sup>
7	A2+100% FQ	26.51 <sup>a</sup>	215.34ab	9.08ab	45.79 <sup>a</sup>
8	CC	33.13 <sup>a</sup>	228.59a	10.90ab	45.90a
9	CC+50% FQ	26.51a	195.46ab	10.06ab	44.13 <sup>a</sup>
10	CC+100% FQ	39.75a	205.40ab	14.29ab	47.69 <sup>a</sup>
11	100% FQ	24.84 <sup>a</sup>	202.08ab	8.89ab	44.84 <sup>a</sup>
	DMS	35.85	58.33	11.82	8.21

DMS= Diferencia Mínima Significativa, DEH= Densidad estomático de haz, DEE= Densidad estomática del envés, IEH= índice estomático del haz; IEE= índice estomático del envés. \*Columnas con la misma letra son significativamente iguales (Tukey P≤0.05).

#### IV.5. Largo y Ancho de Estomas del Haz y del Envés (LEH, AEH, LEE y AEE)

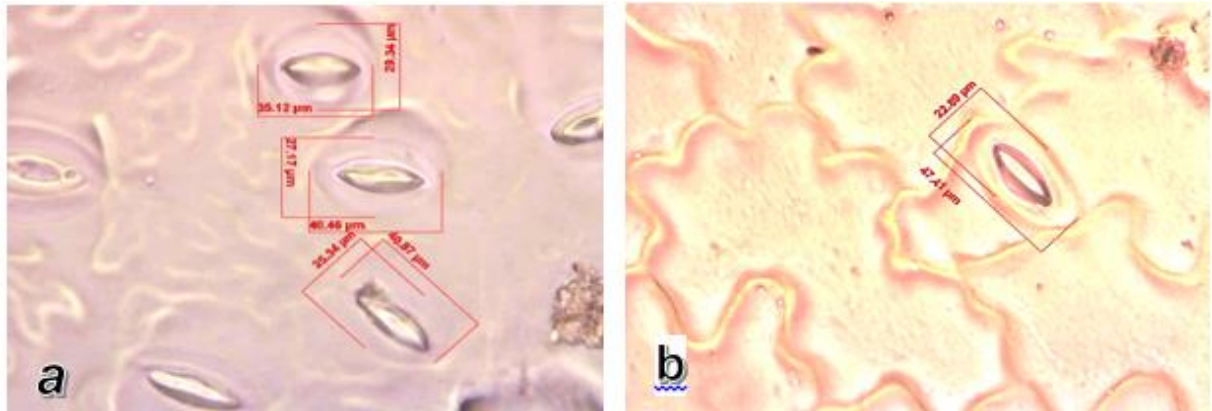
En las variables LEH, AEH, LEE y AEE no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Aunque en la LEH se observó un rango de 15.93 µm a 37.35 µm, mientras que el rango en el AEH fue de 7.11 µm a 18.74 µm. El rango observado en LEE fue de 40.79 a 47.23 y para AEE fue de 24.91 a 28.56. Los datos del Cuadro 6 muestran que las estomas abaxiales fueron 53.9 más largos que los estomas adaxiales y las estomas abaxiales fueron 89.5% más anchos que las estomas adaxiales (Cuadro 6 y Figura 5). Lo que influye con la eficiencia fisiológica de las hojas para asimilar CO<sub>2</sub> y transformarlo en asimilados que se transportan a

los sitios de demanda, lo que confiere mayor eficiencia productiva a las plantas. Además de la eficiencia en el uso del agua y la tolerancia de las plantas al estrés por salinidad (Salas et al. 2001), al respecto Naizaque *et al.* (2014) señalan que a medida que aumenta el número de estomas y la temperatura en las hojas, se incrementa la tasa de transpiración, lo que impacta en la absorción y transporte nutrimental. Las plantas ajustan y actualizan su anatomía, fisiología y metabolismo de acuerdo a las modificaciones que sufren y las condiciones del medio ambiente, que ejerce presión en un momento determinado, cambiando sus ritmos de funcionamiento, afectando su crecimiento y desarrollo (Hernando *et al.* 2017).

**Cuadro 6.** Largo y ancho promedios de los estomas del haz y el envés de la superficie foliar de Goldenberry (*Physalis peruviana*).

TRATAMIENTOS		LEH µm	AEH µm	LEE µm	AEE µm
1	Testigo absoluto	28.15	14.80	46.63	28.53
2	A1	<b>37.35</b>	<b>18.74</b>	45.40	<b>28.56</b>
3	A1+50% FQ	30.09	14.64	44.08	26.61
4	A1+100% FQ	<b>15.93</b>	<b>7.11</b>	<b>47.23</b>	27.83
5	A2	29.53	16.08	45.13	28.28
6	A2+50% FQ	28.00	14.96	44.96	28.09
7	A2+100% FQ	25.24	12.11	41.58	25.49
8	CC	35.75	17.37	43.60	26.18
9	CC+50% FQ	31.28	14.36	46.58	27.34
10	CC+100% FQ	29.49	13.76	<b>40.79</b>	<b>24.91</b>
11	100% FQ	29.11	13.30	46.37	26.07
	DMS	35.98	18.33	8.19	5.71

DMS= Diferencia mínima significativa, LEH= Longitud de estomas del haz, AEH= ancho de estomas del haz; LEE= longitud de estomas del envés, AEE= ancho de estomas del envés.

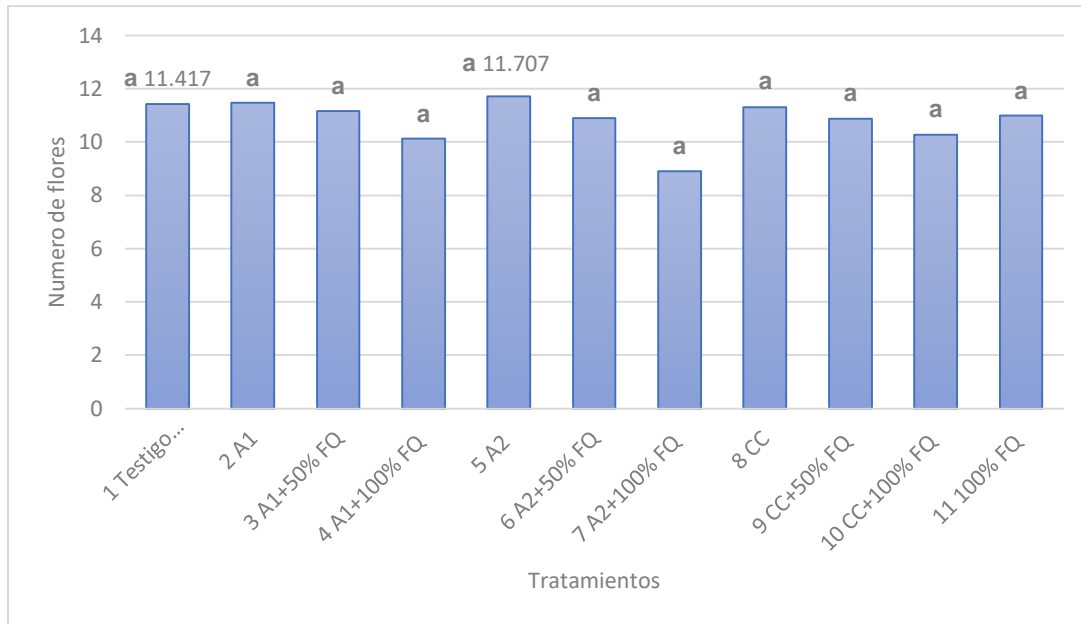


**Figura 5.** Largo y ancho de estomas del envés (a) y del haz (b) observados en microscopio con un objetivo de 40X en el cultivo de *Physalis peruviana* L.

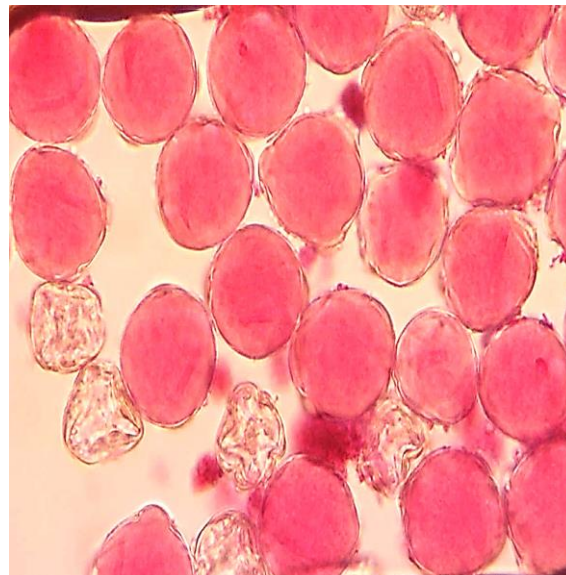
#### IV.6. Número de Flores (NF)

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la variable NF, por lo tanto, se puede indicar que ésta no fue afectada por los tratamientos bajo estudio. Aunque se puede indicar que el rango fue de 8.89 observado en el tratamiento 7 a 11.707 observado en el tratamiento 5. Se puede indicar que los tratamientos no modificaron la morfogénesis de la planta.

En las flores estudiadas se determinó la viabilidad de polen, encontrando que el cultivo de *Physalis peruviana* L. tuvo un 84.2 % de viabilidad. Resulta importante estudiar las características de los estomas y viabilidad de polen que están relacionados con el rendimiento y calidad de fruto. Los mecanismos de polinización y fecundación tienen una relación decisiva sobre los procesos de fitomejoramiento y producción de cultivos (Frankel y Galun, 1977), las causas no genéticas que afectan negativamente al polen incluyen la temperatura, la humedad, la fertilidad del suelo, las enfermedades, las plagas y la edad (Delph et al., 1997; Caetano et al., 2003).



**Figura 6.** Valores medios para la variable número de flores en el cultivo de *Physalis peruviana* L., en respuesta a la aplicación dosis de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).



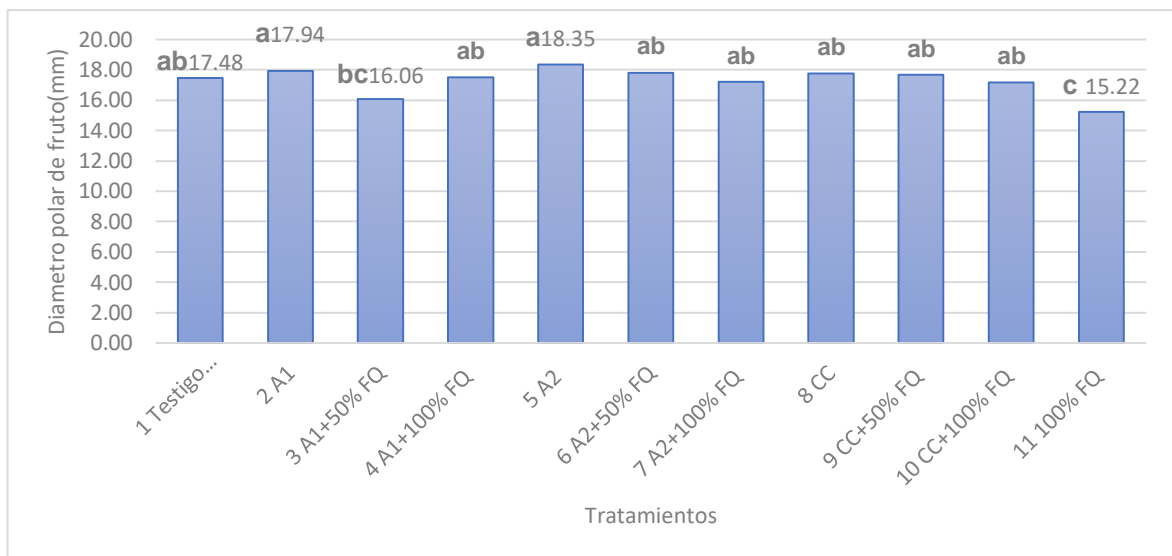
**Figura 7.** Viabilidad de polen en microscopio bajo un objetivo de 40X en el cultivo de *Physalis peruviana* L., polen viable teñido de rojo y polen no viable no teñido.

#### IV.7. Diámetro Polar y Ecuatorial de Fruto (DPF y DEF)

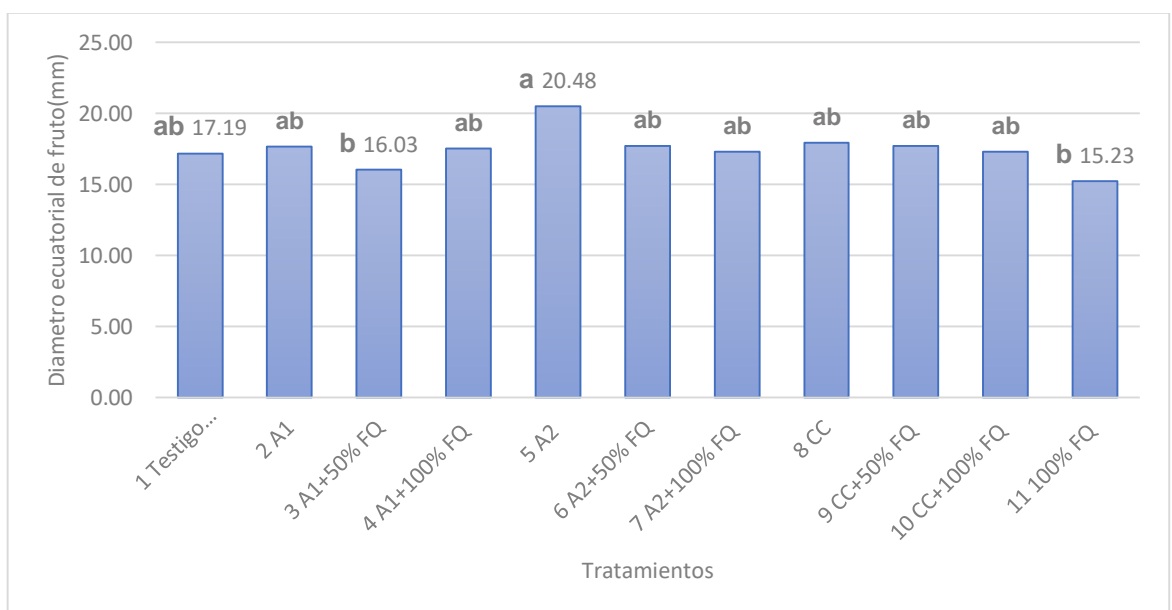
El ANVA realizado a las variables DPF y DEF exhibió diferencias significativas entre tratamientos, indicando que por lo menos un tratamiento si afecto el tamaño de fruto. En el DPF los tratamientos 5 y 2 presentaron los mayores valores con 18.35 y 17.94 mm respectivamente, fueron iguales significativamente, pero significativamente diferentes de los tratamientos 3 y 11, que fueron los que presentaron los menores valores con 16.05 y 15.22 respectivamente. Tanto el tratamiento 2 como el 5 consistieron en la aplicación de rizobacterias, mientras que el tratamiento 11, fue el que solo recibió nutrición química (Figura 8). Lo anterior confirma que el uso de la cepa A2 de rizobacterias contribuyó a tener un DPF, 20.56% mayor que el obtenido con la aplicación de fertilización química, en el cultivo de goldenberry. El mayor diámetro puede ser el resultado de las aportaciones de nitrógeno por parte de las rizobacterias, pero probablemente también hay la síntesis de algunos reguladores vegetales que contribuyeron a mejorar el tamaño de fruto de Golden Berry.

En DEF el tratamiento 5 presento el mayor valor con 20.48 mm y fue significativamente superior al tratamiento 3 y 11. El tratamiento 5 consistió en la aplicación de la cepa A2 de rizobacterias, mientras que el 11 fue el que solo recibió fertilización química. El tratamiento 5 supero en 34.56% al tratamiento con fertilización química, manifestando las bondades de la aplicación de ésta cepa para lograr mayores tamaños de fruto como se muestra en la Figura 9.

Los valores aproximados entre el diámetro transversal y el diámetro longitudinal confirman que estos presentan una forma esférica (Villamizar *et al.*, 1993). El diámetro ecuatorial o transversal alcanzado en la madurez fisiológica está entre 17 y 19,9 mm, lo cual se encuentra dentro del rango de aceptación según la norma Icontec NTC 4580, los cuales se han establecido entre 15 y 22 mm (Herrera, 2000; López *et al.*, 2002).



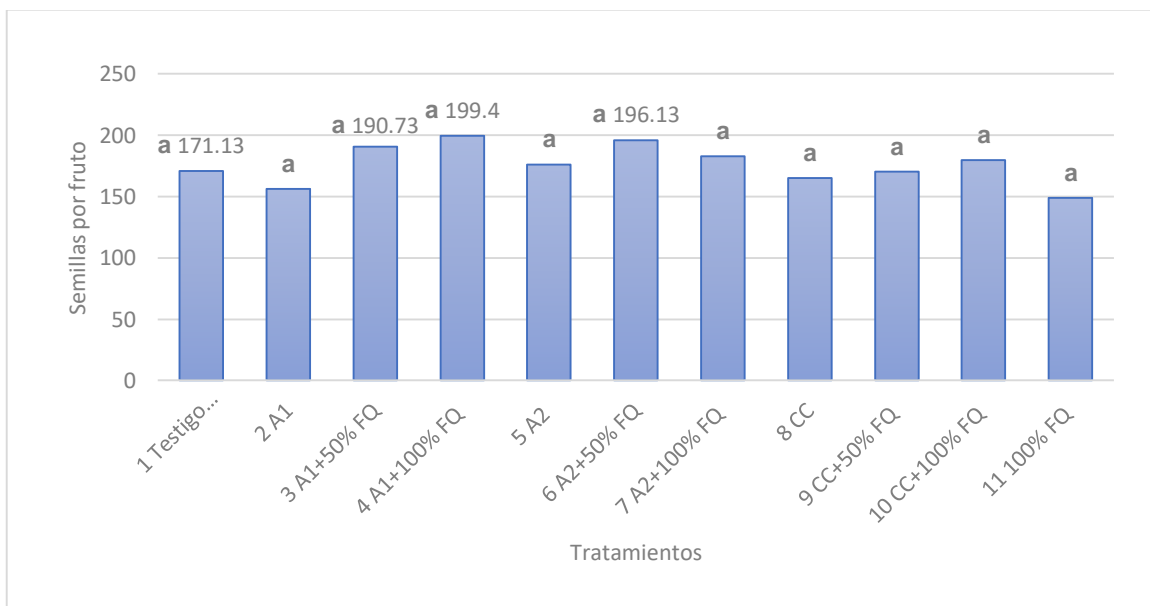
**Figura 8.** Diámetro polar de fruto de *Physalis peruviana* L., en respuesta a la aplicación de tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).



**Figura 9.** Diámetro ecuatorial de fruto de *Physalis peruviana* L., en respuesta a la aplicación de tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

#### IV.9. Número de Semillas por Fruto (NSPF)

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en el NSPF, el tratamiento con el mayor número fue el 4 con 199.4, mientras que el que tuvo el menor número fue el tratamiento 11 con 148.8, superado el tratamiento 4 al tratamiento 11 en 34% (Figura 10). El número de semillas por fruto es importante para lograr frutos de calidad, porque al momento de la fecundación existe liberación de giberelinas, induciendo frutos más grandes, coincidiendo con lo observado en éste trabajo, ya que el tratamiento que tuvo el menor diámetro polar y ecuatorial de fruto también fue el tratamiento 11. Fisher (1995) indica que los frutos de Golden Berry llegan a tener entre 150 y 300 semillas.

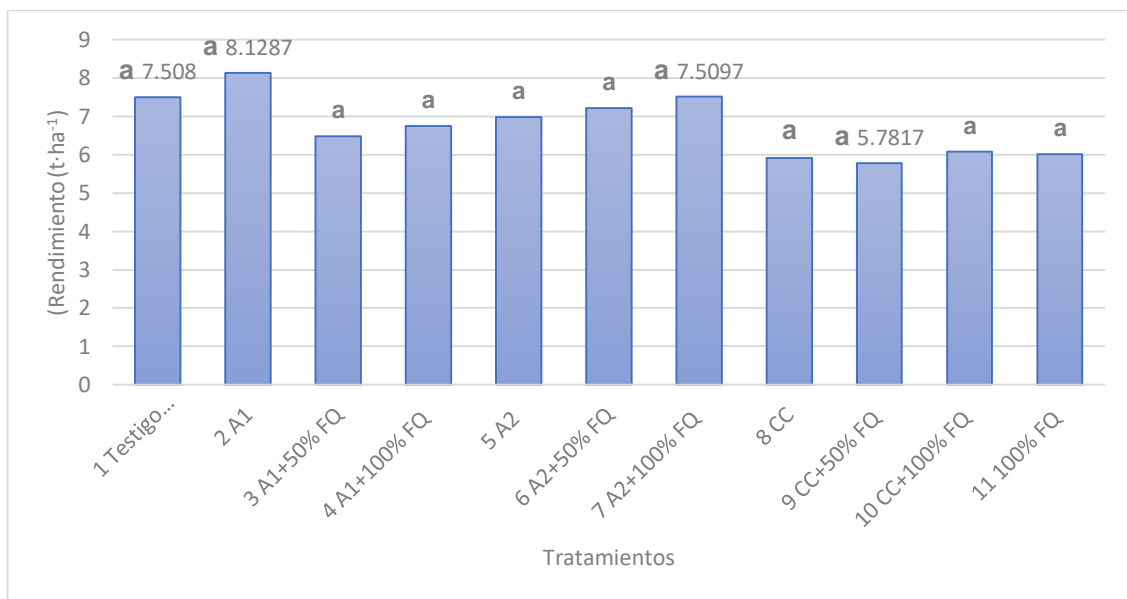


**Figura 10.** Número de semillas por fruto en el cultivo de *Physalis peruviana* L., con tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).



#### IV.10. Rendimiento de Fruto por Hectárea (RFH)

Aunque el tratamiento 2 fue el que presentó el mayor RFH y superó en 40.6% al tratamiento 9 (5.78t· ha<sup>-1</sup>) que fue el que presentó el menor RFH. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Dado que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 11), se puede indicar que es posible sustituir el uso de fertilizantes químicos por el uso de rizobacterias, teniendo en cuenta que el uso de rizobacterias es más económico y no contribuye al deterioro del suelo. Vassilev *et al.*, (2001), consideran que un inoculante biológico es una preparación de microorganismos que puede sustituir parcial o totalmente la fertilización química para este cultivo.



**Figura 11.** Rendimiento promedio de fruto en el cultivo de *Physalis peruviana L.*, en respuesta a la aplicación de tratamientos de fertilización química en combinación con cepas de rizobacterias. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

## V. CONCLUSIONES

El uso de rizobacterias como biofertilizante influyo favorablemente en la calidad de frutos de *Physalis peruviana L.*, logrando frutos de mayor tamaño, en comparación con la nutrición química.

El tratamiento testigo mostro el menor índice estomático abaxial en comparación con los tratamientos de nutrición estudiados, indicando que la nutrición si favorece una mayor calidad de estomas por superficie foliar abaxial.

La aplicación de las rizobacterias puede contribuir a mejores rendimientos y sustituir total o parcialmente la aplicación de fertilizantes químicos, en el cultivo de Golden Berry.

La producción de Golden Berry en invernadero debe de producirse por periodos superiores a 8 meses para lograr rendimientos satisfactorios.

## VI. LITERATURA CITADA

- Acres**, 1998. Uvilla. Alternativa de exportación para la sierra ecuatoriana. Ed. FOJET. Quito. Pág. 1-20.
- Almanza**, P.J. 2000. Propagación. En: Flórez, V.J.; Fischer, G.; Sora, A.D. (Ed.). Producción, Poscosecha Y Exportación De La Uchuva (*Physalis Peruviana* L.). Bogotá: Universidad Nacional De Colombia. Pp.27-40.
- Almanza-Merchán**, P.J.; Fischer, G. 2012. Fisiología Del Cultivo De La Uchuva (*Physalis Peruviana* L.). Pp. 32-52. In: Reuniao Técnica Da Cultura Da Physalis, Lages. Anais. Lages: Udesc, 128 P.
- Altamirano**, M. 2010. Estudio De La Cadena Productiva De Uvilla (*Physalis Peruviana* L.) En La Sierra Norte Del Ecuador. 96 F. Trabajo (Grado) - Universidad San Francisco De Quito, Colegio De Agricultura, Alimentos Y Nutrición, Quito,
- Angulo**, R. 2011. Uchuva *Physalis Peruviana*. Bogotá: Bayer Cropscience, 60 p.
- Angulo**, R. 2005. Uchuva: El Cultivo. Bogotá: Universidad De Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 78 p.
- Barea**, J.M., M.J. Pozo, R. Azcón y C. Azcón Aguilar. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*. 56(417): 1761-1778.
- Beltrán**, A. P. 2009. Producción y exportación de uvilla (*Physalis Peruviana* L.) al mercado de Alemania. Msc. Thesis, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito (Ecuador).
- Benavides**, P. 2008. Estudio del comportamiento pos cosecha de la uvilla (*Physalis Peruviana* L) sin capuchón. Tesis De Ingeniería Agroindustrial. Universidad Técnica Del Norte. Ibarra- Ecuador.
- Bonilla** Mh., Arias Pa., Landínez Ml., Moreno Jm., Cardozo F., Suárez Ms. 2009. Agenda Prospectiva de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Cadena Productiva de la Uchuva en Fresco para Exportación en Colombia. Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural, Bogotá, Colombia.

- Brito**, D. 2002. Producción de uvilla de exportación. Federación Ecuatoriana de Tecnología Apropriada (FEDETA).
- Caetano**, C.M.; G. Coppens; N.M. Stenzel; C.A. Olaya; J.A. Arroyave; J.A. Campo; D.G.C. Nunes; B.R.C. Nunes y J. Vega. 2003. Estimativa da viabilidade polínica em quatro subgéneros de *Passiflora*: eficiencia de diferentes métodos. *Arquivos da Apadec* 7(Supl.), 26-27.
- Cannell**, M.G.R.; Milne, R.; Sheppard, L.J.; Unsworth, M.H. 1997. Radiation interception and productivity of willow. *J. Appl. Ecol.* 24: 261-278.
- Cardoso** M.B., Kaltchuk-Santos E., Mundstock E.C. y Bodanese Zanettini M.H. 2004. Initial segmentation patterns of microspores and pollen viability in soybean cultured anthers: indication of chromosome doubling. *Brazilian Archives of Biology and Technology.* 47:703-712.
- Chautá** A., Campbell SA., Bonilla MA., Thaler JS., Poveda K. 2012. Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. *Basic and Applied Ecology.* 13: 524-532.
- Criollo** E., H.; Ibarra C., V. 1992. Germinación de la uvilla (*Physalis Peruviana* L.) bajo diferentes grados de madurez y tiempo de almacenamiento. *Acta Hort.* 310: 183-187.
- D'arcy** Wg. 1991. The Solanaceae since 1976, with a review of its biogeography. En Hawkes, J.G.; Lester, R.N.; Nee, M.; Estrada, N. (Eds.), *Solanaceae lii: Taxonomy, Chemistry, Evolution.* The Royal Botanic Gardens Kew, Surrey, Reino Unido. Pp. 75-137.
- Delph**, L.F.; M.H. Johannsson y A.G. Stephenson. 1997. How environmental factors affect pollen performance: ecological and evolutionary perspectives. *Ecology* 78(6), 1623-1639.
- Dobbelaere**, S., J. Vanderleyden y Y. Okon. 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22(2):107-149.
- Esau**, K. 1972. *Anatomía Vegetal.* Editorial Omega. Barcelona.

- Forero** de La-Rotta M.C., Quevedo K. 2005. Marchitamiento vascular en uchuva (*Physalis peruviana* L.), ocasionado por el hongo *Fusarium oxysporum*. En: Memorias del XXVI Congreso Anual de Ascolfi. Bogotá.
- Flórez**, V. Fisher, G. Y Sora, A. 2000. Producción, poscosecha y exportación de la Uchuva (*Physalis Peruviana* L.). Universidad Nacional De Colombia, Facultad De Agronomía. ISBN: 958-8051-74-6.
- Fischer**, G. 1995. Effect of root zone temperature and tropical altitude on the growth, development and fruit quality of cape gooseberry (*Physalis Peruviana* L.). Tesis (Doctorado)V- Humboldt-Universität Zu Berlin, Berlin.
- Fischer**, G.; Lüdders, P.; Torres Carvajal, F. 1997. Influencia de la separación del cáliz de la Uchuva (*Physalis Peruviana* L.) sobre el desarrollo del fruto. Revista Comalfi, Bogotá. 24(1-2): 3-16.
- Fischer**, G. 2000. Crecimiento y desarrollo. In: Flórez, V.J.; Fischer, H.; Sora, A.D. (Ed.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis Peruviana* L.). Bogotá: Universidad Nacional De Colombia. Pp.9-26.
- Fischer**, G. Flórez, V. Y Sora, A. 2000. Producción, poscosecha y exportación de la Uchuva. Universidad Nacional De Colombia. Facultad De Agronomía. Sede Bogotá.
- Fischer**, G.; Herrera, A.; Almanza, P.J. 2011. Cape gooseberry (*Physalis Peruviana* L.) In: Yahia, E.M. (Ed.). Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Acai To Citrus. Cambridge: Woodhead Publishing. 2: 374-396.
- Fisher**, G., Piedrahita, W. Y Romero, J. 2005. Avances del cultivo, poscosecha y exportación de aa uchuva (*Physalis Peruviana* L.) en Colombia. Universidad Nacional De Colombia, ISBN: 958-701- 603-3.
- Fischer**, G.; Miranda, D. 2012. Uchuva (*Physalis Peruviana* L.). In: Fischer, G. (Ed.). Manual para el cultivo de frutales en el Trópico. Bogotá: Produmedios, Pp.851-873.

- Fischer** G., M. Sora. 2000. Producción, poscosecha y exportación de la Uchuva (*Physalis Peruviana* L.) Santa Fe De Bogotá: Universidad Nacional De Colombia, Unibiblos. Pp. 41-49.
- Fisher**, G. Y Martínez, O. 1999. Calidad y madurez de la Uchuva (*Physalis Peruviana* L.) en relación con la coloración de la fruta. Revista Agronomía Colombiana 16(1-3):35-39.
- Fischer**, G.; Melgarejo, L.M. 2013. Ecofisiología de la Uchuva (*Physalis Peruviana* L.). In: Duarte, A.; Villalobos, R.; Moreno, D.A.; Gil, Á.; Ferreres, F.; García, C.; Heinzen, H.; Cesio, V.; Pássaro, C.; Osorio, J.; Londoño, J. (Ed.). *Physalis Peruviana: Fruta andina para el mundo: Cultivo, recurso genético, agroindustria, normativa y mercado*. Madrid: Editorial Académica Española.
- Frankel**, R. y E. Galun. 1977. Pollination mechanisms, reproduction and plant breeding. Springer-Verlag, New York. 281 p.
- Galindo**, J.R.; Pardo L.M. 2010. Uchuva (*Physalis Peruviana* L.): Producción y manejo poscosecha. Bogotá: Corredor Tecnológico Agroindustrial, Cámara De Comercio. 116 P.
- Galvis**, J.A.; Fischer, G.; Gordillo, O.P. 2005. Cosecha y poscosecha de la Uchuva. In: Fischer, G.; Miranda, D.; Piedrahíta, W.; Romero, J. (Ed.). Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la Uchuva (*Physalis Peruviana* L.) en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional De Colombia. Pp.165-190.
- Gastelum**, D. 2012. Demanda nutrimental y manejo agronómico de *Physalis peruvianum* L. Tesis (Maestría en Ciencias). C.P. Institución De Enseñanza E Investigación En Ciencias Agrícolas, Texcoco. 74 p.
- Góngora** A.C., Rojas P. 2006. Enfermedades en uchuva (*Physalis peruviana* L.), por estado fenológico y estratos de las plantas, en el Departamento de Cundinamarca (Tesis). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias.
- Gupta**, S.K.; Roy, S.K. 1981. The floral biology of Cape Gooseberry (*Physalis Peruviana* Linn; Solanaceae, India). Indian Journal of Agricultural Science, New Delhi, 51(5):353-355,

- Gutiérrez, T., Hoyos, O. Y Páez, M.** 2007. Determinación del contenido de ácido ascórbico en Uchuva (*Physalis Peruviana L.*), por cromatografía líquida de alta resolución (Clar). Facultad De Ciencias Agropecuarias 5 (15): 70-79.
- Heinze, W.;** Midash, M. Photoperiodische Reaktion Von 1991. *Physalis peruviana L.* Gartenbauwissenschaft Stuttgart. 56(6): 262-264.
- Hernando CE, Romanowski A, Marcelo J, Yanovsky** (2017) Transcriptional and post-transcriptional control of the plant circadian gene regulatory network. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Gene Regulatory Mechanisms* 1860: 84-94
- Herrera, A.** Manejo Poscosecha En: Flórez, V.J.; Fischer, G.; Sora, A.D. 2000. Producción, poscosecha y exportación de la Uchuva (*Physalis peruviana L.*). Bogotá: Universidad Nacional De Colombia. Pp.109-127.
- Herrera, A.M.;** Ortiz, J.D.; Fischer G.; Chacón, M.I. 2011. Behavior in production and quality of 54 Cape Gooseberry (*Physalis peruviana L.*) materials from North-Eastern Colombia. *Agronomía colombiana*, Bogotá. 29(2):189-196.
- Hunziker At.** 1979. South American Solanaceae: A Synoptic Survey, Pp. 49-85. En Hawkes, J.G.; Lester, R.N.; Skelding, A.D. (Eds.), *The Biology and Taxonomy Of The Solanaceae*. The Linnean Society Of London, London, Reino Unido.
- Intagri S.C.** 2016. El índice de área foliar (IAF) y su relación con el rendimiento del cultivo del maíz. Intagri. Guanajuato. México. 3p. Extraído de: <https://www.intagri.com7articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>. 26/02/2020.
- Jerez, C.M.** 2005. Reconocimiento de la entomofauna mayor presente en el cultivo de uchuva (*Physalis peruviana L.*) en el departamento de Cundinamarca y Boyacá. Trabajo (Grado) - Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Klinac, D.J.** 1986. Cape Gooseberry (*Physalis peruviana L.*) Production Systems. *New Zealand Journal Of Crop And Horticultural Science*, Wellington. 14:425-430.

- Kloepper**, J. y Ch. Beauchamp. 1992. A review of issues related to measuring colonization of plant roots by bacteria. *Canadian Journal of Microbiology* 38: 1219-1232.
- Kürschner**, W., I. Stulen, F. Wagner y P. Kuiper. 1998. Comparison of palaeobotanical observations with experimental data on the leaf anatomy of durmast oak [*Quercus petraea* (Fagaceae)] in response to environmental changes. *Annals of Botany* 81: 657-664.
- Lagos** TC., Vallejo F.A., Criollo H., Muñoz JE. 2008. Biología reproductiva de la uchuva. *Acta Agronómica*. 57, 81-88.
- Leegod**, R. 1993. Carbon dioxide concentrating mechanisms. In: P.J. Lea and R.C. Leegod (Eds.) *Plant Biochemistry and Molecular Biology*. Wiley. Chichester, UK Pp. 42-72.
- Ligarreto** G.A., M. Lobo. Y A. Correa. 2005. Recursos genéticos del género *Physalis* en Colombia. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la Uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional De Colombia. Facultad De Agronomía, Pp. 9-53.
- Linder**, S.; McMurtrie, R.E.; Landsberg J.J. 1985. Growth of Eucalyptus: A mathematical model applied to *Eucalyptus globulus*. En: Tigerstedt, P.M.A; Puttonen, P.; Koski, V. (Eds.) *Crop physiology of forest tree*. Helsinki. Dept. Plant Breeding, U. of Helsinki. Pp. 117-126.
- López**, J.; G. Aristizabal; C. Gómez; M. Chaparro; A. Peñuela y J. Rojas. 2002. Caracterización y normalización. En: Flórez, V.; G. Fischer y A. Sora (eds.). *Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.)*. Unibiblos, Bogotá, pp. 147-160.
- López**, F.J.; Guío, N.R.; Fischer, G.; Miranda, D. 2008. Propagación de la Uchuva (*Physalis Peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes en distintos substratos. *Revista Facultad Nacional De Agronomía, Medellín*. 61(1):4347-4357.
- Lucy**, M., E. Reed y Bernard R. Glick. 2004. Applications of free living growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*. 86(1): 1-25.



- Mazumdar** BC. Cape-gooseberry-The jamfruit of India. *World Crops* 1979; 31(1):19-23.
- Medina**, M. 1991. El cultivo de la Uchuva tipo exportación. *Revista Agricultura Tropical*. Palmira. 28(2): 55-58.
- Menzel** My. 1951. The cytotaxonomy and genetics of *Physalis*. *Proceedings Of The American Phylosophical Society*. 95:132-183.
- Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural** (Madr). 2002. Uchuva. Perfil de producto No. 13. Sistema ee inteligencia de mercados. Corporación Colombia Internacional. Bogotá, Colombia. 12 p.
- Miranda**, D. 2005. Criterios para el establecimiento, los sistemas de cultivo, el tutorado y la poda de la Uchuva. In: Fischer, G.; Miranda, D.; Piedrahíta, W.; Romero, J. (Ed.). *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la Uchuva (Physalis Peruviana L.) en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional De Colombia, Pp.29-54.
- Morton** F., J. 1987. Cape Gooseberry, Pp. 430-434. In: *Fruits Of Warm Climates*. Morton F., J. (Edit). University Of Miami. Media Incorporated. Miami, Fl.
- Naizaque** J, García G, Fischer G, Melgarejo LM (2014) Relación entre la densidad estomática, la transpiración y las condiciones ambientales en feijoa (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret). *Revista UDCA Actividad & Divulgacion Cientica* 17: 115-121.
- Nrc** - National Research Council. 1989. Goldenberry (Cape Gooseberry). Washington: National Academy Press, P.241-251.
- Patiño**, V. M. 1963. *Plantas cultivadas y animales domésticos en América Equinoccial*. Cali: Imprenta Departamental, 547 P.
- Patiño** S.D.I., V. E. L García., A.E. Barrera., R.O. Quejada. 2014. Manuel técnico de uchuva bajo buenas prácticas agrícolas. Pp. 11-16.
- Pérez** E. 1996. *Plantas Útiles De Colombia*. 5<sup>th</sup> Ed. Cauca: Cargraphics, Pp.707-708.
- Plaza**, G.A.; Pedraza, M. 2007. Reconocimiento y caracterización ecológica de la flora arvense asociada al cultivo de Uchuva. *Agronomía Colombiana*, Bogotá. 25(1):306-313.

- Pratt Rc.**, Francis Dm., Barrero Ls. 2008. Genomics of Tropical Solanaceous Crop Species: Established And Emerging Species. En Moore, P.H.; Ming, R. (Eds.), Genomics Of Tropical Crop Plants, Springer, New York, Usa. Pp. 453-467.
- Puente La.**, Pinto Ca., Castro Es., Cortés M. 2010. Physalis Peruviana Linnaeus, The Multiple Properties Of A Highly Functional Fruit: A Review. Food Research International. 44:1733-1740.
- Puente**, L.A.; Pinto-Muñoz, S.A.; Castro, E.S.; Cortés, M. *Physalis Peruviana* Linnaeus. 2011. The multiple properties of a highly functional fruit: A Review. Food Research International, Essex. 44:1733-1740.
- Quevedo K.** 2006. Reconocimiento de las principales enfermedades ocasionadas por hongos en el cultivo de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en las zonas de Cundinamarca y Boyacá. Tesis. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.
- Ramadan Mf.** 2011. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana*): An Overview, Food Research International. 44:1830-1836.
- Rehm, S.;** Espig, G. 1991. The cultivated plants of the tropics and subtropics. Weihersheim: Verlag Margraf,
- Rivieros**, J.A. 2008. Evaluación de microorganismos con potencial en biofertilización para un cultivo de Uchuva (*Physalis peruviana* L.) en etapas de semillero y vivero. Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional De Colombia. Facultad De Agronomía. Pp. 11 – 12.
- Rodríguez**, N.C.; Bueno, M.L. 2006. Estudio de la diversidad citogenética de *Physalis peruviana* L. (Solanaceae). Acta Biológica Colombiana, Bogotá. 11 (2):75-85.
- Romero**, C. R. 1961. Frutos Silvestres De Colombia. 2<sup>nd</sup> Ed. Bogotá: San Juan Eudes. 342 P.
- Roth**, I., T. Merida y H. Lindorf. 1986. Morfología y anatomía foliar de plantas de la Selva Nublada de Rancho Grande. Parque Nacional “Henry Pittier” El

- ambiente físico, ecología general y anatomía vegetal. Fondo Editorial Act. Cient. Venezolana. 205-241P.
- Rubino**, P., E. Tarantino y F. Rega. 1989. Relationship between soil water status and stomatal resistance of tomatoes. *Irrigacione e Drenaggio* 36:95-98.
- Salas**, J., M. Sanabria y R. Pire. 2001. Variación en el índice y densidad estomática en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a tratamientos salinos. *Bioagro* 13(3): 99-104.
- Salisbury** F, Ross C (2000) Fisiología de las plantas. Volumen 1 Paraninfo-Thompson Learning. Madrid España. 305p.
- Sánchez-Díaz**, M. y J. Aguirreolea. 1996. Relaciones hídricas. In: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Edigrafos. Madrid. pp. 49-90.
- Sánchez** E. 1991. Flora Agrícola – Tomo I. Ministerio De Agricultura, Pesca Y Alimentación. Madrid, España.
- Sarh-Dgea**. 1984. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos- Dirección General de Estadística Agrícola. Agenda de Información Estadística Agropecuaria y Forestal, México, D.F.
- Silva** LA. 2006. Diagnostico actual de enfermedades en el cultivo de uchuva (*Physalis peruviana* L.), en el Departamento de Antioquia (Tesis). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias.
- Sinha** AP., Yadav YP., Verma SP. 1976. Studies on the floral biology of tepari (*Physalis peruviana* L.). *Proceedings of the Bihar Academy of Agricultural Sciences*. 24 (2):63-70.
- Soares** T.L., Oliveira e Silva S., Pereira de Carvalho C.M.A., Almeida dos Santos-Serejo J., Silva S.A., Morais L.L.S., Hilo de Souza E. y Nunes de Jesus O. 2008. In vitro germination and viability of pollen grains of banana diploids. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 8:111-118.
- Srinivasan** S. y Gaur P.M. 2012. Genetics and characterization of an open flower mutant in chickpea. *Journal of Heredity*. 103:297-302.

- Takur**, P. 1990. Different physiological response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to drought. *Acta Physiologiae Plantarum*. 12: 175-182.
- Torres**, O., Perea M., López A., Salamanca A., Mikan J. 1991. The use of *Physalis peruviana* tissue culture for breeding and selection. En Hawkes, J.G.; Lester, R.N.; Nee, M.; Estrada, N. (Eds.), *Solanaceae* lli: Taxonomy, Chemistry, Evolution. The Royal Botanic Gardens Kew, Surrey, Reino Unido. Pp. 429-432.
- Trewavas**, A. 2003. Aspects of plant intelligence. *Annals of Botany* 92: 1-20.
- United States Department of Agriculture [USDA]**. 1960. Index of plant disease in the United States, Handbook No. 165. Agricultural Research Service. Crops Research Investigation: Washington.
- Vassilev**, N., A.M. Vassilev., R. Azcon and A. Medina. 2001. Application of free and Ca-alginate entrapped *Glomus deserticola* and *Yarrowia Lypolitica* in a soil-plant System. *Journal of Biotechnology*. 91: 237-242
- Verdugo**, V. A. Rojas, De León, B. Zambrano, S. Barrios, E. León, B. Ríos y A. Benavides. 1999. Estimación del índice estomático y la frecuencia estomática en cuatro variedades de ajo (*Allium sativum* L.). Curso de fisiología de hortalizas. Maestría en horticultura. UAAAN. Saltillo. Coahuila. México. <http://www.geocites.com/CapeCanaveral/Runway/8787/estomajo.htm>.
- Vessey**, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255: 571-586.
- Villamizar**, F.; A. Ramírez y M. Meneses. 1993. Estudio de la caracterización física morfológica y fisiológica poscosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) *Agro-Desarrollo* 4(1-2):305-320.
- Wilkinson** H. 1979. The plant surface (mainly leaf). In Metcalfe CR y L Chalk eds. *Anatomy of Dicotyledons*. Oxford, London, UK. Claredon Press. Pp. 97-165.

- Whitson** M., Manos Ps. 2005. Untangling *Physalis* (Solanaceae) From the physaloids: a two-gene phylogeny of the Physalinae. *Systematic Botany*. 30:216-230.
- Wu S.**, Huang Y., Lin D., Wang S. 2005. Antioxidant activities of *Physalis peruviana*. *Biological And Pharmaceutical Bulletin*. 28 (6):963- 966.
- Zapata**, J. L, Saldarriaga, A., Londollo, M., Díaz, C. 2002. Manejo del cultivo de la uchuva en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Regional 4, Centro de investigación <<La selva>>, Apartado Aéreo 100, Rionegro, Antioquia, Colombia. Boletín técnico. 42 p.