

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita
(*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera

Por:

ANTONIO GALLEGOS ISLAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México
Febrero, 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita
(*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera

Por:

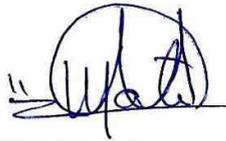
ANTONIO GALLEGOS ISLAS

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por:



M.E. Víctor Martínez Cueto
Presidente



M.C. Francisca Sánchez Bernal
Vocal



M.C. Genoyeva Hernández Zamudio
Vocal



Ing. Juan Manuel Nava Santos
Vocal Suplente



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

Torreón, Coahuila, México
Febrero, 2020

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita
(*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

Por:

ANTONIO GALLEGOS ISLAS

TESIS

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



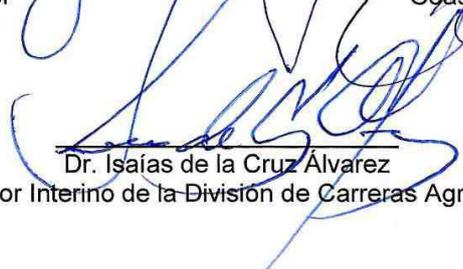
M.E. Víctor Martínez Cueto
Asesor Principal



M.C. Francisca Sánchez Bernal
Coasesor



M.C. Genoveva Hernández Zamudio
Coasesor



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

Torreón, Coahuila, México
Febrero, 2020

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a **Dios** por darme fortaleza para seguir adelante en cada tropiezo, en cada momento de debilidad, por una vida llena de alegrías, experiencias y aprendizaje durante toda esta maravillosa etapa universitaria.

A mi “**Alma Terra Mater**” Por ser mí segundo hogar, por enriquecerme como ser humano y profesionalmente, por tantas experiencias adquiridas dentro de las instalaciones de esta institución tan grande y tan querida.

A mi asesor de tesis **M.E. Víctor Martínez Cueto**, por brindarme la confianza de trabajar con él, en este proyecto de investigación, por ser mi tutor y darme su apoyo y consejos desde que llegue a esta institución.

A **ING. Juan Manuel Nava Santos**, por su apoyo durante la realización de este proyecto y durante el transcurso de mi estancia en esta institución.

A **M.E. Francisca Sánchez Bernal**, por su paciencia, cariño y apoyo durante este proyecto.

A **M.C. Genoveva Hernández Zamudio**, por su apoyo en este proyecto.

A muchos de mis compañeros, que con el paso del tiempo, se convirtieron en grandes amigos, **Enehemias Gutiérrez, Inocencio Ricardo, Edna Yolanda Arellanes, Abimael Leal, Maria de Lourdes Ortiz, Keila Casanova, Julissa Paola Gómez, Carmi Leticia Hernández Fernando Cruz y Guadalupe Alexander Gómez**, por su amistad, Cariño y confianza incondicional, por todos los momentos vividos durante esta etapa de mi vida.

A **Maribel Hernández**, una persona muy importante en mi vida, quien siempre me ha brindado su confianza, que me ha escuchado cuando nadie más y sobre todo me ha dado su apoyo moral durante todo este tiempo que me ha llevado lograr esta meta.

A **todas las personas**, que de alguna manera aportaron un granito de arena para que yo pudiera obtener este gran logro, solo les puedo decir, gracias.

DEDICATORIAS

Principalmente a mis padres Angélica Islas y Luis Gallegos, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes, entre los que incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. Estoy seguro que fue muy grande todo el esfuerzo que hicieron para que yo pudiera lograr esta meta tan anhelada. Este gran logro se los dedico a ustedes, mis Padres.

A mi hermano Fabián Gallegos y hermanas Lidia Gallegos y Diana Gallegos, que con su cariño, apoyo y motivación incondicional, han estado conmigo en cada momento de mi vida; en los días en los que siento que voy a desfallecer recuerdo que ellos están ahí echándome porras para seguir adelante y no rendirme jamás.

A mis tíos, tías, primos y primas, que siempre están conmigo, brindándome su apoyo de alguna manera u otra, deseándome lo mejor para que pueda salir adelante en cada una de mis metas.

A mi abuela Margarita que siempre me ha brindado su confianza y sus consejos para que yo sea una persona cada día mejor, valoro mucho su cariño.

A mi abuela Sofía, aunque ella ya no se encuentra conmigo físicamente, fue una de las personas más influyentes e importantes en mi vida, siempre estará en mi corazón, gran parte de lo que soy ahora se lo debo a ella, una gran mujer que siempre me brindo su amor y cariño, este gran logro es para ti abuela, con todo mi amor.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, específicamente en el campo experimental del departamento de horticultura, durante el periodo primavera – verano de 2018. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la inoculación con la bacteria *Azospirillum* sp., en la productividad del cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.), el material que se utilizó para este trabajo fue un híbrido de calabacita, los tratamientos evaluados fueron cuatro, T1 (testigo, sin inocular y sin fertilización, T2 *Azospirillum* sp. (10^3 UFC mL⁻¹), T3 *Azospirillum* sp. (10^6 UFC mL⁻¹) y T4 *Azospirillum* sp. (10^9 UFC mL⁻¹), se estableció en base a un diseño experimental de bloques al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones, las cuales constaron de 3 plantas por repetición con una distancia de 50 centímetros entre plantas, a hilera sencilla, en camas de 1 m de ancho. Las variables evaluadas fueron: 1) floración masculina, 2) floración femenina, 3) número de frutos, 4) peso de fruto, 5) diámetro ecuatorial y 6) diámetro polar. Los resultados obtenidos en el análisis estadístico, indican que la variable peso de fruto presentó diferencia significativa entre los tratamientos, donde el T1 (testigo, sin inocular), obtuvo el mayor peso con 112.68 g, cabe resaltar que los tratamientos T2 (10^3 UFC mL⁻¹) Y T3 (10^6 UFC mL⁻¹) con 102.27 g y 106.62 g son iguales estadísticamente, ara las variables número de flores macho y flores hembra, número de frutos, diámetro ecuatorial y diámetro polar, de acuerdo al análisis estadístico realizado, indica que los tratamientos inoculados con *Azospirillum* sp., presentaron significancia estadística.

Referente a la hipótesis los parámetros de producción y calidad de la calabacita, son mejores para el T3 (10^6 UFC mL⁻¹), se obtuvo un rendimiento de 11.4 ton/ha.

Palabras clave: *Azospirillum* sp., *Cucurbita pepo* L., Simbiosis, Productividad, Calidad.

ABSTRAC

The present research work was carried out in the facilities of the Antonio Narro Laguna Autonomous Agrarian University, specifically in the experimental field of the horticultural department, during the spring - summer 2018 period. The objective of this work was to determine the effect of inoculation with the bacterium *Azospirillum* sp., in the productivity of the cultivation of zucchini (*Cucurbita pepo* L.), the material that is modified for this work was a zucchini hybrid, the treatments evaluated were four T1 (control, without inoculation and without fertilization, T2 *Azospirillum* sp. (10^3 CFU mL⁻¹), T3 *Azospirillum* sp. (10^6 CFU mL⁻¹) and T4 *Azospirillum* sp. (10^9 CFU mL⁻¹), are configured based on an experimental randomized block design with 4 treatments and 4 repetitions, which they consisted of 3 plants per repetition with a distance of 50 centimeters between plants, a single row, in beds 1 m wide. The variables evaluated were: 1) male flowering, 2) female flowering, 3) number of fruits, 4) fruit weight, 5) equatorial diameter and 6) polar diameter. The results obtained in the statistical analysis indicate that the variable product weight presented a significant difference between the treatments, where T1 (control, without inoculation), obtains the greatest weight with 112.68 g, it should be noted that T2 treatments (10^3 CFU mL⁻¹) And T3 (10^6 CFU mL⁻¹) with 102.27 g and 106.62 g are statistically equal, for the variables number of male and female flowers, number of fruits, equatorial diameter and polar diameter, according to the statistical analysis performed, indicates that the treatments inoculated with *Azospirillum* sp., presented statistical significance.

Regarding the hypothesis, the parameters of production and quality of zucchini are better for T3 (10^6 CFU mL⁻¹), a yield of 11.4 tons / ha was obtained.

Keywords: *Azospirillum* sp., *Cucurbita pepo* L., symbiosis, productivity, quality.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRAC	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.1.1 Objetivos específicos.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Origen de la calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L).....	4
2.2 Importancia del cultivo	4
2.3 Importancia económica.....	5
2.3.1 Importancia económica mundial	6
2.3.2 Importancia económica nacional	6
2.4 Clasificación taxonómica	6
2.5 Características morfológicas.....	7
2.5.1 Raíz	7
2.5.2 Tallo	8
2.5.3 Hojas	8
2.5.4 Flores.....	8
2.5.5 Fruto	8
2.5.6 Semillas.....	9
2.5.7 Polinización	9
2.5.8 Temperatura.....	9
2.6 Rizobacterias de crecimiento vegetal (PGPR).....	10
2.6.1 El género <i>Azospirillum</i> sp.	10

2.6.2	Clasificación taxonómica de <i>Azospirillum</i> sp.....	11
2.6.3	Colonización del sistema radical por <i>Azospirillum</i> sp.	11
2.6.4	Fijación de Nitrógeno por <i>Azospirillum</i> sp.....	11
2.6.5	Importancia Biológica de <i>Azospirillum</i> sp.....	12
2.6.6	La fijación de <i>Azospirillum</i> sp.....	12
2.6.7	Métodos para inocular	12
2.6.8	Número de inoculaciones	13
2.6.9	<i>Azospirillum</i> sp., en la agricultura	13
2.6.10	Características generales de <i>Azospirillum</i> sp.....	13
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1	Localización del área experimental.....	14
3.2	Clima	15
3.3	Diseño experimental y tratamientos	15
3.4	Establecimiento del experimento	15
3.4.1	Siembra en charola	16
3.4.2	Preparación del terreno	16
3.4.3	Establecimiento de camas y del sistema de riego.....	17
3.4.4	Primera inoculación	18
3.4.5	Trasplante.....	20
3.4.6	Riegos	21
3.4.7	Segunda inoculación	22
3.4.8	Cosecha.....	23
3.5	VARIABLES EVALUADAS	24
3.5.1	Floración masculina	24
3.5.2	Floración femenina.....	25
3.5.3	Número de frutos.....	26
3.5.4	Peso de fruto	27
3.5.5	Diámetro polar	28
3.5.6	Diámetro ecuatorial.....	28
3.6	Análisis estadísticos	29
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1.1	Número de flores masculinas y flores femeninas	30
4.2	Número de frutos	31

4.3	Diámetro ecuatorial y polar de fruto	32
4.4	Peso de fruto	33
V.	CONCLUSIONES	34
VI.	LITERATURA CITADA	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción mundial de calabaza, calabacín y calabaza confitera (FAO, 2019).	5
Cuadro 2. Principales estados productores de calabacita en México (SIAP, 2018).	6
Cuadro 3. Número de flores masculinas y femeninas obtenidas al evaluar el efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	30
Cuadro 4. Número de frutos obtenidos al evaluar el efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	31
Cuadro 5. Diámetro ecuatorial y polar de fruto obtenidos al evaluar el efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	32
Cuadro 6. Peso de fruto obtenido al evaluar el efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en el municipio de Torreón, Coahuila. UAAAN UL, 2019.....	15
Figura 2. Siembra en charola, para evaluar el efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	16
Figura 3. Preparación del terreno de siembra, para evaluar efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	17
Figura 4. Cuadrando el terreno para evaluar el efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	18
Figura 5. Dilución de la bacteria <i>Azospirillum</i> sp. en donde se inoculo las plantas, en las cuales se evaluó el efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	20
Figura 6. Trasplante de las plantas inoculadas, para evaluar el efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	21
Figura 7. Riego por goteo de las plantas inoculadas, para evaluar efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	22
Figura 8. Segunda inoculación durante la primera floración macho de las plantas, para evaluar el efecto del biofertilizante <i>azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.....	23
Figura 9. Cosecha de calabacita de plantas inoculadas, para evaluar el efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	24
Figura 10. Conteo de floración macho en plantas inoculadas, para evaluar el efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	25

Figura 11. Conteo de floración hembra, para evaluar el efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	26
Figura 12. Conteo de frutos, para evaluar efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	27
Figura 13. Obteniendo peso de frutos, para evaluar el efecto del biofertilizante <i>Azospirillum</i> sp. en rendimiento de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) en la Comarca Lagunera.	28

I. INTRODUCCIÓN

Los microorganismos (biofertilizante) ejercen un efecto benéfico sobre la germinación, desarrollo y control de otros microorganismos patógenos (biocontrolador) en los cultivos, el empleo de microorganismos que viven en intercambio con las plantas es una de las áreas de estudio que más ha impactado la agricultura en las dos últimas décadas, debido a que son una alternativa emergente a los productos químicos, para incrementar la fertilidad y producción de cultivos en agroecosistemas sustentables (Franco-Correa, 2009; Rueda *et al.*, 2009).

Para asegurar el crecimiento sano de las plantas y un rendimiento rentable, es necesario aumentar de manera sostenible la productividad agrícola, por lo que se propone el uso de soluciones biológicas sostenibles y amigables con el medio ambiente como lo son las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal también conocidas como PGPR (por sus siglas en inglés Plant Growth Promoting Rhizobacteria). Las bacterias que se colonizan en las raíces de las plantas después de la inoculación a la semilla y que mejoran el crecimiento de la planta, se llaman promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) (Ahemad y Kibret, 2014).

El efecto directo consiste en un aumento en la movilización de nutrientes solubles, seguido por el mejoramiento de absorción de las plantas, la producción de antibióticos para hongos, bacterias y virus, y de fitohormonas como las auxinas, giberelinas, citocininas y etileno (Díaz V. *et al.*, 2001).

Mientras que, para efectos indirectos se incluyen el aumento de fijación de N₂ al mejorar el número de nódulos de la raíz y el aumento de la actividad nitrogenada, los cuales inducen resistencia sistémica a la planta. La estimulación indirecta del crecimiento de las plantas también está conectada con la protección contra los efectos de los fitopatógenos. En este caso, las bacterias compiten por el espacio en la raíz contra patógenos (Loredo-Osti, López-Reyes, y Espinosa-Victoria, 2004). En las últimas décadas, las investigaciones se han enfocado en conocer la función de las bacterias de la rizósfera o rizobacterias de diversas gramíneas como caña de azúcar, maíz,

trigo, sorgo, cebada y pastos tropicales, los microorganismos más estudiados pertenecen a los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Beijerinckia*, *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Enterobacter*, las cuales han demostrado ejercer una simbiosis asociativa con la capacidad de emplear mecanismos como: la fijación biológica de nitrógeno, producción de sustancias reguladoras de crecimiento, solubilización de algunos minerales, entre otros; mecanismos llevados a cabo según la funcionalidad biológica de cada bacteria (Loredo *et al.*, 2004).

Se establece que *Azospirillum* sp es un género bien conocido por su gran capacidad de fijar nitrógeno y frecuentemente se encuentra en asociación con las raíces de pastos y cereales de diferentes regiones del mundo, donde se ha observado que la bacterización con cepas de este género se convierte en un aumento significativo de los rendimientos y, por consecuencia, en el ahorro de fertilizantes minerales y se disminuye considerablemente la contaminación ambiental. (Bashan, Y. y Holguín, G. 1997).

Inocular las plantas con *Azospirillum* puede resultar un cambio significativo en varios parámetros de crecimiento, los cuales posiblemente afecte o no el rendimiento de la cosecha. La estructura de acción de *Azospirillum* sobre las plantas no ha sido comprendida aun. La mayoría de los estudios sobre la asociación *Azospirillum*-planta se han realizado en cereales y pastos (patriquin *et al.*, 1983).

Las especies domesticadas del género *Cucurbita* posiblemente sean las plantas útiles más antiguas de América, a juzgar por los hallazgos arqueológicos realizados en Mesoamérica (Tehuacán, México) y en los Andes Centrales (Huaca Prieta, Perú) (Cartay, 1991). En el Valle de Oaxaca, específicamente en la gruta de Guilá Naquitz, se encontró el más antiguo testimonio fiable de actividad agrícola, correspondiente a un fragmento de una calabaza comestible *Cucurbita pepo*, de hace 8000 años (Smith, 1997).

Desde el punto de vista socio económico, el género *Cucurbita* es importante por formar parte de la alimentación básica en las distintas regiones de América, Asia y Europa (Vallejo y Estrada, 2004).

1.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la inoculación con la bacteria *Azospirillum* sp., en la productividad del cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.)

1.1.1 Objetivos específicos

Ofrecer una alternativa de fertilización biológica para disminuir el uso de las fertilizaciones sintéticas.

1.2 Hipótesis

El rendimiento y la calidad de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) se incrementa al utilizar la bacteria *Azospirillum* sp., como biofertilizante.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen de la calabacita (*Cucurbita pepo* L)

La calabacita (*Cucurbita pepo* L.) es una especie anual originaria de México y Norte América. La planta tiene flores dioicas de color anaranjado, con frutos cilíndricos de color verde claro e interior blanco con pequeñas semillas blancas (Stephens, 2009).

La calabacita se considera originaria de México y de América Central. Por ello forma parte de los cultivos más importantes entre los que también se encuentran el maíz y el frijol, por esta razón el país se ubica en el séptimo lugar a nivel mundial como productor. En México las variedades de calabaza que se producen son la criolla, castilla, italiana, calabaza melón y la calabaza kabocha, ésta última considerada como una de las más populares. Estos genotipos se distinguen por algunas características especiales que las diferencian como son: hábito de crecimiento, forma, tamaño de sus frutos y semillas. Su cultivo ha cobrado importancia por la creciente demanda de la población por esta hortaliza, debido a su alto contenido de fibra, calcio y fósforo (Lira, 1996).

2.2 Importancia del cultivo

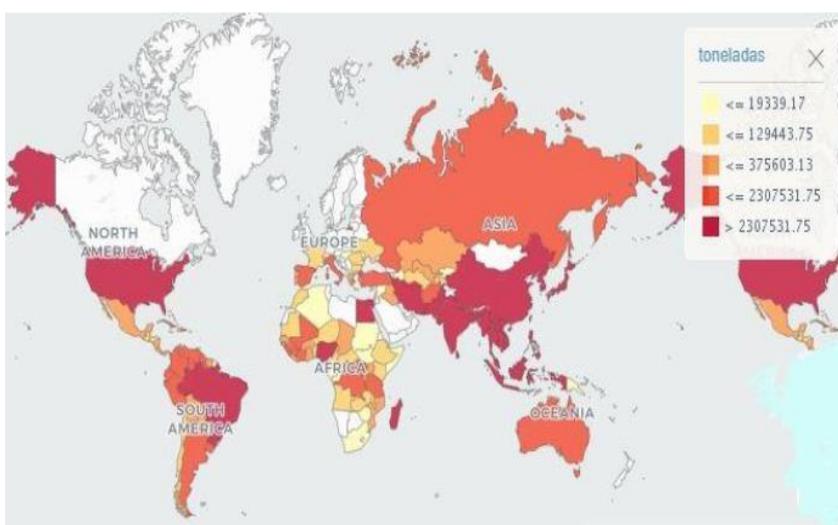
(Cartay, 1991), menciona que los frutos con un alto contenido de carbohidratos, vitaminas, fósforo y fibra, y sus semillas, ricas en aceites y proteínas, como también las flores y puntas de los tallos, jugaron un papel importante en el surgimiento de la agricultura y en la manutención del hombre prehispánico, pues suministraba un alimento abundante y de fácil propagación. El hombre domesticó las Cucurbitas no por la pulpa sino por las semillas (Estrella, 1990), se podían encontrar Cucúrbitas con una amplia cavidad placentaria repleta de semillas, con escasa pulpa de sabor amargo. Con el pasar del tiempo, el hombre realizó una evolución dirigida hacia la pulpa, aumentando el espesor de pared, color, sabor y más recientemente, con métodos de mejoramiento genético convencional, incrementó el contenido

macromolecular (almidón, carotenos, proteína) en la pulpa de zapallo (Valdés *et al.*, 2010).

Esta hortaliza se cultiva en todo el mundo y es económicamente importante para muchos países (Taylor y Brant, 2002) ya que se utiliza para consumo humano, como medicina tradicional (Caili *et al.*, 2006), planta fitorremediadora (Ciura *et al.*, 2005) e incluso para fines decorativos (Srbinoska *et al.*, 2012).

2.3 Importancia económica

La importancia creciente del calabacín (*Cucurbita pepo* L.) como hortaliza de consumo es notable. Un alto nivel productivo va en consonancia con un alto nivel económico, acompañado de una gran extensión de superficie, que puede ser reflejada con distintos datos estadísticos como los obtenidos a través de la (FAO, 2019). **Cuadro 1.**



Cuadro 1. Producción mundial de calabaza, calabacín y calabaza confitera (FAO, 2019).

Desde el punto de vista socio económico, el género *Cucurbita* es importante por formar parte de la alimentación básica en diversas regiones de América, Asia y Europa (Vallejo y Estrada, 2004). Esta importancia se refleja en el

aumento del área sembrada. En el año 2011, en el mundo se sembraron 1.774.000 millones de hectáreas, destacándose la India con 502 mil has, China con 377 mil y Camerún con 119 mil (Faostat, 2013).

2.3.1 Importancia económica mundial

Uno de los principales países productores de este vegetal es México. En 2012 se reportaron rendimientos de 16,6 ton/ha, aunque este rendimiento es inferior a los que se obtuvieron en otros países como Alemania (30,2 ton/ha), Austria (35,4 ton/ha), Francia (28,3 ton/ha), Holanda (65,3 ton/ha) o Israel (51,3 ton/ha), donde el sistema de producción es a cielo abierto (FAOSTAT, 2014).

2.3.2 Importancia económica nacional

A nivel nacional los estados productores con la mayor cantidad de hectáreas establecidas son Sonora con 52,575 ha, Puebla con 27,453 ha, Sinaloa con 22,620 ha e Hidalgo con 13,778 ha, los que en conjunto aportan el 52.82% de la superficie establecida, con un rendimiento promedio de 14.26 t ha⁻¹ (SIAP, 2018), **Cuadro 2**.

Estado	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción obtenida (ton)	Rendimiento medio (t ha ⁻¹)
Sonora	52,575	35,600	791,027	16.87
Puebla	27,453	17,480	234,652	11.26
Sinaloa	22,620	20,180	320,230	16.78
Hidalgo	13,778	8,153	104,468	12.13

Cuadro 2. Principales estados productores de calabacita en México (SIAP, 2018).

2.4 Clasificación taxonómica

Reino: **Vegetal**

División: **Magnoliophyta**

Clase: **Magnoliopsida**

Grupo: **Ovariflorae**

Orden: **Cucurbitales**

Familia: **Cucurbitaceae**

Género: **Cucurbita**

Especie: **Pepo**

Nombre científico: ***Cucurbita pepo***

Fuente: (Cortes, 2013).

2.5 Características morfológicas

Es una planta herbácea, anual, los tallos son erectos en sus primeras etapas de desarrollo y después se tornan rastreros; son angulares (cinco bordes o filos), cubiertos de vellos. Pecíolos largos y huecos. Las flores masculinas siempre aparecen primero; tienen un pedúnculo muy largo y delgado, a diferencia de las femeninas que lo tienen corto. Los pétalos de ambas flores son de color amarillo-anaranjado. El fruto, que se consume todavía inmaduro, por lo general es de color verde claro, aunque existen cultivares para consumo fresco de color verde oscuro, que alcanzan una longitud de 12 a 15 cm. Las semillas son generalmente de color blanco, crema o ligeramente café (Benavidez, *et al.*, 2010).

2.5.1 Raíz

Presenta una raíz principal de las que salen otras secundarias. (Mármol. R. J., 1997). Son de tipo fibroso, extenso y profundo; presenta una raíz pivotante muy desarrollada en relación a sus raíces secundarias, las cuales se desarrollan de manera superficial. Puede existir la posibilidad de la aparición de raíces adventicias en los entrenudos de los tallos cuando hay contacto con una superficie húmeda. En terrenos desnudos y cultivos no protegidos, el desarrollo del sistema radicular es de 50 – 80 cm. (Martínez y García, 1998).

2.5.2 Tallo

Sobre éste se desarrollan tallos secundarios que llegan a atrofiarse si no se realiza una poda para que ramifique a dos o más brazos. Están cubiertos de vellos y pequeñas espinas puntiagudas de color blanco, pudiendo alcanzar una longitud de 3.0 a 7.0 metros (Ramírez, 2015). Posee entrenudos cortos, de los que parten las hojas, flores, frutos y numerosos zarcillos. Estos últimos son delgados, 12 de 10 a 20 centímetros de longitud y nacen junto al pedúnculo del fruto (Fernández, 2009).

2.5.3 Hojas

La calabacita tiene grandes hojas, de consistencia herbácea, ovaladas, sostenidas por fuertes y alargados peciolos de 20 a 30 cm de largo; estos parten directamente del tallo y márgenes denticulados a aserraderos. En la Zucchini las hojas son de limbo grande con 5 lóbulos pronunciados de margen dentado. Pueden tener manchas blancas dependiendo la variedad. El haz es glabro y el envés es áspero y están recubiertos de fuertes pelos cortos y puntiagudos a lo largo de las nervaduras (UPV, 2006).

2.5.4 Flores

El calabacín tiene flores grandes, solitarias, vistosas, axilares, de color amarillo, acampanadas y con un largo pedúnculo. Éstas pueden ser masculinas o estaminadas y femeninas o pistiladas. Los dos sexos coexisten en una misma planta monoica pero en flores distintas. La apertura de las flores tiene lugar por las mañanas siendo la polinización entomófila (abejas principalmente) o polinización cruzada (Reche, 1997).

2.5.5 Fruto

En las calabacitas Zucchini el fruto es una pepónide carnosa que presenta una cavidad central de forma alargada y cilíndrica. Su superficie es lisa aunque también existen frutos verrugosos. El color es variable, puede ser

verde, blanco y/o amarillo. Los frutos nacen de las axilas de las hojas, estando unidos a un pedúnculo grueso y corto. (Barahona, 2003).

2.5.6 Semillas

Son de color crema uniforme, lo que las diferencia del resto de las especies (Decker-Walters. *et al.*, 2002). Son ovals, alargadas, puntiagudas, lisas, con un surco longitudinal paralelo al borde exterior, de 1.5 cm de longitud, 0.6 a 0.7 cm de anchura y 0.1 a 0.2 cm de grosor. (Reche, 1997).

Las semillas varían en tamaño, forma y color. La capacidad de germinación se conserva durante 5 a 8 años en condiciones favorables (Pérez *et al.*, 1997).

2.5.7 Polinización

La polinización consiste en el transporte de los granos de polen de una flor a otra. Esta acción permite que se ponga en contacto el elemento masculino y el femenino de la flor, para dar vida a una nueva semilla o fruto y así garantizar la reproducción de las especies vegetales. En la naturaleza, este transporte se efectúa a través del viento, la lluvia los pájaros, etc., pero el agente polinizador más importante lo constituye las abejas. La polinización representa un beneficio para el agricultor que ve aumentar en cantidad y calidad sus productos (Rodríguez, 2013).

2.5.8 Temperatura

Es una hortaliza de clima cálido, por lo cual no tolera las heladas, es insensible al fotoperiodo. La temperatura para la germinación de semillas debe de ser mayor de 15°C, siendo el rango óptimo de 22 a 25°C; la temperatura para su desarrollo tiene un rango de 18 a 35°C. Se ha comprobado que temperaturas altas (35°C) y días largos con alta luminosidad tienden a formar flores masculinas y con temperaturas frescas y días cortos hay mayor formación de flores femeninas (López. A. V.

1989). La temperatura ideal para la floración gira en torno a los 20-25 °C (Hernández, 2013).

2.6 Rizobacterias de crecimiento vegetal (PGPR)

Según (Chanway *et al.*, 1989), En años recientes, se ha retomado el interés de utilizar bacterias promotoras de crecimiento en la producción de cultivos. Estas bacterias se han aplicado a semillas, tubérculos o raíz, y son capaces de colonizar las raíces de las plantas y estimular el crecimiento y rendimiento de cultivos.

De acuerdo con varios autores (Ahmad *et al.*, 2006) se conocen mecanismos directos e indirectos para la promoción del crecimiento vegetal. Los mecanismos directos se relacionan con la producción de fitohormonas de tipo auxinas y giberelinas o la regulación de la producción de hormonas por parte de la planta. Así mismo pueden afectar la disponibilidad de nutrientes por la intervención directa en los ciclos biogeoquímicos. Es el caso de la fijación biológica de nitrógeno y la solubilización de nutrientes tan importantes como el fósforo. Indirectamente las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR sigla en inglés) pueden contribuir mediante la inducción de la resistencia sistémica a fitopatógenos, el control biológico de enfermedades, la producción de antibióticos y de sideróforos (Voinnet, 2005; Rao *et al.*, 2000).

2.6.1 El género *Azospirillum* sp.

La primera especie de *Azospirillum* se aisló en Holanda por Beijerinck a partir de suelos arenosos pobres en nitrógeno, y originalmente se llamó *Spirillum lipoferum* (Beijerinck, 1925).

Desde su redescubrimiento por Döbereiner y colaboradores (Döbereiner *et al.*, 1976), las especies de *Azospirillum* son las BPCP más estudiadas. A pesar de muchos experimentos exitosos, tanto en condiciones de invernadero como de campo, su aplicación a gran escala no ha sido fácil, debido a problemas como la inconsistencia y lo poco previsible de los resultados obtenidos en campo, especialmente cuando los agricultores tienen poco tiempo o

conocimiento acerca de la inoculación con bacterias (Okon y Labandera, 1994).

2.6.2 Clasificación taxonómica de *Azospirillum* sp.

Reino	<i>Procaryote</i>
División	<i>Gracilicute</i>
Clase	<i>Scotobacteria</i>
Familia	No existe
Género	<i>Azospirillum</i>
Especie	<i>lipoferum, brasilense, amazonense, haloproferenses, irakenses.</i>

Fuente: Bergey (1984)

2.6.3 Colonización del sistema radical por *Azospirillum* sp.

La planta secreta hacia la rizósfera exudados que atraen a muchos microorganismos, como las rizobacterias. La movilidad y la quimiotaxis de estas bacterias permiten que se muevan hacia la raíz, donde se benefician de los exudados como fuente de carbono y a su vez benefician el crecimiento de la planta. El establecimiento de *Azospirillum* en la raíz de la planta es una etapa crítica para promover el crecimiento vegetal, y además depende del genotipo de ambos actores. Coloniza la superficie de la raíz, el interior y el exterior del córtex (Patriquin *et al.*, 1983).

2.6.4 Fijación de Nitrógeno por *Azospirillum* sp.

Considerandose la capacidad de *Azospirillum* para asociarse con plantas de interés agrícola, así como su capacidad para fijar N₂ en medios de cultivos, por lo que se realizaron pruebas para verificar que el *Azospirillum* no causa síntomas visibles de enfermedad sobre la raíz u hojas de plantas de trigo, algodón o tomate (Bashan, 1998).

2.6.5 Importancia Biológica de *Azospirillum* sp.

Se demuestra la efectividad agrobiológica de *Azospirillum brasilense* a partir del estímulo positivo ejercido en el incremento y estado nutricional de las plantas, así como el rendimiento agrícola del cultivo; y se establece con un alto nivel poblacional de rizosfera de plantas inoculadas (Alonso, 2005).

2.6.6 La fijación de *Azospirillum* sp.

La fijación del *Azospirillum* sp, es microaerofílica, esta fue aislada de la raíz de varios cereales y forrajes de pasto en Nagano, Okinawa, Filipinas y Tailandia. Mayoría de las especies de *Azospirillum* sp, aislados mostraron ser del tipo *A. brasilense*, el cual no puede utilizar al carbón como única fuente de glucosa. Cuando se usaron estos inóculos aislados promovieron notablemente el desarrollo de las raíces y brotes de maíz (Ei *et al.*, 2005).

2.6.7 Métodos para inocular

Actualmente se aplican algunos métodos para inocular *Azospirillum*. El más simple es aplicando las bacterias en suspensión líquida, ya sea directamente al suelo o a las semillas. Esta técnica ha sido utilizada en numerosos experimentos de invernadero y de campo abierto, pero resulta ser inadecuado puesto que el tiempo de sobrevivencia de *Azospirillum* en suelo es relativamente corto en ausencia de un acarreador. Los mejores resultados en rendimiento han sido obtenidos a partir de turba vertido por goteo al surco o distribuyendo el inoculante de turba granular al momento de la siembra. (Vega, 2015)

También se puede realizar mediante la producción de microesferas o microencapsulados bacterianos en una matriz de alginatos y liofilizados. De esta manera se satisfacen, los requerimientos de un inoculante bueno y práctico, es un acarreador químicamente inerte similar al polvo de mármol, arena o carbonato de calcio, seco, fácil de usar, uniforme, biodegradable por los organismos del suelo, de naturaleza no tóxica, que contiene una

población bacteriana basta y uniforme, permite la liberación gradual de las bacterias durante periodos largos hasta un mes y puede ser producido a esa gran escala (Bashan *et al.*, 1996).

2.6.8 Número de inoculaciones

El número de inoculaciones también es un factor desconocido; por razones prácticas la mayoría de los estudios utilizan una sola aplicación de bacteria (Kloepper, 1989), mientras que en otros estudios se realizan dos aplicaciones (Albretch *et al.*, 1981) o incluso tres (Millet *et al.*, 1984); aunque Bashan (1986) señala que múltiples inoculaciones no tienen efecto en el nivel bacteriano de la raíz, e incluso producen efectos marginales en crecimiento de planta.

2.6.9 *Azospirillum* sp., en la agricultura

En los últimos años se ha visto un creciente interés en la bacteria del género *Azospirillum* por su posible contribución en el rendimiento de varios cereales (Kapulnik *et al.*, 1983). Inicialmente, los reportes sobre la asociación de *Azospirillum* se restringían únicamente a las *Poaceae* (Graminaceae), que poseen la ruta fotosintética C4; sin embargo existen reportes de asociaciones de este tipo de microorganismos con las raíces de plantas dicotiledóneas (Rao y Venkateswarlu, 1982).

En las interacciones entre plantas y ciertos microorganismos promotores del desarrollo vegetal, la raíz desempeña un papel central por su capacidad para ser colonizada (Chiarine *et al.*, 1998; Jiang y Sato, 1994).

2.6.10 Características generales de *Azospirillum* sp.

Azospirillum sp. Es posiblemente la bacteria PGPR más estudiada. Los primeros inoculantes de *Azospirillum* ya están disponibles en Europa para el maíz y en Sudáfrica para el maíz y el trigo (Dobbelaere *et al.* 2001). Su uso puede reducir los costos y las cantidades de aplicaciones de pesticidas y fertilizantes, especialmente en países en desarrollo como Argentina. Sin

embargo, los resultados de campo a menudo son inconsistentes (Bashan y Holguin 1997). Existen muchos factores bióticos y abióticos que pueden alterar los resultados de PGPR, es decir, las condiciones ambientales, el genotipo de la planta y las interacciones con otros microorganismos (Bashan y Holguin 1997). Aparentemente existen interacciones complejas entre los genotipos de las plantas y las cepas bacterianas de *Azospirillum* (Bashan y Holguin 1997; Saubidet y Barneix 1998). Además, algunas cepas pueden volverse patógenas en condiciones de estrés (Bashan 1998).

Azospirillum (α -subclase de las proteo bacterias) es una bacteria negativa, de vida libre, fijadora de nitrógeno y asociada a la rizósfera de plantas. Tiene un metabolismo carbonado muy versátil, lo que le permite adaptarse y establecerse en el competitivo entorno rizosferico. Como fuentes nitrogenadas, *Azospirillum* puede utilizar un amplio rango de sustratos, amonio, nitratos, nitrito, aminoácidos y nitrógeno molecular. En condiciones desfavorables, tales como desecación y carencia de nutrientes, puede enquistarse, recubriéndose de una capa de polisacáridos produciéndose una acumulación de gránulos de β -hidroxibutirato, que sirven a la bacteria de reserva de fuente carbonada (Caballero, *et al.*,1999).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Ubicada en Torreón, Coahuila, México, con coordenadas geográficas de 103° 25' 57" de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich y 25° 31' 11" de Latitud Norte, con una altitud de 1,123 msnm. **Figura 1.**



Figura 1. Localización de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en el municipio de Torreón, Coahuila. UAAAN UL, 2019.

3.2 Clima

Esta región recibe una precipitación media anual de 235 mm, tiene una altitud 1.139 m.s.n.m. y la temperatura media anual es de 20 a 22°C. En el apogeo del verano puede alcanzar una temperatura de hasta 50°C a la intemperie.

3.3 Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó el híbrido de calabacita Roció, el experimento fue establecido a campo abierto, con un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones de 3 plantas por repetición con una distancia de 50 centímetros entre plantas, a hilera sencilla, en camas de 1 m de ancho.

3.4 Establecimiento del experimento

3.4.1 Siembra en charola

La primer parte del experimento, fue realizar la siembra de semillas, las cuales fueron sembradas en charolas de hiel seco de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss. La siembra se realizó el 21 de febrero de 2018.

Figura 2.

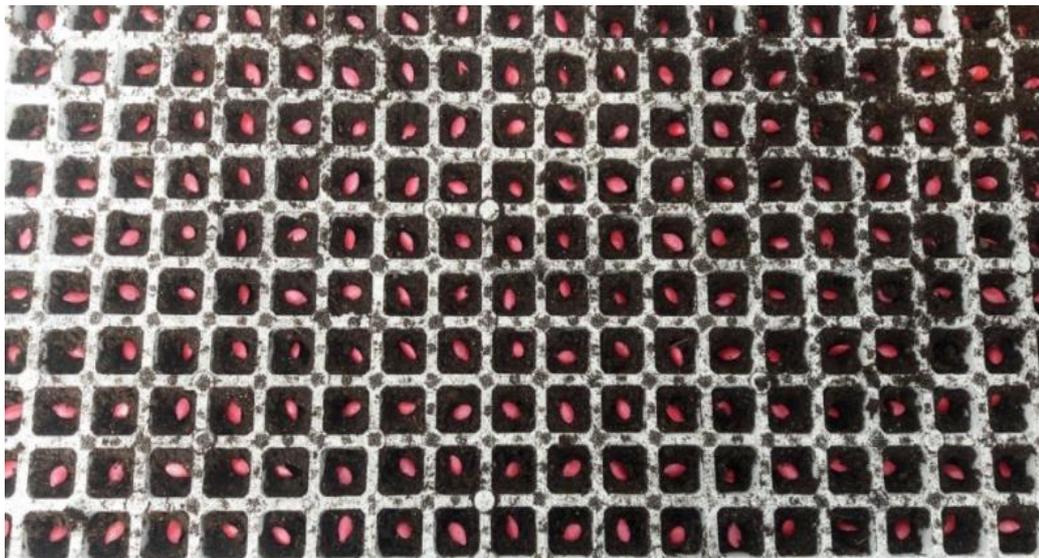


Figura 2. Siembra en charola, para evaluar el efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

3.4.2 Preparación del terreno

Se realizó limpieza del terreno donde se estableció el experimento, de igual manera se hizo labranza, se removió la tierra con un rotocultor agrícola.

Figura 3.



Figura 3. Preparación del terreno de siembra, para evaluar efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

3.4.3 Establecimiento de camas y del sistema de riego

Se levantaron las camas meloneras, cada una de 1 metro de ancho por 8 metros de largo, con ayuda de un azadón, se trazó el terreno con una cinta métrica, utilizando rafia para trazar cada una de las camas, se cuadro el terreno para su posterior división, este experimento se llevó a cabo en un área de 56 metros cuadrados, se instaló la cintilla para el sistema de riego por goteo superficial. **Figura 4.**



Figura 4. Cuadrando el terreno para evaluar el efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

3.4.4 Primera inoculación

La primera inoculación se realizó el día 22 de marzo de 2018, antes del trasplante a campo abierto. **Figura 5.**

Tratamientos	Dosis	Descripción

T1	Testigo Sin inocular	El testigo no fue inoculado, se aplicó agua en cada cepellón de las plántulas durante 5 minutos.
T2	Dosis 10^3 UFC mL ⁻¹ Alta	Es de gran relevancia mencionar que la siguiente dosis fue la más concentrada, debido a que se aplicó 1 ml de bacteria <i>Azospirillum</i> sp en 1 litro de agua. Posterior a ello, se realizó el método de inmersión el cual consistió en sumergir el cepellón de cada plántula en la solución durante 5 minutos antes del trasplante.
T3	Dosis 10^6 UFC mL ⁻¹ Media	Esta dosis se obtuvo de la solución 10^3 UFC mL ⁻¹ , de la dosis alta se tomó 1 ml de solución y se diluyó en 1 litro de agua destilada; al terminar se sumergió el cepellón de las plántulas en la solución durante 5 minutos.
T4	Dosis 10^9 UFC mL ⁻¹ Baja	La dosis baja se obtuvo al tomar 1 ml de la dosis media y diluirlo en un litro de agua destilada, el procedimiento de inmersión fue el mismo que en los tratamientos descritos anteriormente.



Figura 5. Dilución de la bacteria *Azospirillum* sp. en donde se inoculo las plantas, en las cuales se evaluó el efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

3.4.5 Trasplante

Las plántulas se trasplantaron 30 días después de la siembra en charola, se realizó el trasplante a campo abierto el día 22 de marzo de 2018, cuando las plántulas ya contaban con 3 pares de hojas verdaderas, se realizó completamente al azar, colocando 12 plantas por tratamiento, en total fueron 4 tratamientos con 12 plantas por cama, el trasplante se realizó a una distancia de 50 centímetros entre plantas a hilera sencilla en camas de 1 metro de ancho. **Figura 6.**



Figura 6. Trasplante de las plantas inoculadas, para evaluar el efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

3.4.6 Riegos

En el presente experimento el riego fue por goteo, los riegos se realizaron tres días por semana, con un tiempo de dos horas por día, desde el primer día y así durante toda su etapa vegetativa, en la etapa reproductiva se realizaron riegos un poco más pesados puesto que en la fructificación requiere un poco más de agua (Suquilanda, 2003). **Figura 7.**



Figura 7. Riego por goteo de las plantas inoculadas, para evaluar efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

3.4.7 Segunda inoculación

La segunda inoculación se realizó el día 10 de abril de 2018, al inicio de la floración macho, el procedimiento fue similar a la primera inoculación, con la diferencia de que en la segunda inoculación se inyectó medio litro de solución directamente al suelo alrededor de la base del tallo de la plántula. **Figura 8.**



Figura 8. Segunda inoculación durante la primera floración macho de las plantas, para evaluar el efecto del biofertilizante *azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

3.4.8 Cosecha

La primera cosecha se realizó a los 34 días después del trasplante, específicamente el día 24 de abril de 2018, se realizaron 28 cortes en total durante todo el periodo de cosecha, los cortes se realizaron día con día, para la cosecha se tomó un rango de 8 a 12 cm de largo (León Jorge, 1988). Los cortes de fruto se realizaron con una navaja, por el punto de inserción del pedúnculo con el tallo, en cada corte los frutos eran depositados en cestos o

cubetas, procurando que se lastimaran lo menos posible (Reche, 1997).

Figura 9.

Figura 9. Cosecha de calabacita de plantas inoculadas, para evaluar el efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.



3.5 Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: floración masculina, floración femenina, número de frutos, peso de frutos, diámetro ecuatorial y diámetro polar.

3.5.1 Floración masculina

Es una actividad que se realizaba todos los días, desde el primer día cuando aparecieron las primeras flores masculinas, se observó cada una de las

plantas y se registraron los datos de la aparición de la floración y día con día por las mañanas se hacia el registro de las nuevas flores y así hasta concluir el proyecto. **Figura 10.**



Figura 10. Conteo de floración macho en plantas inoculadas, para evaluar el efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

3.5.2 Floración femenina

Para esta variable se realizó el conteo de flores femeninas día con día en cada una de las plantas de los distintos tratamientos, se llevó un registro de flores por planta y por tratamiento desde que se observó la primera floración hasta concluir el experimento. | **Figura 11.**



Figura 11. Conteo de floración hembra, para evaluar el efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

3.5.3 Número de frutos

Se determinaba realizando el conteo de los frutos obtenidos en cada uno de los tratamientos después de cada cosecha. **Figura 12.**



Figura 12. Conteo de frutos, para evaluar efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

3.5.4 Peso de fruto

Se determinó con una balanza analítica pesando cada uno de los frutos en el laboratorio de horticultura. **Figura 13.**



Figura 13. Obteniendo peso de frutos, para evaluar el efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

3.5.5 Diámetro polar

Esta variable fue determinada con un vernier, el cual se colocó en el fruto de manera vertical tomando la distancia de una extremidad polar a la otra.

3.5.6 Diámetro ecuatorial

Fue determinado con un vernier, se colocó el fruto en horizontal, en la parte más ancha del fruto se tomó la medida registrando los datos en mm.

3.6 Análisis estadísticos

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza y cuando fue apropiado, se realizó la prueba de Tukey, ambas a un nivel de significancia menor al 5%, para lo cual se utilizara el software estadístico SPSS versión 17.0 (SPSS, 2008).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1 Número de flores masculinas y flores femeninas

Cuadro 3. Número de flores masculinas y femeninas obtenidas al evaluar el efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

Tratamiento	N. Flores M	N. Flores F
1	17.50 a	13.50 a
2	17.16 a	13.08 a
3	16.41 a	12.83 a
4	16.91 a	11.75 a

Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa entre tratamientos ($P \leq 0.05$, Tukey).

En el cuadro 3 se puede observar que los tratamientos presentan significancia estadística, pero se comportan de igual manera entre ellos, puede observarse que en todos los tratamientos el número de flores masculinas es mayor al número de flores femeninas.

Este resultado es similar al reportado por González *et al.*, (2013), al evaluar el cultivo de fresa, indicando que la producción de flores es una variable que no experimentó efectos positivos en la inoculación con *A. brasilense*, obteniendo un menor número de flores por planta en comparación al presente trabajo, aunque esta diferencia puede deberse a que se evaluaron especies diferentes.

4.2 Número de frutos

Cuadro 4. Número de frutos obtenidos al evaluar el efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

Tratamiento	N. de Fruto
1	13.00 a
2	12.83 a
3	12.41 a
4	11.58 a

Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa entre tratamientos ($P \leq 0.05$, Tukey).

En el cuadro 4, se observa que los tratamientos presentan significancia estadística, pero se comportan de igual manera entre ellos. El mayor número de frutos lo obtuvo el T1 (testigo), con 13 frutos y el menor lo obtuvo el T4 (10^9 UFC mL⁻¹) con 11.58 frutos. Este resultado contrasta al de González *et al.*, (2013) al evaluar la producción de frutos de fresa, no mostró diferencia significativa entre los tratamientos inoculados con *A. brasilenses* respecto al testigo y obtuvo un promedio de 8.8 frutos por tratamiento.

Estos resultado concuerdan a los presentados por Díaz e Iglesias (2003), quienes encontraron que esta bacteria influyó en el cultivo de tomate, presentando diferencia significativa entre tratamientos ya que el T1 (*Azospirillum*) con 15.4 frutos superó al T4 (testigo, SN Steiner) que obtuvo 9.8 frutos.

4.3 Diámetro ecuatorial y polar de fruto

Cuadro 5. Diámetro ecuatorial y polar de fruto obtenidos al evaluar el efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

Tratamiento	D. Ecuatorial (mm)	D. Polar (cm)
1	55.31 a	11.13 a
2	52.42 a	10.87 a
3	53.73 a	10.99 a
4	51.36 a	10.58 a

Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa entre tratamientos ($P \leq 0.05$, Tukey).

El cuadro 6 muestra que los tratamientos presentan significancia estadística pero se comportan de igual manera entre ellos. Sin embargo el T1 (testigo, sin inocular) numéricamente obtuvo el mayor valor para diámetro ecuatorial con 55.31 mm y diámetro polar un 11.13 cm, mientras que el menor resultado lo obtuvo el T4 (10^9 UFC mL⁻¹), alcanzando 51.36 mm de diámetro ecuatorial y 10.58 cm de diámetro polar.

Aguilar (2010), en su investigación al evaluar *Azospirillum* en melón indica que para la variable diámetro ecuatorial el análisis estadístico mostró significancia entre tratamientos, resultado similar al encontrado en el presente trabajo. Sin embargo, este mismo autor, para la variable diámetro polar, encontró que los tratamientos T4 (cepa 3-5), T5 (cepa 3-7), T6 (cepa 5-7), T2 (cepa 5), T7 (cepa 3-5-7), T3 (cepa 7) y T1 (cepa 3), fueron superiores al testigo T8 (urea), obteniendo el mejor resultado en tratamiento T4 con el diámetro polar promedio de 16.066 cm, superando al T8 (urea), el cual obtuvo un promedio de 14.5 cm de diámetro polar, resultado diferente al presente trabajo, ya que no se determinó diferencia significativa entre tratamientos con respecto al testigo

4.4 Peso de fruto

Cuadro 6. Peso de fruto obtenido al evaluar el efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera.

Tratamiento	P. del Fruto (g)
1	112.68 a*
2	102.27 ab
3	106.62 ab
4	96.28 b

*Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa entre tratamientos ($P \leq 0.05$, Tukey).

El cuadro 5 muestra que se presentó diferencia significativa entre los tratamientos evaluados para la variable peso de fruto, siendo el T1 (testigo, sin inocular), el que alcanzó el mayor peso con 112.68 g mientras que, el menor peso de fruto lo obtuvo el T4 (10^9 UFC mL⁻¹) con 96.28 g. Los tratamientos T2 (10^3 UFC mL⁻¹) y T3 (10^6 UFC mL⁻¹) con 102.27 g y 106.62 g son estadísticamente iguales.

Los datos obtenidos en este trabajo no coinciden con los obtenidos por Pérez (2018), reporta para la variable peso de fruto del tomate inoculado con la bacteria *Azospirillum* sp., no presentó diferencia significativa entre los tratamientos, el promedio general para la variable peso de fruto fue de 11.5. Esta diferencia se puede deber a la evaluación de diferentes tipos de plantas.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el análisis estadístico, indican que la variable peso de fruto presentó diferencia significativa entre los tratamientos, donde el T1 (testigo, sin inocular), obtuvo el mayor peso con 112.68 g, cabe resaltar que los tratamientos T2 (10^3 UFC mL⁻¹) Y T3 (10^6 UFC mL⁻¹) con 102.27 g y 106.62 g son iguales estadísticamente de igual manera las variables número de flores macho y flores hembra, número de frutos, diámetro ecuatorial y diámetro polar, de acuerdo al análisis estadístico realizado, indica que los tratamientos inoculados con *Azospirillum* sp., presentaron significancia estadística.

Referente a la hipótesis los parámetros de producción y calidad de la calabacita, son mejores para el T3 (10^6 UFC mL⁻¹), se obtuvo un rendimiento de 11.4 ton/ha.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguilar, G. (2010) EFECTO DE *Azospirillum* sp. UTILIZADO COMO BIOFERTILIZANTE EN EL CULTIVO DE MELÓN (*Cucumis melo* L.) Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Torreón Coahuila México.
- Ahemad, M., & Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University - Science*, 26(1), 1-20.
- Ahmad F, Ahmad I y Khan MS. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiol Res* 36:1-9.
- Albretch SL, Okon Y, Lonquist J, Burris RH (1981) Nitrogen fixation by corn *Azospirillum* associations in a temperate climate. *Crop Sci.* 21: 301-306.
- Alonso, E.T. 2005. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), VII (2). Cuba. pp.47-54.
- Barahona, M. 2003. Manual de horticultura. Editorial Sangolquí. Quito. Ecuador. Pág. 108 –112.
- Bashan Y (1986) Enhancement of wheat roots colonization and plant development by *Azospirillum brasilense* Cd. following temporary depression of the rhizosphere microflora. *Appl . Env. Microbiol .* 51: 1067-1071.
- Bashan, Y. (1998) *Azospirillum* plant growth-promoting strains are nonpathogenic on tomato, pepper, cotton, and wheat. *Canadian Journal of Microbiology* 44, 168–174.
- Bashan, Y. y Holguin, G. (1997) *Azospirillum* plant relationships: environmental and physiological advances (1990–1996). *Canadian Journal of Microbiology* 43, 103–121.
- Bashan, Y.; Holguin, G.; Ferrera Cerrato, R. 1996. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. II. Bacterias asociativas de la rizosfera. *Terra.* 14(2).pp 195-209.

- Beijerinck, M.W. 1925. Über ein Spirillum, welches freien Stickstoff binden kann? Zentralbl. Bakteriolog. Parasitenkd. Infektionskr. Abt. 2, 63: 353-359.
- Benavidez, M. A., Rosa Elia, H. V., Ramírez, R. y H. Sandoval, R., A. (2010). Tratado de Botánica Económica Moderna. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 104-105.
- Bergey's. (1984) Manual de Bacteriología Sistemática. E.d.I.vol 1, sección 2. U.S.A.pp.527-529.
- Caballero, M. J., L. López, R. y R. Bustillos, C. 1999. Presence of 16S rRNA genes in multiple replicons in *Azospirillum* baselines. FEMS Microbiol. Lett. 178:283-288.
- Caili, F.U., S.H. Huan y L.I. Quanhong (2006). A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. Plant Foods for Human Nutrition 61: 70-77.
- Cartay, R. (1991) Historia de la alimentación del Nuevo Mundo. San Cristóbal, Venezuela, Ed. futuro. 2 vol.
- Chanway, C.P., R.K. Hynes, L.M. y Nelson. 1989. Plant growth-promoting rhizobacteria: Effects on growth and nitrogen fixation of lentil (*Lens esculenta* Moench.) and pea (*Pisum sativum* L.). Soil Biol. Biochem. 21: 511-517.
- Chiarine, L., Bevivino, A., Yabacchioni, S. y Dalmastrri, C. 1998. Inoculation of *Burkholderia cepacia*, *Pseudomonas fluorescens* and *Enterobacter* sp on *Sorghum bicolor*: root colonization and growth promotion of dual strain inocula. Soil Biology and Biochemistry. 30: 81-87.
- Ciura, J., M. Poniedziałek, A. Sękara y E. Jędrszczyk (2005). The possibility of using crops as metal phytoremediants. Polish Journal of Environmental Studies 14: 17-22.
- Cortes, S. V. M., (2013). Densidad de siembra en el cultivo de calabacita (*Cucúrbita pepo* L) con y sin acolchado, en el Valle de la Paz, B.C.S. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Tesis de Licenciatura. Baja California Sur, México. Pág. 9-10.
- Decker, W., D.S.; STAUB, J.E.; CHUNG, S.M.; NAKATA y E.; QUEMADA, H.D. 2002., Diversidad de población de vida libre en *Cucúrbita*

- pepo (Cucurbitaceae) como acceso aleatorio para la amplia polinización DNA. *Syst. Bot.*, 27(1): 19-28.
- Díaz Vargas, P., Ferrera Cerrato, R., Almaraz Suárez, J., & Alcántar González, G. (octubre-diciembre de 2001). Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en lechuga. *TERRA Latinoamericana*, 19(4), 327-335.
- Díaz, I. y M. Iglesias. 2003. Inoculación con *Azospirillum* sp. En cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* vr. Coloso), bajo invernáculo. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
- Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Thys, A., Ptacek, D., Vanderley-den J., Dutto, P., Lavandera G, C. y Caballero, M.J. (2001) Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. *Australian Journal of Plant Physiology* 28, 871–879.
- Döbereiner, J., I.E. Marriel y M. Nery. 1976. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. *Can. J. Microbiol.* 22: 1464-1473.
- Ei, E.N. 2005. Estudio de la interacción planta- *Azospirillum*. 26(4), pp. 13-19
- Estrella, E. 1990. El pan de América. Etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador. Quito, Ecuador, Ed. Abya-Yala, 3a edición.
- Fao 2019. Cantidades de producción de Calabazas, zapayo, calabaza confitera por País (versión electrónica). Organización de las Naciones Unidas 123 para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 10 de diciembre de 2019 de: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>.
- Faostat (2014). Superficie, producción y rendimiento de calabazas en el mundo. Food and Agriculture Organization. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>.
- Faostat. 2013. Food and agriculture Organization of the United Nations. Tomado de: http://faostat3.fao.org/home/index_es.html?locale = es #DOWNLOAD.
- Fernández, J. (2009). Manual Práctico de Agricultura. Barcelona, España. Taxonomía y hortalizas aprovechables por sus frutos. P. 606-608.
- Franco-Correa M (2009) Utilización de los actinomicetos en procesos de biofertilización. *Rev. Per. Biol.* 16: 239-242.

- González, G. G., E. T. Campos, O. N. Maciel, J. S. B. Pérez y M. L. R. Silva. 2013. Efecto de *Azospirillum brasilense* y fertilización química sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de fruto de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch). *Interciencia* 38(10):737-744.
- Guenkov, G. 1974. *Fundamentos de la Horticultura Cubana*. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. pp. 169-172.
- Hernández, M. P. J., 2013. Cambios físicos-químicos en la calidad poscosecha de calabacita Zucchini (*Cucurbita pepo* L) bajo distintas condiciones de almacenamiento. Generalidades del cultivo de calabaza. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-unidad laguna. Tesis. Torreón, Coahuila, México. Pág. 18-19.
- Kapulnik Y., Sarig S, Nur Y y Okon Y. 1983. Effect of *Azospirillum* inoculation on yield of field grown wheat. *Canadian Journal of Microbiology*. 29: 895-899.
- Kloepper J, L.R, y Schroth M. (1989) Free-living bacterial inoculate forenhancing crop productivity. *Trends Biotechnol*. 7: 39-43.
- León G. (1988). *Botánica de los Cultivos Tropicales*. 11 Edición CA. Editorial SAN JOSÉ. Costa Rica.
- Lira S.R. 1995. *Estudios Taxonómicos y Eco geográficos de las Cucurbitaceas Latinoamericanas de Importancia Económica*. UNAM. Instituto de Biología. IPGRI. D. F., México. 281 p.
- Lira, S.R. 1996. Calabazas de México. *Ciencias*, núm. 42, abril-junio, p. 52-55.
- López. A. V. 1989. *Producción de hortalizas*. Ed. LIMUSA, S.A de C. V. México, DF. Pág. 1-297.
- Loredo-Osti, C., López-Reyes, C., & Espinosa-Victoria, D. (abril-junio de 2004). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *TERRA Latinoamericana*, 22(2), 225-239.
- Marmol. R. J. (1997). Cultivo del calabacín en invernadero. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas. Almería, España. Pág. 4-6.
- Martínez M. A., y García M. F. (1998). Descripción agronómica y morfológica de colectas de calabaza (*Cucúrbita pepo*, *C. moschata*, *C.*

- angyrosperma) criollas. Tesis profesional de licenciatura. Dpto. fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México.
- Millet E, Avivi Y. y Feldman M. (1984) Yield response of various wheat genotypes to inoculation with *Azospirillum brasilense*. *Plant and Soil* 80: 261-266.
- Okon, Y. y C.A. Labandera, G. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biol. Biochem.* 26: 1591-1601.
- Patriquin, D.G. Y J. Döbereiner Y D.K. Jain (1983) Sites and processes of association between diazotrophs and grasses. *Can. J. Microbiol.* 29: 900-915.
- Pérez G., M.; Márquez S., F.; y Peña L, A.1997. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 380 p.
- Pérez, P. (2017) Producción del chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) con fertilización biológica en invernadero. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Torreón Coahuila México.
- Ramírez G., M. M. (2015). El uso de Acolchados Fotoselectivos en la producción de semilla de calabacita (*Cucúrbita pepo* L.) Var. Zucchini grey. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.111.
- Rao, A.V. y B. Venkateswarlu. 1982. Associative symbiosis of *Azospirillum lipoferum* with dicotyledonous succulent plants of the Indian desert. *Canadian Journal of Microbiology.* 28: 778-782.
- Reche, M. J. 1997. Cultivo del calabacín en invernadero. Colegio oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas. Almería, España. Pág. 4-5.
- Rodríguez, F. 2013. Manual Teórico-Práctico para el madejo comercial de la abeja. Apicultura para pequeños emprendedores. 1 ed. Continente. Buenos Aires Argentina. Pág. 32.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Indicadores agropecuarios. Calabacita. <https://www.gob.mx/siap>.
- Smith, B.D. (1997) The initial domestication of *Cucurbita pepo* in the Americas 10,000 years ago. *Science* 276:932– 934.
- Spss, I. 2008. Spssbase 17.0 for windows. Chicago, IL: IBM SPSS.

- Stephens, J. (2009). Squash, zucchini – Cucurbita pepo L. Horticultural Sciences Program, University of Florida. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/MV/MV14200.pdf>.
- Suquilanda, M. (2003). Agricultura orgánica, alternativa tecnológica para el futuro. UPS UNDAURO: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/2938/1/45011_1.pdf.
- Taylor, M.J. y J. Brant (2002). Trends in world Cucurbit production, 1991 to 2001. En: D.N. Maynard (ed.), pp. 373-379. Cucurbitaceae. ASHS Press. Alexandria, VA.
- UPV (universidad Politécnica de Valencia). (2006). Cucurbitáceas. <http://www.euita.upv.es/varios/biologia/temas%20angiospermas/Dil%C3%A9nidas/Cucurbit%C3%A1ceas/Cucurbit%C3%A1ceas.htm>(Fecha de consulta: 05/012/18).
- Valdés, R.M.P.; Ortiz, G.S.; Baena, G.D.; Y Vallejo, C.F.A. 2010. Evaluación de poblaciones de zapallo Cucurbita moschata Duch. Por caracteres de importancia agroindustrial. Acta Agronomica 59 (1): 91–96.
- Vallejo, C.F.A.; Y Estrada, S.E.I. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Imágenes Gráficas. ISBN: 958-8095-28. p. 191.
- Vega G., A.M. 2015. Efecto en la Absorción de Minerales N, P, K en chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) inoculado con (*Azospirillum* sp) en invernadero. Tesis ingeniero agroecología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. p. 17 y18.
- Voinnet O. 2005. RNA silencing compared with innate immunity. Nature Rev Gen 6:206-220.