

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Bacterias Fijadoras de Nitrógeno y Fertilización Nitrogenada Afectan la Producción de Calabacita (*Cucurbita pepo* L.) Var. Grey Zucchini Bajo Condiciones de Cubierta Flotante

Por:

ALEXIS VÁZQUEZ GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Bacterias Fijadoras de Nitrógeno y Fertilización Nitrogenada Afectan la Producción de Calabacita (*Cucurbita pepo* L.) Var. Grey Zucchini Bajo Condiciones de Cubierta Flotante

Por:

ALEXIS VÁZQUEZ GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

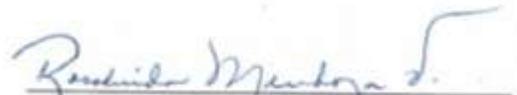


Dr. Armando Hernández Pérez

Asesor Principal


M.C. Belén Guadalupe Muñoz Rocha

Coasesora


Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Coasesora


Dr. Jerónimo Landeros Flores

Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

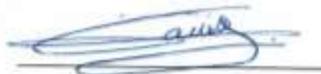
Marzo, 2023

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Alexis Vázquez García

Dedicatoria

A mi papá Berzain Vázquez Rodríguez, gracias por brindarme todo el apoyo durante el transcurso de mi formación profesional, tanto económica y moralmente. Gracias por todos sus consejos y guiarme por un buen camino. Gracias por todas las cosas.

A mi mamá Flor y Nelda García López, gracias por apoyarme siempre y ayudarme a culminar otra etapa más en mi vida. Gracias por estar en todo momento, en los momentos de alegría y tristeza. Gracias también por esos buenos consejos y ayudarme a ser buena persona dentro y fuera de la universidad. Por esto y más, muchas gracias.

A mi hermano Roberto Carlos Vázquez García, gracias por guiarme y apoyarme en los primeros años de la universidad. Gracias por estar siempre motivándome a salir adelante, tanto como dentro y fuera de la universidad. Muchas gracias hermano.

A mi familia, en especial a mi abuela Rosa Rodríguez Velasco † que en paz descanse, llevo siempre en cuenta sus buenos consejos y momentos que viví a su lado y sé que también se hubiera sentido orgullosa de este gran logro. A mis demás abuelos, abuelas, tíos, tías que también en algún momento estuvieron apoyándome de una u otra forma, gracias por todo.

Espero que este triunfo que no es solo mío, sino que también de ustedes, los llene de mucho orgullo.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro gracias por darme la oportunidad de vivir muchas experiencias inolvidables, tanto en sus aulas como fuera de estas. Gracias por todo, mi Alma Mater.

Al Dr. Armando Hernández Pérez, agradezco por permitir ser mi asesor principal en la realización de este trabajo de tesis. Gracias por brindarme lo necesario para establecer el experimento en campo, así como también el tiempo dedicado para la revisión de este trabajo.

A la M.C. Belén Guadalupe Muñoz Rocha y la Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal gracias por formar parte del comité de asesoría y también por el tiempo empleado para el desarrollo y revisión de esta tesis.

A todos los maestros que me transmitieron sus conocimientos durante toda mi carrera profesional, gracias.

A mis compañeros con los que compartí momentos de alegría, aprendizaje, fuera y dentro de la universidad, gracias por todo y espero volver a contar con ustedes.

A Viveros El Volcán S.A. de C.V. gracias por aceptar realizar mi semestre de prácticas profesionales en sus instalaciones y poder ampliar mis conocimientos en el área de ornamentales. Gracias también a los encargados de área, por compartirme sus conocimientos en el manejo de diferentes especies.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
RESUMEN	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Historia.....	3
2.2. Descripción botánica	3
2.3. Valor nutricional	4
2.4. Requerimientos del cultivo.....	5
2.5. Producción mundial, nacional y estatal.....	6
2.6. Fertilización nitrogenada.....	6
2.7. Formas de absorción del nitrógeno	7
2.8. Funciones del nitrógeno en la planta	7
2.9. Disponibilidad del nitrógeno para las plantas.....	8
2.10. Síntomas de deficiencia de nitrógeno en la planta	9
2.11. Pérdidas de nitrógeno.....	9
2.12. Fertilización nitrogenada y su impacto al medio ambiente	10
2.13. Biofertilizante	10
2.14. Clasificación de los biofertilizantes	11
2.15. Bacterias fijadoras de nitrógeno	12
2.16. Agricultura protegida.....	13
2.17. Estructuras empleadas en agricultura protegida.....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Localización	16
3.2. Material vegetal	16
3.3. Tratamientos.....	16
3.4. Diseño experimental	17

3.5.	Producto (BFN).....	17
3.6.	Establecimiento del cultivo.....	18
3.7.	Manejo del cultivo.....	18
3.8.	VARIABLES EVALUADAS.....	19
3.9.	Análisis estadístico.....	20
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1.	Altura.....	24
4.2.	Número de hojas.....	25
4.3.	Peso fresco de hojas.....	26
4.4.	Nitrato (NO ₃ ⁻).....	27
4.5.	Potasio (K ⁺).....	29
4.6.	Calcio (Ca ²⁺).....	30
4.7.	Peso de fruto.....	31
4.8.	Rendimiento por planta.....	32
4.9.	Rendimiento por hectárea.....	33
5.	CONCLUSIÓN.....	35
6.	LITERATURA CITADA.....	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Establecimiento de los tratamientos en función de las diferentes concentraciones de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno.	16
Cuadro 2. Efecto de diferentes concentraciones de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno en el crecimiento de calabacita variedad Grey Zucchini....	21
Cuadro 3. Efecto de diferentes concentraciones de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno en la concentración de nitrato (NO_3^-), potasio (K^+) y calcio (Ca^{2+}) en la etapa floración y de producción de calabacita variedad Grey Zucchini.	23
Cuadro 4. Efecto de diferentes concentraciones de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno en el rendimiento de calabacita variedad Grey Zucchini. ..	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno en la altura de planta de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.	25
Figura 2. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en el número de hojas de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.	26
Figura 3. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en el peso fresco de hojas de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.	27
Figura 4. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en la concentración de NO_3^- en el extracto celular de peciolo de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.	28
Figura 5. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en la concentración de K^+ en el extracto celular de peciolo de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.	29
Figura 6. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en la concentración de Ca^{2+} en el extracto celular de peciolo de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.	30
Figura 7. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en el peso de fruto de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.	31
Figura 8. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno en el rendimiento por planta de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.	33

Figura 9. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en el rendimiento por hectárea de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media. 34

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluaron tres dosis de nitrógeno (0, 50 y 100 %) y tres dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno (0, 1 y 2 l ha⁻¹), la combinación de estos dos factores dio nueve tratamientos. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 3 x 3 y seis repeticiones por tratamiento, teniendo un total de 54 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco del tallo, número de hojas, peso fresco de hojas, diámetro ecuatorial, peso de fruto, rendimiento por planta, rendimiento por hectárea y concentración de NO₃⁻, K⁺ y Ca⁺⁺ en el peciolo de la hoja. El rendimiento por hectárea (t ha⁻¹) fue mayor con un 36.6 % con la concentración del 100 % de nitrógeno y 1 l ha⁻¹ de BFN, respecto al testigo. Por otro lado, la concentración de NO₃⁻ superaron al testigo un 194.2 % al aplicar el 100 % de N y 1 l ha⁻¹ de BFN en la fase de floración y durante la fase de producción el incremento solo fue un 21 % en comparación a las plantas control y con la aplicación de 100 % de nitrógeno y 2 l ha⁻¹ de BFN. La concentración de K⁺ fueron mayores en plantas que recibieron 1 l ha⁻¹ de BFN y sin fertilización nitrogenada en la fase floración y producción (4.5 % y 19.2 %, respectivamente). Mientras que, la concentración de Ca⁺⁺ al suministrar el 100 % de nitrógeno y 2 l ha⁻¹ de BFN registró un 49.2 % respecto al testigo en la fase de floración, y en la fase de producción, al aplicar 2 l ha⁻¹ de BFN sin ninguna dosis de nitrógeno, la concentración de Ca⁺⁺ fue un 15.84 % superior en comparación con las plantas control. Esto señala que, la aplicación de biofertilizantes beneficia en el crecimiento, rendimiento y concentración de NO₃⁻, K⁺ y Ca⁺⁺ en plantas de calabacita var. Grey Zucchini.

Palabras clave: Biofertilizante, agricultura protegida, bacterias.

1. INTRODUCCIÓN

La familia cucurbitácea es una de las más amplias, abarca aproximadamente 130 géneros y 800 especies que se cultivan en regiones cálidas alrededor del mundo, dentro de esta, se incluye cultivos de gran importancia económica como la calabacita (*Cucurbita pepo* L.), la cual es una especie que presenta grandes beneficios alimenticios y medicinales (Apáez *et al.*, 2020).

México encabeza las exportaciones de calabazas en el mercado internacional, en el año 2020 se tuvo un volumen de exportación de 547,847 toneladas, además, España, Nueva Zelandia, Turquía, se encuentran entre los primeros lugares de países exportadores de este producto (FAOSTAT, 2022). Estados Unidos es el principal importador de calabacita producida en México, gracias a la alta demanda que existe en ese país, para el año 2022 dejó una derrama económica de 189,167,366 dólares (SIAP, 2022).

La producción de *C. pepo*, demanda altas cantidades de fertilizantes sintéticos para un adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas, particularmente el nitrógeno (N) (Alvarado *et al.*, 2021). Los fertilizantes sintéticos que más emplea el 50 % de la población mundial en el sector agrícola para la producción de alimentos, son los fertilizantes nitrogenados. La urea y otras fuentes ricas en nitrógeno como nitrato de calcio, nitrato de potasio, nitrato de amonio, fosfato monoamónico, etc, son las más utilizadas y en algunos casos tienden a tener una eficiencia baja debido a pérdidas por volatilización en forma de amoníaco y lixiviación como nitratos, lo que ocasiona procesos de degradación de los recursos naturales como eutroficación de cuerpos de agua y acidificación del suelo, inhibición de su biota, pérdida de la fertilidad y emisión de gases de efecto invernadero (Obregón, 2015).

Con la finalidad de reducir los daños que se ocasionan a los suelos y otros medios naturales con la utilización de los fertilizantes químicos nitrogenados, se busca nuevas tecnologías que sean amigables con el medio ambiente. El uso de biofertilizantes a base de bacterias fijadoras de nitrógeno permite disminuir considerablemente la cantidad de fertilizantes nitrogenados, así como también los

costos, y con esto lograr abrir el camino hacia una producción más sustentable de la calabacita.

1.1. Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno en el crecimiento, rendimiento y concentración de iones en el peciolo de las hojas de calabacita var. Grey Zucchini.

Objetivos específicos

- Obtener la concentración adecuada de nitrógeno que promueva el crecimiento, rendimiento y concentración de NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} en el peciolo de las hojas de calabacita var. Grey Zucchini.
- Determinar la dosis óptima de bacterias fijadoras de nitrógeno que aumente el crecimiento, rendimiento y concentración de NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} en el peciolo de las hojas de calabacita var. Grey Zucchini.
- Determinar la interacción de la concentración de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno en el crecimiento, rendimiento y concentración de NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} en el peciolo de las hojas de calabacita var. Grey Zucchini.

1.2. Hipótesis

- Al menos una de las combinaciones entre la concentración de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno tendrá un efecto positivo en el crecimiento, rendimiento y la concentración NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} en el peciolo de las hojas de calabacita var. Grey Zucchini.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Historia

Según los estudios arqueológicos, señalan que esta especie estaba ampliamente distribuida por el norte de México y el suroeste de los Estados Unidos desde hace 7000 años a. C. hasta la Era Cristiana. Por evidencia histórica se sabe que también estaba distribuida en otras regiones, como en el centro y en el este de los Estados Unidos. En la región del Río Guadalupe de Texas crece una forma de Cucurbita silvestre, *C. texana*, la cual según algunos investigadores podría ser la forma ancestral de *C. pepo* (Casseres, 1980). Se piensa que por miles de años las especies del género *Cucurbita*, fueron importantes en la dieta de las sociedades precolombinas (Rodríguez et al., 2018).

2.2. Descripción botánica

Raíz: El sistema radicular es poco profundo y se desarrolla en el horizonte más superficial del suelo en 1 m de profundidad. Está formada por una raíz principal, axonomorfa, de grandes dimensiones en relación con el tamaño de las raíces secundarias, además, por la superficie de los entrenudos, pueden existir raíces adventicias si el tallo se encuentra en contacto con el suelo humedecido (López, 2017).

Tallo: Presenta tallos pequeños y semierectos con entrenudos cortos. Todas las variedades de calabaza tienen la facilidad de formar raíces adventicias, lo cual favorece el sistema radical y le proporciona mayor resistencia de las plantas, al viento (Pérez et al., 1997).

Hojas: Las hojas se encuentran sobre peciolo de 20-30 cm de largo; las láminas presentan una consistencia herbácea a cartácea, anchas ovado-cordadas a triangular cordadas, se caracterizan también por presentar 3-5 lóbulos profundos lobuladas o sectadas, lóbulos triangulares a rómbico-elípticos, ápice de los lóbulos

redondeado, obtuso o agudo y los márgenes son denticulados a serrado-denticulados (Mera et al., 2011).

Zarcillos: Se originan en las axilas de las hojas y generalmente se presentan ramificados (Pérez *et al.*, 1997).

Flor: Las flores femeninas nacen solitarias de la misma axila que las flores masculinas. Se distinguen de éstas por su abultamiento. Mientras que, las flores masculinas son alargadas y nacen en grupos (Parsons, 1984).

Fruto: Los frutos son de color verde claro, aunque existen algunas variedades más oscuras. En cuanto a longitud, miden de 12 a 15 cm y las semillas son de color blanco, crema o ligeramente café (SIAP, 2022).

2.3. Valor nutricional

En lo relacionado al valor nutricional de la calabacita, a continuación se describe la concentración de los principales compuestos de esta especie con base en 100 gr de parte comestible.

Agua -----	90.6%
Proteínas -----	0.8gr.
Carbohidratos -----	7.7 gr.
Ca -----	14.0 mg
P -----	16.0 mg
Fe -----	0.4 mg
Na -----	12.0 mg
K -----	251 mg
Ácido ascórbico -----	23.0 mg
Tiamina (B1) -----	0.04 mg

Rivoflavina (B2) ----- 0.03 mg

Vitamina A ----- 0.3 microgramos.

La calabacita contiene más proteína que las demás cucurbitáceas (sandía, melón y pepino). Al comparar esta hortaliza con el pepino, ya que se consume de la misma forma (fruto inmaduro), se tiene que la calabacita presenta mayor contenido de vitaminas (B1, B2 y A); y en cuanto a minerales y contenido de agua, estas dos especies son casi similares (Valadez, 1976).

2.4. Requerimientos del cultivo

Suelo: El cultivo de calabacita debe establecerse en suelos con buen drenaje, se adapta bien a suelos de textura media a pesada, como suelos francos, franco-arenosos, franco-limosos, franco-arcillo-limosos y franco-arcillosos. El rango de pH para esta especie hortícola está entre 4.5 y 8.2, con un óptimo alrededor de 6.4. Además, se considera un cultivo de alta tolerancia a la salinidad (Ruíz et al., 2013).

Temperatura: Es una hortaliza de clima cálido, por lo cual no tolera heladas; es insensible al fotoperiodo. La temperatura para la germinación de las semillas debe 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 (Valadez, 1976).

Humedad: *C. pepo* es sensible a climas húmedos y de mucha precipitación, por lo que la humedad relativa requerida para este cultivo se encuentra entre el 65 y 80 %, un elevado porcentaje de HR, provoca la aparición de enfermedades fitosanitarias (Moran, 2021).

2.5. Producción mundial, nacional y estatal

Producción mundial: México se posiciona en el 7° lugar del ranking mundial de producción de calabacita (SIAP, 2022). China se ha consolidado en el primer lugar de producción mundial de calabacita, para el año 2020, se generaron 7,376,605 toneladas, seguido de Ucrania con una producción de 1,291,405 toneladas y la Federación de Rusia con 1,158,853. Estados Unidos de América, España, Turquía, Bangladesh, Italia y Indonesia son los demás países que contribuyen con el resto de la producción mundial (FAOSTAT, 2022).

Producción nacional: De acuerdo al SIAP (2022) para el año 2022 en México se produjeron 564,588 toneladas de calabacita. Sonora fue el estado que contribuyó con la mayor producción nacional con un total de 164, 209 toneladas, seguido de Puebla (70,550 toneladas) y Sinaloa (56,924 toneladas), con un valor de producción nacional del 33.5 %, 10.8 % y 10.2 %, respectivamente, siendo estos los principales estados productores (SIAP, 2022).

Producción estatal: El SIAP (2022) reporta que en el estado de Coahuila la superficie sembrada de calabacita para el ciclo primavera-verano en el año 2020 bajo condiciones de riego, fue de 257 hectáreas, en las cuales se obtuvo un rendimiento de 22,720 ton/ha⁻¹. Siendo Acuña, Frontera, La Laguna y Saltillo las principales regiones productoras (SIAP, 2022).

2.6. Fertilización nitrogenada

El nitrógeno es abundante en la atmósfera y abarca aproximadamente el 78 % de su contenido. Es un componente de la materia orgánica en el suelo. Sin embargo, el nitrógeno orgánico y atmosférico no pueden ser utilizados directamente por las plantas. Para que las plantas absorban el nitrógeno, primero se debe convertir en amonio (NH₄⁺) y/o nitrato (NO₃⁻), que son las formas disponibles para la absorción por las plantas (Sela, 2021). El nitrógeno en forma de NO₃⁻ es preferentemente absorbido por la mayoría de las plantas vasculares, mientras que la forma NH₄⁺

resulta tóxica para muchas de ellas, incluso en bajas concentraciones cuando ésta es la única fuente de nitrógeno o en combinación con N-NO_3^- (Flores y Rodríguez, 2014). El nitrógeno es un elemento muy móvil en el suelo y puede perderse por diferentes procesos tales como desnitrificación, lixiviación y volatización (Salgado y Núñez, 2010).

2.7. Formas de absorción del nitrógeno

Las plantas absorben el nitrógeno en sus formas más solubles: nitrato (NO_3^-), y amonio (NH_4^+).

Forma nítrica: El anión NO_3^- , pertenece a la parte aniónica del ácido nítrico (NO_3H), así como a la constitución de las distintas sales: NO_3Na (nitrato de sodio), $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$ (nitrato de calcio), $(\text{NO}_3)_2\text{Mg}$ (nitrato de magnesio) y NO_3K (Nitrato de potasio).

La forma de nitrato o nítrica es la más utilizada por las plantas (Domínguez, 1978).

Forma amoniaca: El catión NH_4^+ es otra forma importante de absorción. Cuando el amoníaco está disuelto en agua recibe un protón (H^+) cargándose positivamente. Además, el NH_4^+ forma parte de todas las sales amoniacaes como: NO_3NH_4 (nitrato de amonio), $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ (sulfato de amonio), $\text{PO}_4\text{H}_2\text{NH}_4$ (fosfato monoamónico) y $\text{PO}_4\text{H}(\text{NH}_4)_2$ (fosfato biamónico) (Rodríguez, 1982).

2.8. Funciones del nitrógeno en la planta

El nitrógeno juega un papel importante en las plantas, tiene una función estructural, como parte de moléculas de aminoácidos y proteínas, además de ser un constituyente de bases nitrogenadas y ácidos nucleicos. También actúa en procesos tales como absorción iónica, fotosíntesis, respiración, multiplicación, diferenciación de células y fundamentalmente en el crecimiento, formación vegetativa de la planta y la producción, ya que estimula el desarrollo de yemas florales y fructíferas, aumentando también el contenido de proteína. Por lo tanto, en

ausencia o bajas cantidades de este nutriente, el crecimiento se retrasa, el tamaño de la planta es reducido y desarrolla ramas delgadas (Rodríguez et al., 2020).

2.9. Disponibilidad del nitrógeno para las plantas

Los procesos en los que el nitrógeno se convierte en formas disponibles son:

Fijación: Las bacterias fijadoras de nitrógeno denominadas diazótrofes que poseen la enzima nitrogenasa son capaces de romper el triple enlace del N molecular y transformarlo a amonio (NH_4). Una vez fijado este elemento en la biomasa bacteriana es incorporado y reciclado al interior del ecosistema, quedando disponible para las plantas (Troncoso et al., 2013).

Descomposición y mineralización: La descomposición de la materia orgánica del suelo y la mineralización son altamente complejos, pues la materia orgánica es una mezcla muy heterogénea, constituida por restos vegetales y animales recientemente incorporados y, también, por materiales húmicos muy resistentes. La biomasa microbiana, responsable de la descomposición de la materia orgánica en el suelo, está compuesta por diversos microorganismos que sufren cambios en respuesta a variaciones en temperatura, humedad, pH y estado de energía del suelo (Videla et al., 2005). Se denomina mineralización al proceso mediante el cual el nitrógeno orgánico del suelo es transformado por los microorganismos del suelo a formas inorgánicas (amonio y nitrato) (Celaya y Castellanos, 2011).

Nitrificación: Es el proceso por el cual el N es transformado por la acción de los microorganismos de la forma amoniacal (NH_4^+) a nitritos (NO_2^-) y posteriormente a nitratos (NO_3^-). El proceso es de gran importancia agrícola pues, aunque algunas plantas pueden tomar el nitrógeno amoniacal, para muchas la forma más disponible es la de nitrato (Castillo, 1982).

2.10. Síntomas de deficiencia de nitrógeno en la planta

Los síntomas de deficiencia de nitrógeno en las plantas consisten en un crecimiento lento; achaparramiento, coloración verde-amarillenta del follaje (clorosis), “quemadura” en los ápices y bordes de las hojas, que se inicia en las hojas más maduras. Por lo general, la clorosis es más pronunciada, en los tejidos maduros, ya que el nitrógeno es móvil dentro de las plantas y tiende a desplazarse de los tejidos maduros a los tejidos jóvenes cuando este elemento es poco abundante (Ludwick, 2004).

2.11. Pérdidas de nitrógeno

Desnitrificación: Es la reducción bioquímica de los nitratos bajo condiciones anaeróbicas (Tisdale y Nelson, 1982). Consiste en la liberación de óxidos de N desde el suelo hacia la atmósfera. Ello afecta negativamente la economía del agricultor y pueden afectar de igual manera el ambiente. Uno de los gases emitidos es el N_2O (óxido nitroso). Este es un gas que incrementa el efecto invernadero y contribuye al adelgazamiento de la capa de ozono (Mora et al., 2007).

Volatilización: Cuando se aplican fertilizantes nitrogenados que contienen NH_4^+ , como el nitrato de amonio y el sulfato de amonio, en la superficie de suelos alcalinos o calcáreos, se producen reacciones químicas que pueden causar pérdidas de N en forma de amoníaco (NH_3 gaseoso, en un proceso denominado volatilización) (INPOFOS, 1997).

Lixiviación: La lixiviación se define como el movimiento hacia abajo del NO_3^- a través del suelo por infiltración y flujo del agua. La lixiviación de nitratos (NO_3^-) es inevitable a pesar de la implementación de mejores prácticas agrícolas, tales como el manejo del recurso hídrico y la adecuada fertilización nitrogenada (Morales et al., 2021).

2.12. Fertilización nitrogenada y su impacto al medio ambiente

Se estima que únicamente el 50 % de N en forma de fertilizante aplicado a los cultivos es incorporado en la biomasa de éstos, mientras que la otra mitad se pierde en forma gaseosa a la atmósfera o se lixivia desde el suelo hacia cuerpos de agua (Morales et al., 2021). Entre los problemas ambientales de lagos y embalses, la eutrofización es uno de los más frecuentes. Este fenómeno se define como el abastecimiento excesivo de los nutrientes nitrógeno y fósforo a los cuerpos de agua, con el frecuente crecimiento acelerado de microalgas, que puede producir la muerte de peces al despojarlos del oxígeno que necesitan para vivir. La eutrofización ejerce grandes impactos ecológicos, sanitarios y económicos (Moreno et al., 2010).

En las lagunas y ríos, los compuestos nitrogenados (Nitrato de amonio, nitrato de potasio, urea, cloruro de amonio, sulfato de amonio y fosfato de amonio) son convertidos en óxidos de nitrógeno. Los óxidos de nitrógeno (óxido de nitrógeno (V) N_2O_5 y óxido de nitrógeno (III) N_2O_3), son compuestos volátiles que viajan a la atmósfera y que, al contacto con el agua de las nubes, reaccionan produciendo los ácidos trioxonítrico (V) HNO_3 y el ácido dioxonítrico (III) HNO_2 . Estos ácidos precipitan durante las lluvias, fenómeno conocido como lluvia ácida. La lluvia ácida es perjudicial para la agricultura, las estructuras e incluso para la salud humana. (Carbajal et al., 2022).

2.13. Biofertilizante

Los biofertilizantes son sustancias que contienen microorganismos vivos que, al ser aplicadas a semillas, superficies de plantas o suelo, coloniza la rizósfera o el interior de la planta y promueve su crecimiento aumentando el suministro o la disponibilidad de nutrientes primarios (Afanador, 2017). Los biofertilizantes son alternativas de solución para el incremento de la productividad en zonas agrícolas, siendo su utilización en algunos países considerados para la obtención de producciones orgánicas (Franco, 2022).

2.14. Clasificación de los biofertilizantes

Los biofertilizantes pueden ser clasificados en 4 grupos de acuerdo al mecanismo (s) empleado para promover el crecimiento de las plantas: fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, captadores de fósforo y promotores de crecimiento.

Fijadores de nitrógeno: Microorganismos que tienen la capacidad de transformar el nitrógeno (N₂) atmosférico a amoníaco. Los microorganismos fijadores de nitrógeno incluyen dos variantes: los fijadores simbióticos que fijan nitrógeno en asociación con plantas, y los no simbióticos (asimbióticas) o de vida libre que proporcionan al medio compuestos nitrogenados como amonio, aprovechados por los vegetales. Numerosas bacterias de los géneros *Azotobacter* sp, *Azospirillum* sp, *Pseudomonas* sp, *Enterobacter* sp y *Klebsiella* sp., son eficientes fijadoras asimbióticas de nitrógeno (Lara et al., 2007).

Solubilizadores de fósforo: Dentro de los principales grupos de microorganismos solubilizadores de fósforo se encuentran las bacterias, entre las cuales destacan los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Aerobacter*, *Flavobacterium*, *Azotobacter*, *Azospirillum* *Erwinia*, las cuales presentan genes involucrados en el mecanismo de solubilización, además de producir diversos ácidos orgánicos, los cuales disminuyen el pH del suelo, favoreciendo la disociación de los enlaces formados entre el fósforo y algunos iones, además producen diversas enzimas como las fosfatasas y fitasas las cuales están involucradas en la solubilización del fósforo (Flores et al., 2014).

Captadores de fósforo: Los hongos micorrízicos arbusculares (AMF) son microorganismos que colonizan las raíces de las plantas huésped y promueven el crecimiento de las plantas debido a una mejor captación y absorción de nutrientes, principalmente fósforo, la relevancia de los AMF para la absorción de otros nutrientes está menos investigada (Farzaneh et al., 2011). Dentro de este grupo de microorganismos, destacan los géneros: *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Glomus*, *Entrophospora* (Barrera, 2009).

Promotores de crecimiento: Son un grupo de diferentes especies que pueden incrementar el crecimiento y productividad en la plantas. Entre los organismos más conocidos, están las especies pertenecientes a los géneros *Rhizobium* sp., *Pseudomonas* sp. y *Azospirillum* sp. (González y Fuentes, 2017).

2.15. Bacterias fijadoras de nitrógeno

Género *Rhizobium*: Las bacterias del género *Rhizobium* pertenecen al grupo de microorganismos fijadores de nitrógeno que forman una asociación simbiótica entre la bacteria y la planta hospedera, principalmente plantas leguminosas. Su principal característica fisiológica es la formación de estructuras nodulares que participan en la fijación y transformación de nitrógeno atmosférico. Este mecanismo inicia por la invasión del microorganismo sobre las raíces de la planta, formándose de esta manera una estructura llamada “nódulo”, donde la bacteria en su forma de bacteroide está involucrada en la fijación biológica de nitrógeno, el cual puede ser aprovechado por la planta huésped (Flores et al., 2014).

Género *Azotobacter*: Las bacterias fijadoras de nitrógeno (diazótrofas) fueron las primeras en producirse comercialmente con fines de biofertilización. Posteriormente, las bacterias diazótrofas asimbióticas cobraron importancia en la agricultura. De este grupo, las más utilizadas como biofertilizantes corresponden al género *Azotobacter*, el cual se encuentra en abundancia en la rizósfera de suelos con alto contenido de materia orgánica, fosfatos y valores de pH cercanos a la neutralidad. Las bacterias del género *Azotobacter* son fijadoras de nitrógeno de vida libre, solubilizadoras de fósforo y productoras de sustancias promotoras del crecimiento. La especie más importante es *Azotobacter vinelandii* (Flores y Rodríguez, 2014).

En la atmósfera el nitrógeno ocupa aproximadamente el 80%, existiendo en la forma $N\equiv N$; sin embargo, el N_2 debido al triple enlace entre los dos átomos de nitrógeno, que hace a la molécula casi inerte, no puede ser aprovechado por la mayoría de los organismos, sino sólo por un pequeño grupo de microorganismos altamente

especializados, como *Azotobacter* que cuentan con la presencia del sistema enzimático nitrogenasa, que les permite la reducción del nitrógeno molecular ($N\equiv N$) atmosférico hasta la forma asimilable NH_4^+ (Mayz, 2004).

Género *Azospirillum*: *Azospirillum* es una bacteria que se encuentra en la rizósfera de una variedad plantas. Es de vida libre, coloniza las raíces y zonas cercanas a ellas y tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, lo cual contribuye al crecimiento de las plantas. Sin embargo, esta capacidad no es la que más promueve el crecimiento de las plantas, sino su producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal, tales como auxinas, citocininas, giberelinas, entre otras (Flores et al., 2014).

2.16. Agricultura protegida

La agricultura protegida es aquella en la que los cultivos se encuentran resguardados con cubiertas plásticas, malla sombra u otro tipo de material que permiten tener un control de condiciones ambientales como la temperatura, humedad y luz. Al tener dichas condiciones controladas, el productor puede proteger sus cultivos de fenómenos como heladas, lluvias, sequías o plagas; lo que previene la pérdida de estos y genera un aumento de la producción (SADER, 2020).

2.17. Estructuras empleadas en agricultura protegida

Invernaderos: Los invernaderos son estructuras construidas con diversos materiales, cuya altura es mayor de dos metros en la parte útil, con anchos mayores de seis metros y de longitud variable. Uniendo varias naves o módulos se obtienen grandes dimensiones de superficies cubiertas. Por el tamaño de estas estructuras, permiten que todas las labores y prácticas que requieren los cultivos se realicen en el interior de estas (Juárez et al., 2011).

Microtúneles: Los Microtúneles son estructuras sencillas que cubren un único surco de cultivo y están contruidos con barras de hierro liso de 6 mm de diámetro (arcos), polietileno de Larga Duración (LD) o Larga Duración Térmica (LDT) de 80 a 100 micrones de espesor (cobertura) y un sistema de sujeción con hilo (atado) (Pernuzzi et al., 2017).

Macrotúneles: Los macrotúneles son estructuras de protección que no tienen las características de anchura y altura al canal para ser considerados como invernaderos, pero que permiten que las personas trabajen en su interior. En el mundo se encuentran macrotúneles con diversas formas geométricas, pero al igual que en México, predomina la de semiarco, debido a que son de fácil construcción, bajo costo, de 4 a 5 m de ancho y de 2 a 3 m de alto y de longitudes variables (Escamirosa et al., 2021).

Malla sombra y casa sombra: Las casa sombra y la malla sombra son dos elementos que se emplean para disminuir la cantidad de energía radiante que llega a los cultivos. Las mallas empleadas para cubrir completamente estructuras de invernaderos o estructuras tipo cobertizos, conocidas comercialmente como casas sombra, consisten en una tela tejida de plásticos con entramados de cuadros de diferentes tamaños que sirve como cubierta protectora que regula la cantidad de luz que llega a las plantas y proteger los efectos del granizo, insectos, aves y roedores. (Juárez et al., 2011).

Cubiertas flotantes: Las cubiertas flotantes son películas transparentes y flexibles de polietileno multiperforado, de telas no tejida de polipropileno o poliéster que se colocan sobre los surcos de cultivo con el propósito de acelerar el crecimiento y el rendimiento de los cultivos. Por la facilidad con que pueden ser colocadas y por su bajo costo, son más empleadas que los métodos convencionales de túneles bajos. Las cubiertas se soportan sobre arcos para proteger al cultivo del golpeteo del viento, la tierra y la desecación (Ibarra y Flores, 1997). Las cubiertas flotantes inducen la precocidad de los cultivos haciéndolos producir con antelación de 7-21 días en comparación con el cultivo tradicional (Linares, 1998). Una de las funciones primordiales de las cubiertas flotantes es la

de proveer protección contra heladas ya que debido a su formulación y construcción proporciona una ganancia de hasta 5 °C, con esto se puede lograr el crecimiento del cultivo durante los periodos de temperaturas bajas en el ambiente (Hernández, 2005). Ibarra y Flores (1997) reportan que el uso de cubiertas flotantes en los cultivos de sandía y calabacita, aumentan el rendimiento un 35.3 y 39.7 %, respectivamente, en comparación con los métodos tradicionales de cultivo. Mientras que, Solís (2021) reporta que, al utilizar manta térmica en cultivo de sandía, la producción se aumenta un 13.01 %.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El trabajo experimental se realizó durante los meses de marzo a mayo del 2022 en el Departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. El cual se encuentra situado a una altitud de 1761 m.s.n.m y se ubica geográficamente en una latitud de 25°21'22.27"N y una longitud de 101° 2'9.13"O. El clima es seco-árido, templado con verano fresco largo, con régimen de lluvias escasas todo el año tendiendo a llover más en el verano y clima extremoso. Presenta una temperatura promedio anual de 19.8 °C, la humedad relativa máxima es del 80 % en los meses lluviosos y la más baja de 30 % en promedio en los meses secos. Así como también una precipitación media anual de 435 milímetros y caracterizado por presentar un suelo franco-arcilloso.

3.2. Material vegetal

Se utilizaron semillas de calabaza larga, variedad Grey Zucchini. Esta variedad se caracteriza por presentar frutos semiespinosos de color gris verdoso. Su forma es cilíndrica y ligeramente punteada. Además, el interior de los frutos se caracteriza por su color verde pálido y un tamaño promedio de 13 a 20 cm.

3.3. Tratamientos

Se evaluó tres diferentes concentraciones de nitrógeno (0 %, 50 % y 100 %) y tres dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) (0, 1 y 2 l ha⁻¹). Se tomó como base la siguiente fórmula de fertilización 120-77-210. Siendo el testigo con 0 fertilización nitrogenada y 0 dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno (Cuadro 1).

Cuadro 1. Establecimiento de los tratamientos en función de las diferentes concentraciones de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno.

Tratamiento	Concentración de nitrógeno (%)	Dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno (l ha ⁻¹)
1 (control)	0	0
2	0	1
3	0	2
4	50	0
5	50	1
6	50	2
7	100	0
8	100	1
9	100	2

3.4. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 3 x 3 dando un total de nueve tratamientos y seis repeticiones por tratamiento, teniendo un total de 54 unidades experimentales.

3.5. Producto (BFN)

Bac-Klyn es un complejo microbiano enzimático (*Azotobacter vinelandii*, *Clostridium pasteurianum*, *Nitrosomonas* sp., *Nitrobacter* sp, *Nitrococcus* sp., *Pseudomonas* sp., *Micrococcus* sp., *Lactobacter* sp., *Thermoactinomyces* sp., *Actinomyces* sp., *Aspergillus* sp., *Lactobacillus* sp., *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus* y *Bacillus megaterium*) que contiene diversos microorganismos los cuales aumentan la fertilidad de los suelos, proveyendo de nutrientes esenciales para el buen desarrollo de los cultivos. Promueven la fijación y mineralización de nitrógeno, así como facilitar la solubilidad y absorción de nutrientes, también permite un incremento de la materia orgánica mejorando así el pH y estructura de los suelos. Los microorganismos del género *Bacillus* presentes, poseen la facultad de brindar

protección contra enfermedades radiculares de cultivos causadas por algas y hongos fitopatógenos cuyo inóculo se encuentra en el suelo. Además, promueve el desarrollo vegetativo e incrementa la productividad del cultivo.

3.6. Establecimiento del cultivo

Preparación de camas: Se prepararon camas con dimensiones de 30 m de largo por 40 cm de ancho. Para la formación de las camas se requirieron algunas herramientas como palas, pico y rastrillo.

Acondicionamiento del suelo: Se utilizó lombricomposta y bocashi, en una relación 70 % y 30 % respectivamente. Estos productos se incorporaron al suelo, en línea de siembra y en todo el área del trabajo experimental.

Instalación de microtúnel: Se utilizó agribón de 180 cm de ancho y arcos de alambón de 1.8 m de longitud. La cubierta fue fijada con ayuda de estacas de madera y rafia, dejando el microtúnel a una altura de 50 cm.

Instalación del sistema de riego: El sistema de utilizado fue riego por goteo, se usó dos cintillas por cama, de la marca Toro con goteros a cada 20 cm y un gasto de 1.03 l h⁻¹.

Siembra: Esta actividad se realizó de forma manual el 23 de marzo del 2022. Las semillas se enterraron a una profundidad de tres veces el tamaño de la misma en un sistema de tresbolillo y a una distancia de 35 cm entre plantas.

3.7. Manejo del cultivo

Riego: El primer riego que se aplicó al cultivo fue inmediatamente después de la siembra, para favorecer el proceso de germinación. Los riegos posteriores se hicieron de acuerdo al requerimiento del cultivo y las condiciones del tiempo, por lo regular los riegos fueron de dos horas cada segundo día.

Fertilización: La fertilización se llevó a cabo de acuerdo a los tratamientos establecidos previamente. Se aplicaron fertilizantes por 7 semanas, realizando una

aplicación por cada semana. Se inició el día 7 de abril del 2022 y la última aplicación fue el 19 de mayo del 2022. Los fertilizantes utilizados fueron el fosfato monopotásico, nitrato de potasio, fosfonitrato y cloruro de potasio.

Aplicación de Bac-Klyn: Se hicieron tres aplicaciones de este producto durante todo el ciclo del cultivo, la primera fue en la fase vegetativa, la segunda en la fase de floración y la tercera durante la fase de producción. Las dosis que se aplicaron fueron de acuerdo a los tratamientos anteriormente descritos.

Control de malezas: La eliminación de las malezas en el cultivo se hizo de forma manual con la ayuda de azadones. Esta actividad se realizó semanalmente.

Control de plagas: En el cultivo establecido, la plaga que más se presentó durante el ciclo del cultivo fue la diabrotica, en el que los insectos adultos se alimentaban del follaje y dejaban huecos redondos y grandes reduciendo la capacidad de fotosintética. Para su control se realizaron aplicaciones de un insecticida químico.

Cosecha: La cosecha se inició del 7 de mayo al 26 de mayo del 2022. Esta actividad se realizó diariamente para evitar que los frutos se maduraran y perdieran calidad. El índice de cosecha que consideró fue cuando los frutos ya presentaban el tamaño comercial. Se utilizaron cuchillos y navajas para realizar el corte de los frutos.

3.8. Variables evaluadas

Altura de planta (AP). Esta variable se midió desde la base hasta la parte más alta de la planta. Para la medición se utilizó un flexómetro.

Diámetro de tallo (DT). Al final del ciclo del cultivo, con el apoyo de un vernier se tomó la medida de la base del tallo.

Peso fresco del tallo (PFT). Para la medición de esta variable, se eliminaron las hojas y raíz de cada planta, posteriormente se colocaron los tallos en una bolsa de papel kraft y con la ayuda de una balanza analítica se tomó el peso.

Número de hojas (NH). El conteo de hojas se realizó al final del ciclo del cultivo. Se consideraron las hojas bien desarrolladas y activas.

Peso fresco de hojas (PFH). Para la medición de esta variable se separaron todas las hojas del tallo y posteriormente se colocaron en una bolsa de papel kraft para posteriormente pesarlas en una balanza analítica.

Extracto celular de peciolo (ECP). Se determinó utilizando medidores portátiles de nutrientes marca HORIBA, los cuales se midieron las concentraciones de NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} . Los resultados se obtuvieron en ppm. Se seleccionaron hojas bien desarrolladas y activas en la parte intermedia de la planta en un horario de 10:00 am a 11:00 am. Se recolectó dos peciolos por cada repetición. Con la ayuda de un exprimidor se extrajo el jugo y se depositaron en los sensores de los medidores para que nos arrojaran los resultados.

Diámetro ecuatorial (DE). Con la ayuda de un vernier se tomó la medida de esta variable por el centro de cada fruto cosechado y se registró.

Peso de fruto (PF). Cada fruto cosechado fue pesado con una balanza analítica y estos datos se registró.

Rendimiento por planta (RP). Después de la última cosecha, se sumaron los pesos de los frutos cosechados por planta para obtener el rendimiento.

Rendimiento por hectárea (RH). Al final del ciclo del cultivo, se sumaron los rendimientos por planta, considerando una densidad de plantas de 23,240 plantas por hectárea. Los datos fueron registrados.

3.9. Análisis estadístico

Los datos colectados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) utilizando el programa estadístico SAS versión 9.2.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas de calabacita tratadas con diferentes concentraciones de nitrógeno (N) afectaron significativamente la mayoría de las variables evaluadas con excepción de la variable diámetro de tallo (DT) (Cuadro 2). Mientras que las plantas sometidas a distintas dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) solo se obtuvieron diferencias significativas en el peso fresco de tallo (PFT) y peso fresco de hojas (PFH) (Cuadro 2). La interacción entre la concentración de nitrógeno y dosis de BFN se obtuvo diferencia significativa en altura de planta (AP), número de hojas (NH) y peso fresco de hojas (PFH), pero no se obtuvo diferencia significativa en DT y PFT (Cuadro 2). La mayor AP, NH y PFH se presentaron al suministrar 50 % y 100 % de nitrógeno en comparación con aquellas plantas que no recibieron fertilización nitrogenada (Cuadro 2). Mientras que, el PFT se incrementó en plantas nutridas con el 100 % de la concentración de N (Cuadro 2). Al aplicar 1 litro por hectárea de las BFN se obtuvo mayor PFT, así como también en aquellas plantas que no recibieron ninguna dosis (Cuadro 2). Por otro lado, el mayor PFH se presentó cuando las plantas recibieron dosis de 1 y 2 litros por hectárea (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de diferentes concentraciones de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno en el crecimiento de calabacita variedad Grey Zucchini.

Nitrógeno (%)	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Peso fresco de tallo (g)	Número de hojas	Peso fresco de hojas (g)
0	47.000 b	2.560 a	199.573 c	22.333b	720.56 b
50	50.533 a	2.613 a	223.947 b	24.333a	850.65 a
100	51.933 a	2.660 a	248.120 a	23.666ba	950.40 a
ANVA $P \leq$	0.0001	0.1621	0.0001	0.0042	0.0001
Bacterias					
(l ha ⁻¹)					
0	49.866 a	2.667 a	226.760ba	23.000 a	766.38 b

1	49.53 a	2.586 a	236.520 a	23.933 a	894.07 a
2	50.06 a	2.578 a	208.360 b	23.400 a	861.16 a
ANVA $P \leq$	0.8590	0.1714	0.0189	0.2763	0.0097
Interacción $P \leq$	0.0016	0.1189	0.0731	0.0499	0.0163
CV (%)	5.873	5.890	12.92	7.351	14.643

Las letras a, b y c son las categorías obtenidas de la comparación de medias con Tukey al 0.05. ANVA= análisis de varianza, CV= coeficiente de variación, Interacción= nitrógeno*Bacterias.

Las diferentes concentraciones de nitrógeno (N) influyeron significativamente en todas las variables evaluadas durante la etapa de floración y en la etapa producción (Cuadro 3). Mientras que, las plantas sometidas a distintas dosis BFN se obtuvo diferencia significativa en la mayoría de estas variables, a excepción de la concentración de K^+ en ambas fases del cultivo (Cuadro 3). La interacción entre la concentración de nitrógeno y de la dosis de BFN se observó diferencia significativa en la concentración de estos iones en las dos fases del cultivo (Cuadro 3).

Fase de floración: la mayor concentración de NO_3^- y Ca^{2+} se presentaron al aplicar el 100 % de nitrógeno en comparación cuando se aplicó el 0 % y 50 % de este (Cuadro 3). Pero la concentración de K^+ se incrementó cuando no se aplicó ninguna concentración de nitrógeno, en comparación con aquellas plantas que recibieron el 50 y 100 % de N (Cuadro 3). Así mismo, la aplicación de 2 l de BFN aumentó la concentración de NO_3^- y Ca^{2+} en el peciolo de las hojas en comparación con las otras dosis evaluadas (Cuadro 3).

Fase de producción: La concentración de NO_3^- y Ca^{2+} en el peciolo se aumentó con la aplicación de 0 y 100 % de N en comparación cuando se suministró el 50 % de este nutrimento, mientras que, para K^+ fue mayor en las plantas testigo (Cuadro 3). Con la aplicación de 1 o 2 l ha^{-1} de las BFN incrementaron la concentración de NO_3^- en el peciolo de la hoja (Cuadro 3). Por otro lado, la concentración de Ca^{2+} fue superior cuando se aplicó 0 y 2 l ha^{-1} de las BFN (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de diferentes concentraciones de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno en la concentración de nitrato (NO_3^-), potasio (K^+) y calcio (Ca^{2+}) en la etapa floración y de producción de calabacita variedad Grey Zucchini.

Etapa	Floración			Producción		
	NO_3^-	K^+	Ca^{2+}	NO_3^-	K^+	Ca^{2+}
(%)						
0	919.89c	5683.33a	56.22b	1545.78a	8416.7a	510.00a
50	1359.89b	5350.00b	51.88c	1196.67b	7633.3b	461.67b
100	2316.67a	5350.00b	68.88a	1600a	7200.0b	503.33a
ANVA	$P \leq 0.001$	0.002	0.001	0.001	0.001	0.004
Bacterias						
(l ha ⁻¹)						
0	1411.22b	5500.00a	60.44b	1358.89b	7583.3a	513.33a
1	1470.00b	5433.33a	52.22c	1541.22a	8000.0a	458.33b
2	1715.22a	5450.00a	64.33a	1442.33ba	7666.7a	503.33a
ANVA	$P \leq 0.001$	0.619	0.001	0.01	0.09	0.001
Interacción	$P \leq 0.001$	0.01	0.001	0.001	0.002	0.001
CV (%)	4.691	2.708	2.462	7.096	5.050	5.616

Las letras a, b y c son las categorías obtenidas de la comparación de medias con Tukey al 0.05. ANVA= análisis de varianza, CV= coeficiente de variación, Interacción= nitrógeno*bacterias.

El diámetro ecuatorial (DE), peso de fruto (PF), rendimiento por planta (RP) y el rendimiento por hectárea (RH) fueron afectados significativamente por la concentración de nitrógeno (Cuadro 4). Las diferentes dosis de BFN influyeron significativamente casi en todas variables, a excepción del PF pues esta no presentó diferencia significativa (Cuadro 4). La interacción de las diferentes concentraciones de nitrógeno y de las dosis de BFN registraron diferencias significativas en todos los parámetros de rendimiento, con excepción de DE (Cuadro 4).

Aquellas plantas que recibieron el 50 % y 100 % de nitrógeno presentaron mayor DE y PF, a diferencia de aquellas plantas tratadas con 0 % de N (Cuadro 4). Con la aplicación 100 % de nitrógeno se obtuvo un mayor RP y RH a comparación de las

plantas que recibieron menor o ninguna concentración de N (Cuadro 4). El mayor DE se obtuvo al aplicar 0 ó 2 l ha⁻¹ de las BFN (Cuadro 4). El mayor RP y RH se obtuvo con la aplicación de 0 ó 1 l ha⁻¹, puesto que, con la aplicación de 2 l ha⁻¹ de BFN el rendimiento fue menor (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de diferentes concentraciones de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno en el rendimiento de calabacita variedad Grey Zucchini.

Nitrógeno (%)	Diámetro ecuatorial (cm)	Peso del fruto (g)	Rendimiento (kg planta)	Rendimiento (ton ha)
0	4.683b	153.85b	1.276c	29.30c
50	4.740ba	160.04ba	1.561b	35.32b
100	4.780a	162.01a	1.764a	40.78a
ANVA	$P \leq 0.046$	0.012	0.001	0.0001
Bacterias (l ha⁻¹)				
0	4.786a	160.58a	1.615a	37.33a
1	4.686b	159.11a	1.554a	35.77a
2	4.730ba	156.22a	1.432b	32.29b
ANVA	$P \leq 0.039$	0.272	0.001	0.001
Interacción	$P \leq 0.084$	0.001	0.001	0.001
CV (%)	2.391	5.12	8.58	8.24

Las letras a, b y c son las categorías obtenidas de la comparación de medias con Tukey al 0.05. ANVA= análisis de varianza, CV= coeficiente de variación. Interacción= nitrógeno*bacterias.

4.1. Altura

Las plantas en las que se presentó la mayor altura fueron donde se aplicó el 100 % de nitrógeno y 1 ó 2 l ha⁻¹ de BFN, similar efecto se obtuvo al suministrar el 50 % de nitrógeno y 0 ó 1 l ha⁻¹ de BFN en comparación a las plantas control, este aumento

fue igual a 10.3 % (Figura 1). Probablemente este resultado se debe a que las BFN ayudan también al desarrollo de raíces que facilitan la absorción de agua y nutrientes, tal y como lo señala Santana (2017) que, algunas bacterias fijadoras de nitrógeno como *Azospirillum*, al ser inoculadas en las plantas se observa un mayor desarrollo del sistema radical, gracias a que promueven la producción de ácido indolacético, el cual favorece la formación de raíces principales y secundarias, en consecuencia, se traduce en una mayor superficie de absorción de nutrientes, y por lo tanto, se tiene un mayor desarrollo de la parte aérea de las plantas. Mientras que, al aplicar 0 % de N y 1 l ha⁻¹ de BFN se obtuvieron plantas de menor tamaño (Figura 1).

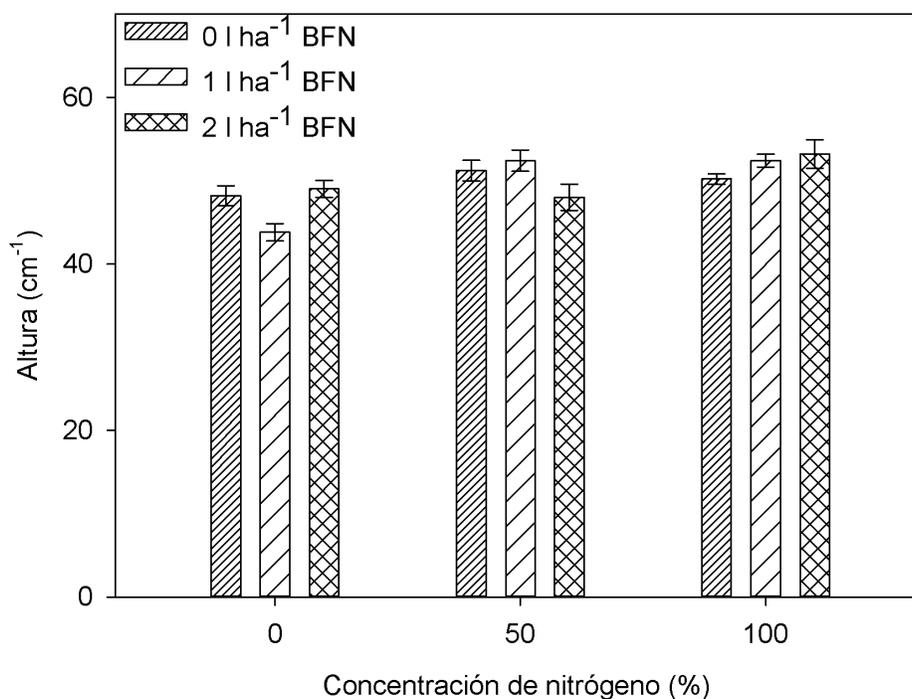


Figura 1. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno en la altura de planta de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

4.2. Número de hojas

El mayor NH por planta fue en aquellas recibieron una concentración de nitrógeno al 50 % y 1 l ha⁻¹ de BFN, en comparación al tratamiento control, este aumento fue un 17.4 % (Figura 2). Mientras que, al aplicar 0 % de nitrógeno y 1 l ha⁻¹ de BFN se

obtiene menor NH (Figura 2). Este resultado obtenido pudiera deberse a que las BFN sintetizan compuestos que ayudan a la formación de este órgano de la planta, tal y como lo mencionan Bautista y Martínez (2021) que algunas cepas de bacterias fijadoras de nitrógeno, como *Azotobacter*, también tienen la capacidad de producir aminoácidos que promueven el crecimiento vegetal; puede ser que esta característica haya sido la razón de que se obtuvo más número de hojas aun reduciendo la concentración de N al 50 % y aplicando 1 l ha⁻¹ de BFN.

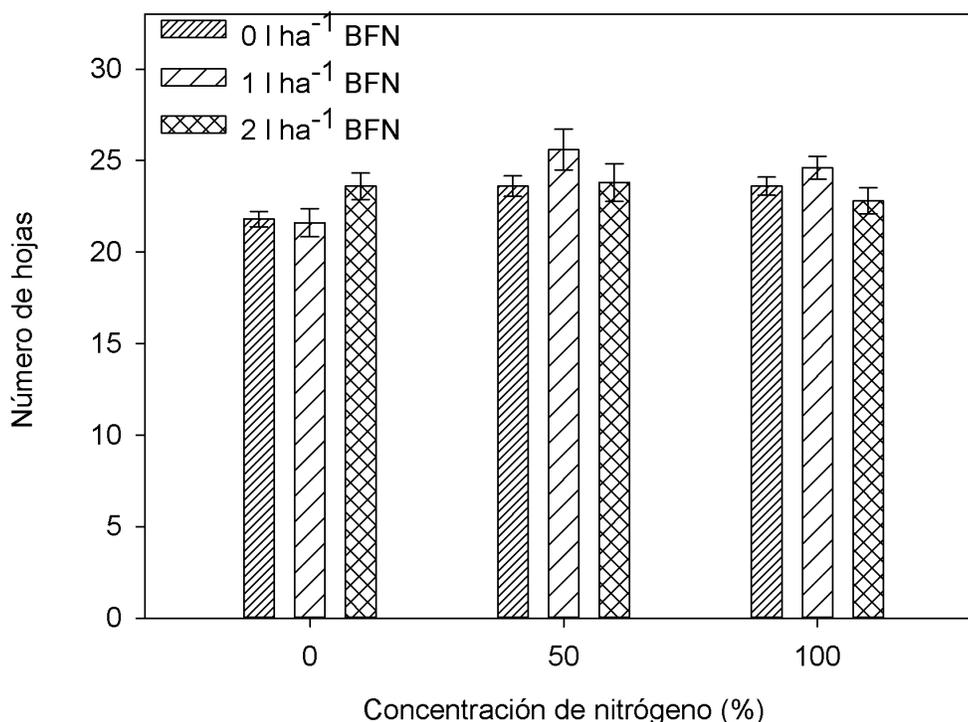


Figura 2. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en el número de hojas de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

4.3. Peso fresco de hojas

El mayor PFH se obtuvo cuando las plantas únicamente fueron tratadas con la fertilización nitrogenada al 100 % sin inoculación de BFN (Figura 3). Por lo que en esta variable las BFN tampoco influyeron positivamente. Contrastando con el

tratamiento control, las plantas de calabacita al no recibir ninguna concentración de N o BFN, se observa una disminución en el PFH (Figura 3). El resultado puede deberse que al aplicar la concentración ideal de N (100 %) las plantas presentan un mejor crecimiento y desarrollo, Martínez (2015) menciona que, adecuados contenidos de N incrementan las tasas de división y diferenciación celular y la actividad fotosintética, esto se traduce en mayor biomasa vegetativa o reproductiva en los cultivos, por una alta eficiencia en la intercepción y conversión de la radiación.

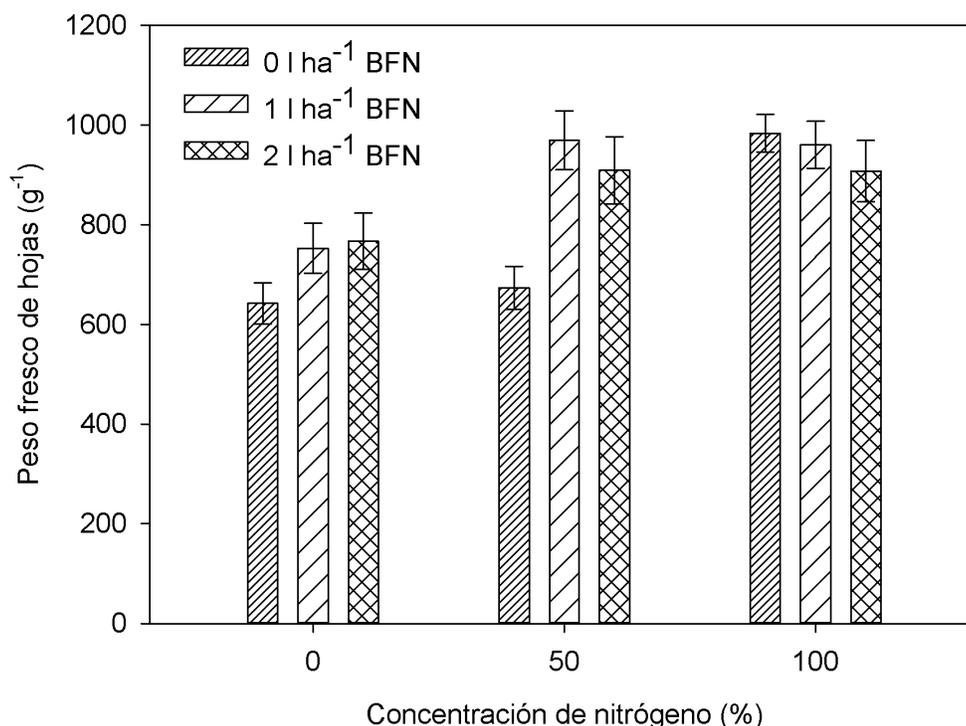


Figura 3. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en el peso fresco de hojas de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

4.4. Nitrate (NO₃⁻)

Las plantas tratadas con la concentración del 100 % de N en combinación con 1 l ha⁻¹ de BFN la concentración de NO₃⁻ en el peciolo fue mayor en la etapa de floración (Figura 4). Sin embargo, esta concentración superó a lo que reporta Gándara (2016)

en el cultivo de pepino, que para el inicio de floración la concentración de N-NO_3^- en el extracto celular de peciolo en las hojas es de 900-1000 ppm. Mientras que la concentración más baja se presentó al aplicar solamente 1 l ha^{-1} de BFN y 0 % de fertilización nitrogenada (Figura 4). En la fase de producción, las plantas que fueron tratadas con el 100 % de fertilización nitrogenada y la aplicación de 2 l ha^{-1} de BFN, se obtuvo mayor concentración de NO_3^- (Figura 4). De igual manera, este resultado es aún mayor respecto a lo reportado por Gándara (2016) quien, considera óptimo para algunas especies, donde las concentraciones de NO_3^- durante la etapa de fructificación oscilan entre 700-900 ppm. No obstante, las plantas que recibieron el 50 % de la concentración de N en combinación con 2 l ha^{-1} de BFN la concentración de NO_3^- fue mucho menor (Figura 4). Por otra parte, los resultados obtenidos en esta variable, la concentración de nitratos en peciolo fue mayor en relación con algunos reportes donde consideran óptimos para algunas especies durante la fase de floración y producción.

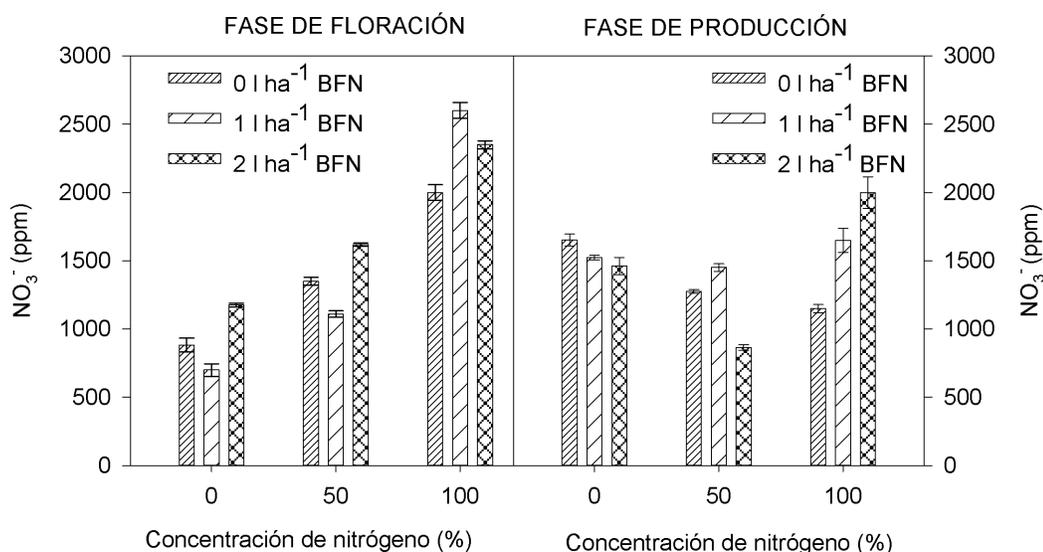


Figura 4. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en la concentración de NO_3^- en el extracto celular de peciolo de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

4.5. Potasio (K⁺)

Aquellas plantas que fueron tratadas sin fertilización nitrogenada pero inoculadas con BFN a una dosis de 1 l ha⁻¹ en la fase de floración, la concentración de K⁺ en peciolos fue mayor, en comparación al tratamiento control (Figura 5). Este resultado obtenido difiere a lo reportado por Kinslow y Hochmuth (2020) quienes señalan que, en las primeras etapas de algunas cucurbitáceas como la sandía, las concentraciones de K⁺ oscilan entre 4000-5000 ppm. Mientras que, en la fase de producción al aplicar la dosis de 1 l ha⁻¹ de BFN sin fertilización nitrogenada, la concentración de este ion fue mayor, superando a los demás tratamientos (Figura 5), de igual forma, la concentración fue superior en comparación a lo que reportan Kinslow y Hochmuth (2020) pues indican que, las concentraciones de K⁺ para la etapa de fructificación en calabacita son de 3000 – 3500 ppm. Los datos obtenidos en esta variable, la concentración de K⁺ durante la fase de floración se mantuvieron dentro de un mismo rango en los diferentes tratamientos, mientras que en la fase de producción se obtuvieron concentraciones de K⁺ más altas en comparación a lo reportado.

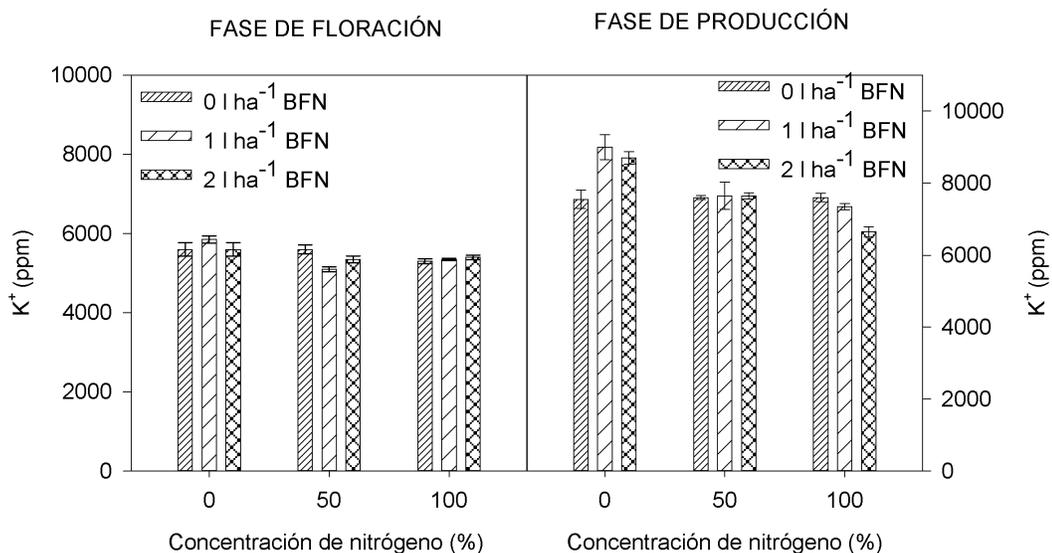


Figura 5. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en la concentración de K⁺ en el extracto celular de peciolo de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

4.6. Calcio (Ca^{2+})

Las plantas nutridas con la concentración del 100 % de N e inoculadas con 2 l ha⁻¹ de BFN, se obtuvo mayor concentración de Ca^{2+} en el peciolo durante la fase de floración, en contraste al tratamiento control (Figura 6). El tratamiento en donde se obtuvo la concentración más alta de este ion es aún más bajo comparado con lo que reporta Rivera (2019) ya que, para el cultivo de tomate en la etapa de floración la concentración de Ca^{2+} en el extracto celular de peciolo es de 190 – 260 ppm. Por otro lado, durante la fase de producción, se obtuvo más concentración de Ca^{2+} cuando solamente se aplicó 2 l ha⁻¹ de BFN sin fertilización nitrogenada (Figura 6), esta concentración obtenida es mayor a lo que reporta Rivera (2019) pues en la etapa de producción el Ca^{2+} debe situarse entre 340 – 490 ppm. Mientras que, al aplicar el 50 % de la fertilización nitrogenada más 1 l ha⁻¹ de BFN se presentó la concentración más baja de Ca^{2+} (Figura 6). Por lo tanto, en la fase de floración fue en donde se presentaron las concentraciones más bajas de Ca^{2+} y durante la fase de producción se obtuvieron las concentraciones más altas y mayores a lo reportado por algunos autores en algunas especies hortícolas.

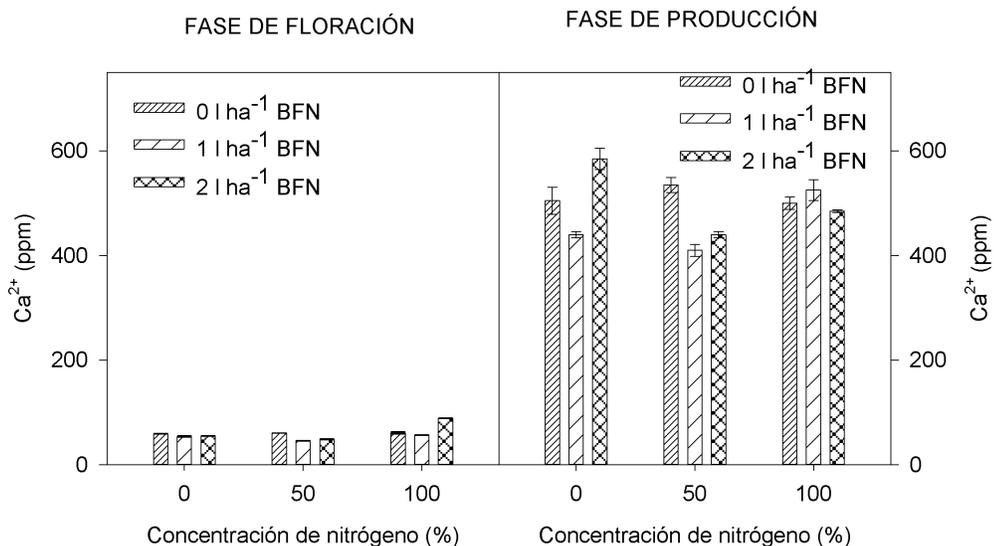


Figura 6. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en la concentración de Ca^{2+} en el extracto celular de peciolo de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

4.7. Peso de fruto

El PF se incrementó solamente con la aplicación la fertilización nitrogenada al 100 % sin la inoculación de BFN, pues al aplicar BFN disminuye el PF (Figura 7), en contraste con el tratamiento control. Este resultado es similar lo que obtuvo Gallegos (2020) pues señala que, el tratamiento control al no inocular bacterias fijadoras de nitrógeno en plantas de calabacita, los frutos obtuvieron un mejor peso. Pudiera deberse que el suelo en donde se estableció el cultivo, hubo factores que afectan esta variable, como lo mencionan Lozada y Rivas (2010) que, las bacterias fijadoras de nitrógeno dependen de la composición del medio, su acidez, temperatura y aireación, de la presencia de nitrógeno combinado, microelementos y de la acción de organismos antagónicos en el medio.

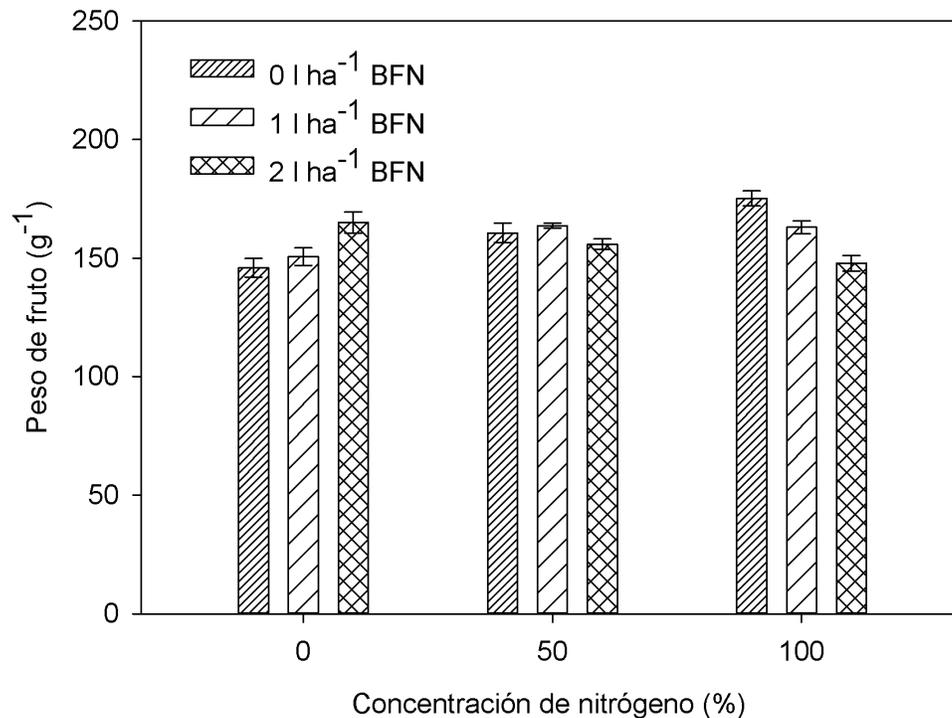


Figura 7. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en el peso de fruto de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

4.8. Rendimiento por planta

El RPP se incrementó conforme la concentración de nitrógeno se aumentó, independientemente de la dosis de bacterias utilizada (Figura 8). Mientras que el menor RPP se obtuvo en las plantas tratadas sin fertilización nitrogenada y con 1 l ha⁻¹ de BFN, sin embargo, el mayor RPP se presentó al utilizar el 100% de la concentración de nitrógeno en combinación con una dosis de 1 l ha⁻¹ de BFN (Figura 8). Este aumento puede ser debido a una óptima concentración de nutrientes en la planta ya que, en las que se obtuvo el mayor RPP, las concentraciones de NO₃⁻ en peciolo durante la floración fue de 2600 ppm y 1650 ppm en la fase de producción (Figura 4). Mientras que las concentraciones de K⁺, fueron de 5350 y 7350 ppm, en la floración y producción, respectivamente (Figura 5). Por otro lado, las concentraciones de Ca²⁺ en el extracto celular de peciolo en la fase de floración fue de 57 ppm y para la fase de producción 525 ppm (Figura 6). Por otra parte, el incremento del rendimiento de fruto puede ser debido a que las BFN tienen capacidad de sintetizar fitohormonas las cuales incrementan el volumen radicular lo que provoca un aumento en la absorción de nutrientes y minerales solubles, como los fosfatos y el potasio (Velasco et al., 2020). Pero, a esta misma concentración del 100 % nitrógeno y 2 l ha⁻¹ de BFN el RPP disminuye (Figura 8). Este resultado puede deberse a que las altas aplicaciones de fertilizantes nitrogenados (nitrato o amonio), y a una dosis de 2 l ha⁻¹ de BFN la población de fijación de nitrógeno se inhibe y pierde su ventaja competitiva, presentándose reducciones de fijación de nitrógeno, lo que ocasiona que el rendimiento disminuya (Martínez, 2015).

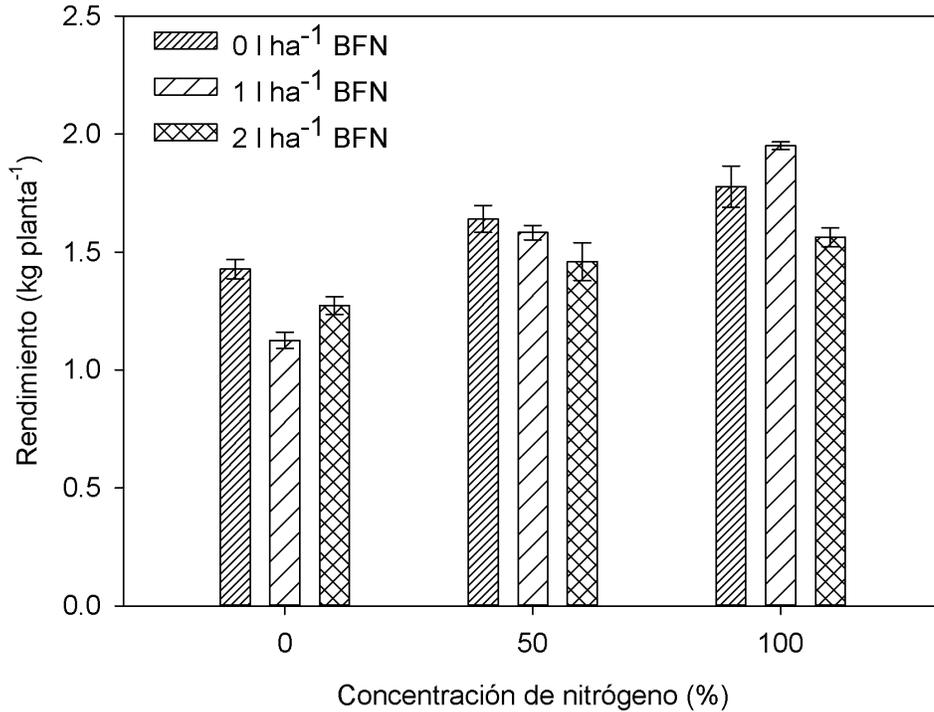


Figura 8. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y dosis de bacterias fijadoras de nitrógeno en el rendimiento por planta de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

4.9. Rendimiento por hectárea

Cuando se aplicó 0 % de nitrógeno y 1 l ha⁻¹ de BFN se consiguió el RH más bajo (Figura 9). Por otro lado, las plantas que se fertilizaron al 100 % de nitrógeno en combinación con 1 l ha⁻¹ de BFN fue en donde se obtuvo el mayor RH, en contraste con el tratamiento que se aplicó únicamente nitrógeno al 100 % se obtiene un aumento del 11.42 % (Figura 9). Montecinos (2012) menciona que, la inoculación de algunas bacterias fijadoras de nitrógeno como *Azospirillum* sp. aumenta el rendimiento de plantas cultivadas aún con el nivel de fertilización al 100 %. De acuerdo con el SIAP (2022) en la región Norte de México, los estados de Durango y Chihuahua obtienen el mayor rendimiento por hectárea, en promedio 35.803

toneladas. No obstante, el resultado obtenido en esta investigación, el rendimiento fue un 26.6 % mayor a lo reportado.

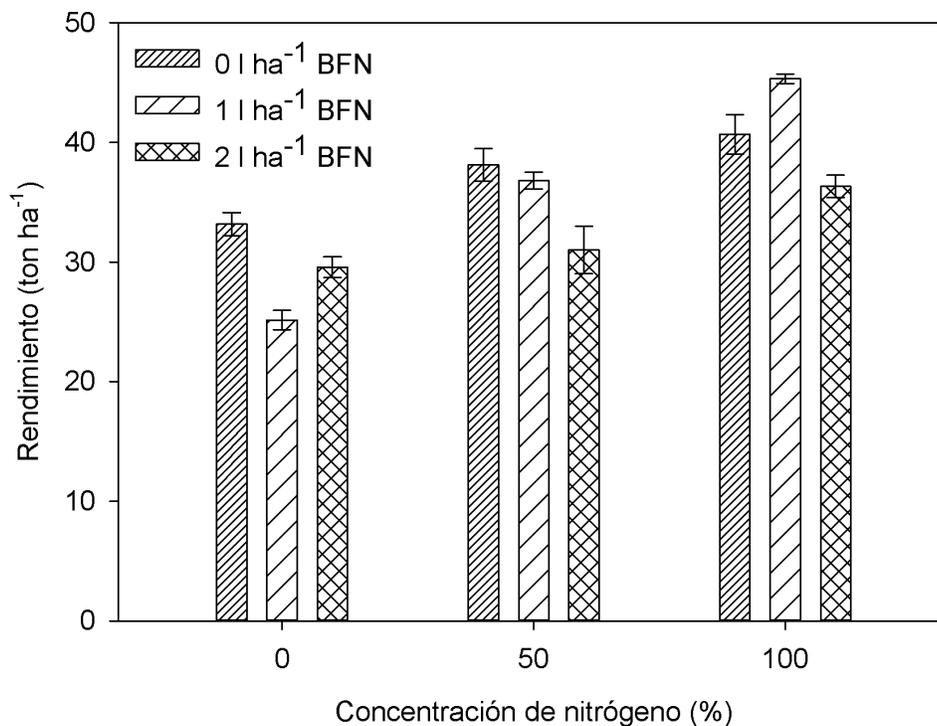


Figura 9. Efecto entre la interacción de diferentes concentraciones de nitrógeno y bacterias fijadoras de nitrógeno en el rendimiento por hectárea de calabacita variedad Grey Zucchini. Las barras indican el error estándar de la media.

5. CONCLUSIÓN

Las bacterias fijadoras de nitrógeno promovieron mayor concentración de NO_3^- y K^+ en el extracto celular de peciolo durante la fase de floración y fase producción, mientras que, las concentraciones de Ca^{2+} aumentaron únicamente en la fase de producción. Por otra parte, el rendimiento fue mayor con la aplicación de 1 l ha^{-1} de BFN y el 100 % de la concentración de nitrógeno. Por lo tanto, las bacterias fijadoras de nitrógeno favorecen el crecimiento, concentración de iones y rendimiento fruto de las plantas de calabacita var. Grey Zucchini bajo condiciones de microtúnel.

6. LITERATURA CITADA

- Afanador, L. 2017.** Biofertilizantes: conceptos, beneficios y aplicación en Colombia. *Ingeciencia*. 2(1): 65-76.
- Alvarado, D., Valdez, L. A., Cepeda, J. M., Rubí, M. y Pineda, J. 2021.** Aplicación fraccionada de fertilizantes vía fertirriego y la eficiencia del nitrógeno, fósforo y potasio en calabacita. *Acta Agrícola y Pecuaria*. 7(1).
- Apáez, P., Lara, M. B. N., Apáez, M. y Raya, Y. A. 2020.** Producción y rentabilidad de calabacita con aplicación de zeolita y fertilizante químico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 10(spe23): 211-221.
- Barrera, S. E. 2009.** El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 7(1): 123-132.
- Bautista, A. y Martínez, V. 2021.** Promoción del crecimiento de *Agave potatorum* Zucc. por bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre. *Terra Latinoamericana*. 38(3): 555-567.
- Carbajal, A., Alonso, E., Morales, Y. E. y Muñoz, J. 2022.** Compartiendo conocimiento a los agricultores del estado de Puebla respecto al impacto ambiental derivado del uso de agroquímicos. DOI: [10.5281/zenodo.5936317](https://doi.org/10.5281/zenodo.5936317)
- Casseres, E. 1980.** Producción de hortalizas. Editorial IICA. Costa Rica. 127 p.
- Castillo, L., Munévar, F., Lora, R., Ramírez, A., Marín, G., Flórez, V. y Guerrero, R. 1982.** Fertilidad de suelos y fertilizantes. Instituto Colombiano Agropecuario. Colombia. 80 p.
- Celaya, H. y Castellanos, A. E. 2011.** Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*. 29(3): 343-356.
- Domínguez, A. 1978.** Abonos minerales. Madrid: Ministerio de Agricultura. España. 117,119 p.

- Escamirosa, C., Martínez, G.A., Morales, I., Aquino, T., Cortés, C.I., y Cruz, O.R. 2021.** Rendimiento de chile de agua bajo diferentes cubiertas de macrotúnel. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 44(3): 333-340.
- FAOSTAT. 2022.** Cultivos y productos de ganadería. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- FAOSTAT. 2022.** Cultivos y productos de ganadería. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL/visualize>
- Farzaneh, M., Vierheilig, H., Lössl, A. y Kaul, H. P. 2011.** La micorriza arbuscular mejora la absorción de nutrientes en garbanzos. *Entorno del suelo vegetal*. 57(10): 465-470.
- Fersini, A. 1976.** *Horticultura práctica*. Editorial Diana. México. 234 p.
- Flores, A. C., González, V.M., Aguilar, C.N. y Rodríguez, R. 2014.** Biofertilizantes microbianos. Plaza y Valdés Editores. México. 15-139 p.
- Flores, C. y Rodríguez, R. 2014.** *Azotobacter*: una bacteria con potencial como biofertilizante eco-amigable. Plaza y Valdés Editores.
- Franco, R. 2022.** “Biofertilizantes” una revisión sistemática de la literatura científica en los últimos 10 años. *HIGH TECH-ENGINEERING JOURNAL*. 2(1): 90-97.
- Gallegos, A. 2020.** Efecto del biofertilizante *Azospirillum* sp. en rendimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/46970/ANTONIO%20GALLEGOS%20ISLAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gándara, A. 2016.** Crecimiento, calidad y rendimiento de *Cucumis sativus* bajo fertilización con vermicomposta. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7939/A/BRAHAM%20GANDARA%20LANDERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- González, H. y Fuentes, N. 2017.** Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. Revista de Ciencias Agrícolas. 34(1): 17-31.
- Hernández, A. 2005.** Uso de las cubiertas flotantes para el control de virosis en la producción hortícola. Tesis de Posgrado. Centro de Investigación en Química Aplicada. Repositorio institucional. Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/548/1/Adalberto%20Hernandez%20Florentino.pdf>
- Ibarra, L. y Flores, J. 1997.** Respuesta del acolchado plástico y las cubiertas flotantes en el desarrollo y rendimiento de sandía y calabacita. Agrociencia. 31: 9-14.
- INPOFOS. 1997.** Manual internacional de fertilidad de suelos. Potash & Phosphate Institute. México. 3-7 p.
- Juárez, P., Bugarín, R., Castro, R., Sánchez, A, L., Cruz, E., Juárez, C. R., Alejo, G. y Balois, R. 2011.** Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Revista Fuente. 3: 21-27.
- Kinslow, M. P. y Hochmuth, G. J. 2020.** Monitoreo de la savia del peciolo de vegetales. Horticultural Sciences Department. Universidad de Florida. Obtenido de <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1368>
- Lara, C., Villalba, M., Oviedo, L. E. 2007.** Bacterias fijadoras asimbióticas de nitrógeno de la zona agrícola de San Carlos. Córdoba, Colombia. Revista Colombiana de Biotecnología. 9(2): 6-14.
- Linares, H. 1998.** Efecto del Acolchado y Cubiertas Flotantes en el Desarrollo y Rendimiento del Melón. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Repositorio institucional. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/6406/1/1080110310.PDF>
- López, J. 2017.** Calabacín. Cultivos Hortícolas al aire libre. 595-623

- Lozada, L. C. y Rivas, C. Y. 2010.** Evaluación del efecto de la inoculación con *Azotobacter* spp en plantas de ají dulce (*Capsicum frutescens*). Tesis de Licenciatura. Universidad de los Andes. Repositorio institucional. Obtenido de http://bdigital.ula.ve/storage/pdftesis/pregrado/tde_arquivos/34/TDE-2010-05-18T07:01:28Z-956/Publico/LozadaLusbely_RivasCarmen.pdf
- Ludwick, A., Campbell, K. B., Johnson, R. D., McClain, L. J., Millaway, R.M., Purcell, S.L., Phillips, I.L., Rush, D.W. Y Waters, J.A. 2004.** Manual de fertilizantes para horticultura. Limusa. México. 79,80, p.
- Martínez, D. X. 2015.** Uso de bacterias fijadoras de nitrógeno provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en suelos salinos del Valle del Cauca. Tesis de Licenciatura. Universidad del Valle. Repositorio institucional. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/15886/0529037.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mayz, J. 2004.** Fijación biológica de nitrógeno. Revista UDO Agrícola. 4(1): 1-20.
- Mera, L. M., Bye, R. A., Villanueva, C. y Luna, A. 2011.** Documento de diagnóstico de las especies cultivadas de *Cucurbita* L. Editorial Ideogramma. México. 23 p.
- Montecinos, B. R. 2012.** Efecto de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre (*Azotobacter* spp. y *Azospirillum* spp.) en la absorción de nitrógeno y producción de grano en trigo (*Triticum aestivum* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad de la Frontera. Repositorio institucional. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ufro.cl/?a=view&item=4>
- Mora, S. G., Gavi, F., Peña, J. J., Pérez, J., Tijerina, L. y Vaquera, H. 2007.** Desnitrificación de un fertilizante de lenta liberación y urea+fósforo monoamónico aplicados a trigo irrigado con agua residual o de pozo. Revista internacional de contaminación ambiental. 23(1): 25-33.

- Morales, E. J., Rubí, M., López, J. A., Martínez, A. R. y Morales, E. J. 2021.** Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 10(8): 1875-1886.
- Moran, A. R. 2021.** Respuesta a la aplicación de fertilizantes orgánicos en el cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) Daular – Guayas. Tesis de Licenciatura. Universidad Agraria del Ecuador. Repositorio institucional. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MORAN%20IBARRA%20ROSA%20ABIGAIL.pdf>
- Moreno, D. P., Quintero, J. y López, A. 2010.** Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. Departamento El Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana. 25-33.
- Obregón, N., Díaz, J. E., Daza, M. C. y Aristizabal, H. F. 2015.** Efecto de la aplicación de zeolita en la recuperación de nitrógeno y el rendimiento de maíz. Acta agronómica. 65(1): 24-30.
- Parsons, D. 1984.** Cucurbitáceas. Editorial Trillas. México. 12 p.
- Pérez, M., Márquez, F. y Peña, A. 1997.** Mejoramiento genético de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. México. 188,189 p.
- Pernuzzi, C., Sordo, M.H., Travadelo, M., Maina, M. y Acetta, P. 2017.** Evaluación de la conveniencia de los macrotúneles en comparación con microtúneles para el cultivo de frutilla en Coronda. Fave. Sección ciencias agrarias. 16(1): 163-175.
- Rivera, G. 2019.** Efecto de estiércoles líquidos enriquecidos en el rendimiento y calidad de jitomates criollos (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de bioespacio en Iguala Guerrero. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Guerrero. Repositorio institucional. Obtenido de http://ri.uagro.mx/bitstream/handle/uagro/1386/TM_17250027_19.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Rodríguez, F. 1982.** Fertilizantes Nutrición Vegetal. A.G.T. Editor, S.A. México. 55,56 p.
- Rodríguez, G. A., Pradenas, H. E., Basso, C. A., Barrios, M., León, R. I., Pérez, M. 2020.** Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de maracuyá. *Agronomía Mesoamericana*. 31(1): 117-128.
- Rodríguez, R. A., Valdés, M. P. y Ortiz, S. 2018.** Características agronómicas y calidad nutricional de los frutos y semillas de zapallo *Cucurbita* sp. *Revista colombiana de ciencia animal recia*. 10(1): 86-97.
- Ruíz, J. A., Medina, G., González, I. J., Flores, H. E., Ramírez, G., Ortiz, C., Byerly, K. F. y Martínez, R. A. 2013.** Requerimientos agroecológicos de cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.
- SADER. 2020.** Agricultura protegida, otra manera de cultivar. Obtenido de: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/agricultura-protegida-otra-manera-de-cultivar?idiom=es#:~:text=La%20agricultura%20protegida%20es%20aquella,la%20temperatura%2C%20humedad%20y%20luz>.
- Salgado, S. y Núñez, R. 2010.** Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Mundi Prensa. Colegio de Postgraduados. México. 34 p.
- Santana, D. 2017.** Efectos de la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno en plantación de café variedad caturra rojo. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*. 1(3): 98-110.
- Sela, G. 2021.** Fertilización y riego - Teoría y mejores prácticas. Israel.
- SIAP. 2023.** Avance de siembras y cosechas resumen por estado. Obtenido de http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do

- SIAP. 2021.** Panorama Agroalimentario 2021. Obtenido de https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021
- SIAP. 2022.** Panorama Agroalimentario 2022. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>
- Solís, L. F. 2021.** Influencia del acolchado de plástico de color y manta térmica en sandía cv. 'santa amelia' (*Citrullus lanatus* Thunb.). Anales Científicos. 82(2): 227-236.
- Tisdale, S. L. y Nelson, W. L. 1982.** Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Unión Tipográfica Editorial. México. 165 p.
- Troncoso, P. A., Pérez, C. A., Larrain, J. y Ardiles, V. 2013.** Desarrollo de la fijación simbiótica de nitrógeno en una cronosecuencia primaria en la Isla Santa Inés, Región de Magallanes, Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 86(3): 345-356. DOI:[10.4067/S0716-078X2013000300011](https://doi.org/10.4067/S0716-078X2013000300011)
- Valadez, L. A. 1976.** Producción de Hortalizas. Editorial Limusa. México. 225-233 p.
- Vega, J. A. 2018.** Efecto de un bioinoculante y fertilizante sobre el rendimiento de pepino; Asunción Mita, Jutiapa. Tesis de Licenciatura. Universidad Rafael Landívar. Repositorio institucional. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/03/Vega-Julio.pdf>
- Velasco, A., Castellanos, O., Acevedo, G., Clarenc, R. y Rodríguez, A. 2020.** Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. Terra Latinoamericana. 38(2): 333-345.
- Videla, C., Pazos, A., Trivelin, P. C., Echeverría, H. E., y Studdert, G. A. 2005.** Mineralización bruta de nitrógeno bajo labranza convencional, siembra directa y pastura. Ciencia del suelo. 23(2): 133-144.

Yanarico, 2021. Evaluación de tres biofertilizantes en el comportamiento agronómico de dos variedades comerciales de papa (*Solanum* sp) en la comunidad centro molino, Provincia Omasuyos. Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25931/T-2899.pdf?sequence=1&isAllowed=y>