

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



Producción y contenido de proteína en una variedad criolla de Haba (*Vicia faba* L.) en respuesta a la inoculación con *Rhizobium Spp.* micorrizas y aplicación de fertilizante nitrogenado

Por

Luis Ricardo Marcelino González

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo

Torreón, Coahuila, México

Octubre de-2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

Producción y contenido de proteína en una variedad criolla de Haba (*Vicia faba* L.) en respuesta a la inoculación con *Rhizobium Spp.* micorriza y aplicación de fertilizante nitrogenado

Por:

LUIS RICARDO MARCELINO GONZALEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

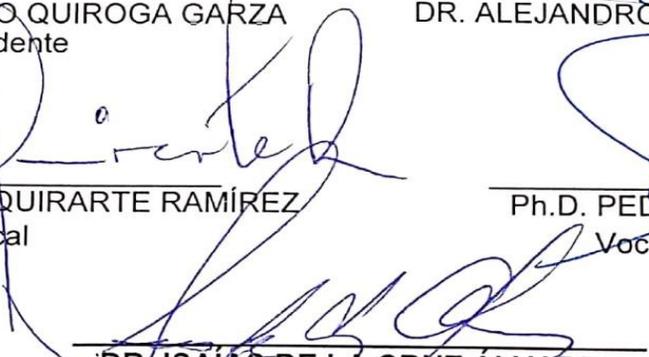
Aprobada por:


Ph.D. HÉCTOR MARTO QUIROGA GARZA
Presidente


DR. ALEJANDRO MORENO RESENDEZ
Vocal


ING. HERIBERTO QUIRARTE RAMÍREZ
Vocal


Ph.D. PEDRO CANO RÍOS
Vocal Suplente


DR. ISAIÁS DE LA CRUZ ÁLVAREZ
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México
OCTUBRE 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

Producción y contenido de proteína en una variedad criolla de Haba (*Vicia faba* L.) en respuesta a la inoculación con *Rhizobium Spp.* micorriza y aplicación de fertilizante nitrogenado

Por:

LUIS RICARDO MARCELINO GONZALEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

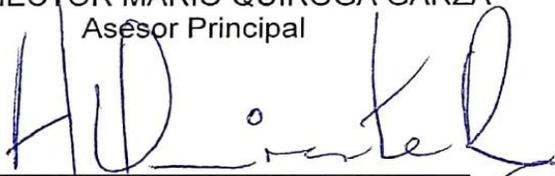
Aprobada por el Comité de Asesoría:



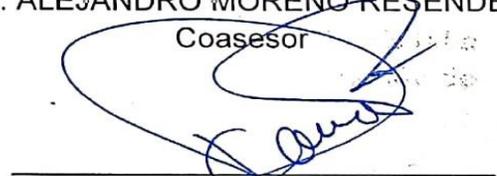
Ph.D. HÉCTOR MARIO QUIROGA GARZA
Asesor Principal



DR. ALEJANDRO MORENO RESENDEZ
Coasesor



ING. HERIBERTO QUIRARTE RAMÍREZ
Coasesor



Ph.D. PEDRO CANO RÍOS
Coasesor



DR. ISAÍAS DE LA CRUZ ÁLVAREZ
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México
OCTUBRE 2021

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Inocencio Marcelino Hernández y Maribel González Cortez por la vida y cariño que me han dado y la oportunidad de cumplir mi sueño de estudiar a pesar de las adversidades por las que hemos pasado como familia.

A mis hermanas, Yocelin Guadalupe y Karla Berenice por su apoyo y cariño que me han brindado desde siempre a pesar de que con Yoce siempre me hace enojar, pero luego nos arreglamos Bere solo no seas igual, las quiero hermanas.

A mis amigos, Nallely Vázquez Lavarriega, Edgar Molina Ayala y Ricardo Valencia por la amistad que me han brindado durante la licenciatura y por haberme apoyado en realizar este experimento a pesar de no conocer la planta gracias.

A mi Alma Terra Mater, por abrirme las puertas cuando otras universidades me las cerraron y darme los conocimientos necesarios para ser un profesional de calidad.

Al Dr. Héctor Mario Quiroga Garza, por creer en este experimento y darme la oportunidad de realizarlo a pesar de las limitantes que se presentaron.

Al Dr. Mario García Carrillo, por darme su amistad y apoyo como docente

Al cuerpo docente del departamento de Fitomejoramiento, por la paciencia que me tuvieron, por no molestarse por mi letra, sus consejos y todos los conocimientos que me brindaron sé que me servirán mi vida profesional.

DEDICATORIA

A mi padre, Inocencio Marcelino Hernández sé que te fuiste antes de ver este documento, pero fue realizado pensando en ti y para ti, uno de los cultivos que más trabajaste espero que esta ocasión si me entiendas, espero en donde estés orgulloso de mi y de tu familia.

A mi madre, Maribel González Cortez por el apoyo que me brindo el apoyo incondicional y se esforzó que has hecho durante estos años ahora si te podrás comprar tus gansitos que siempre dices. En tu dicho, ahora me tocara mi cuidarte y apoyarte mama.

A mis hermanas, Yocelin Marcelino González y Karla Berenice Marcelino González por todo el cariño y apoyo que me han brindado desde que nacieron siempre estaré para cuidarlas.

A mi alma mater, por todo lo que me brindaron esperezando que este documento cumpla con sus altares estándares de calidad y pueda aportar como antecedente del cultivo, para que más estudiantes den seguimiento y vuelva a la UAAAN como máximo referente en investigación del cultivo, retirándome muy agradecido y con prometido con poner en lo más alto a esta prestigiosa unidad UAAAN-UL.

Resumen

En la actualidad las altas demandas de alimentación de la población, ha hecho que la tendencia de las investigaciones se dirija en la búsqueda de alternativas de producción en cultivos poco estudiados, como en el caso del haba (*Vicia faba* L) cultivo de gran potencial para su explotación en uso forrajero por su contenido de proteína que puede llegar a producir hasta un 30 % de proteína cruda. El cultivo de haba al ser de la familia de las fabáceas, establece una simbiosis con bacterias del genero *Rhizobium* específicamente con la bacteria *Rhizobium leguminosarum* bv *Viciae*. En el experimento se evaluó el efecto su rendimiento como forraje con la aplicación de micorrizas y tres muestras de suelos utilizados como inoculantes de *Rhizobium* procedentes del estado de Veracruz, dos inoculantes comerciales, fertilizante nitrogenado (sulfato de amonio) y un tratamiento blanco logrando obtener como resultado contenidos de proteína semejantes a otras leguminosas, lo que se considera un buen resultado para continuar su estudio de esta especie para su explotación como forraje a pesar de un efecto poco perceptible de los tratamientos utilizados debido al contenido medio de nitrógeno total, el cual logró enmascarar parcialmente. Pero a pesar de esto, logró demostrar su gran potencial como cultivo forrajero por sus altos contenidos de proteína cruda y demás variables producidas y explicadas en este documento.

Palabras Clave: Leguminosa, Fijación de Nitrógeno, Simbiosis, Forraje, Hongo, Bacteria, Potencial de producción.

Índice general

| | |
|--|------|
| AGRADECIMIENTOS | i |
| DEDICATORIA | ii |
| Resumen | iii |
| Palabras Clave | iii |
| Índice general | iv |
| INDICE DE CUADROS | vi |
| INDICE DE FIGURAS | viii |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| 1.1 Objetivos | 2 |
| 1.2 Hipótesis | 2 |
| II. REVISION DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 - Origen | 3 |
| 2.2 – Clasificación taxonómica | 3 |
| 2.3 – Descripción Botánica | 4 |
| 2.4. - Importancia | 4 |
| 2.5 Potencial Forrajero | 5 |
| 2.6 Producción | 6 |
| 2.8 Uso del Haba en México | 7 |
| 2.9 Manejo del cultivo | 8 |
| 2.10 Simbiosis <i>V. faba</i> L.– <i>Rhizobium</i> | 9 |
| 2.11 Polinización | 10 |
| 2.12 <i>Rhizobium</i> | 10 |
| 2.13 actividad microbiana | 12 |
| 2.14 Micorrizas | 12 |
| 2.15 principales Micorrizas | 14 |
| 2.16 Leguminosas- <i>Rhizobium</i> -micorrizas | 14 |
| III.-MATERIALES Y METODOS | 16 |
| 3.1 Localización geográfica | 16 |
| 3.2 Colecta de cepas | 16 |
| 3.3 Colecta de semilla | 16 |
| 3.4 Establecimiento del experimento | 17 |
| 3.4. Llenado de macetas. | 17 |

| | |
|---|----|
| 3.5. Aplicación de ácido Fosfórico | 17 |
| 3.6. Siembra e inoculación. | 17 |
| 3.7. Distribución y arreglo de los tratamientos | 19 |
| 3.8. Emergencia | 21 |
| 3.9. Resiembra | 21 |
| 3.10. Riego | 21 |
| 3.11. Tutorado | 21 |
| 3.12 Control de plagas | 22 |
| 3.13 Cosecha | 23 |
| 3.14. Secado | 23 |
| 3.15. Molienda | 23 |
| 3.16. Análisis de nitrógeno en planta | 24 |
| 3.17 variables de estudio | 25 |
| 3.18 análisis de datos | 25 |
| IV RESULTADOS | 26 |
| 4.1 Altura de la planta | 26 |
| 4.2 Peso Fresco de la Planta | 26 |
| 4.5 Pesos secos de la planta | 29 |
| 4.9 Contenido de Materia seca producida por la planta | 31 |
| 4.12 Proteína cruda | 32 |
| V. Discusión | 36 |
| VI. CONCLUSION | 38 |
| VII. LITERATURA CITADA | 39 |
| VIII. Anexo | 47 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Producción nacional en México de Haba (V. faba L) en grano seco en las principales entidades federativas productoras. | 6 |
| Cuadro 2. Producción nacional México de Haba (V. faba L.) en verde (vaina) en los principales estados productores en el año 2020. | 7 |
| Cuadro 3. Características físico químicas del sustrato utilizado para el llenado de las macetas. Extraído en la UAAAN-UL. | 17 |
| Cuadro 4. Valores promedio de la altura alcanzados por los tratamientos utilizados en el experimento | 26 |
| Cuadro 5. Valores promedios obtenidos por los tratamientos en la variable de peso fresco del tallo | 28 |
| Cuadro 6. Valores promedio de los pesos frescos en hoja obtenidos por los tratamientos | 28 |
| Cuadro 7. Mediad del rendimiento en Peso seco total de la planta g Maceta ⁻¹ | 29 |
| Cuadro 8. Valor promedio de producción del peso seco del tallo de los tratamientos utilizados. | 30 |
| Cuadro 9. Rendimientos de las Valor promedio de Proteína cruda presente en las hojas de los siete tratamientos utilizados | 34 |
| Cuadro 10. valores promedios de la variable e proteína cruda global presente en la planta. | 35 |
| Cuadro 11. Análisis de varianza del peso fresco de tallo g Maceta ⁻¹ . Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0. | 47 |
| Cuadro 12. Análisis de varianza del peso seco del tallo g Maceta ⁻¹ . Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0. | 47 |
| Cuadro 13. Análisis de varianza del peso fresco en hojas g Macetas ⁻¹ Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0. | 47 |
| Cuadro 14. Análisis de varianza del peso seco en hojas g Macetas ⁻¹ . Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0. | 48 |
| Cuadro 15. Análisis de varianza de la altura en centímetros Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0. | 48 |
| Cuadro 16. Análisis de varianza de materia seca en tallo g kg ⁻¹ . Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0. | 49 |
| Cuadro 17. Análisis de varianza de la materia seca en las hojas g kg ⁻¹ . Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0 | 49 |
| Cuadro 18. Análisis de varianza de proteína cruda en el tallo g kg ⁻¹ . Realizado en el programa SAS para Windows versión 9.0 | 50 |
| Cuadro 19. Análisis de varianza de la proteína cruda en las hojas g kg ⁻¹ . Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0. | 50 |
| Cuadro 20. Análisis de varianza de Proteína cruda presente en el tallo g kg ⁻¹ . Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0. | 51 |
| Cuadro 21. Análisis de varianza de la Proteína cruda presente en las hojas g kg ⁻¹ . Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0. | 51 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 22. Análisis de varianza de la Proteína cruda total en la planta g kg ⁻¹ . Realizado en el programa estadística SAS para Windows versión 9.0. | 52 |
| Cuadro 23. Análisis de varianza del peso en fresco total de la planta gr Maceta ⁻¹ . Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0. | 52 |
| Cuadro 24. Análisis de varianza del Peso seco total de la planta g Maceta ⁻¹ . Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0. | 53 |
| Cuadro 25. Análisis de varianza del Por ciento de peso seco en toda la planta. Realizado en el programa SAS para Windows versión 9.0. | 54 |
| Cuadro 26. Análisis de varianza del Por ciento de Proteína cruda global presente en la planta en la planta. Realizado en el programa SAS para Windows versión 9.0. | 54 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Invernadero donde se establecido el experimento ubicado dentro de la UAAAN UL | 16 |
| Figura 2. Inoculantes comerciales de la marca Verdesian® utilizados en el experimento, envasados en años diferentes (2017 y 2019) y con diferentes especies de Rhizobium y otras especies. | 19 |
| Figura 3 Factores y niveles utilizados en el estudio: A, uso o no de micorrizas y factor B, origen de la cepa de Rizomibum . | 20 |
| Figura 4 <i>Esquema de la distribución de los tratamientos en el invernadero</i> | 20 |
| Figura 5. Macetas con plántulas recién emergidas del sustrato | 21 |
| Figura 6. Tutorado utilizado en dentro del desarrollo el experimento, donde se observa que mantenía el tallo de forma erecta | 22 |
| Figura 7. Pulgón negro presente en el cultivo que se detectó tempranamente evitando mayores daños hacia la planta. | 22 |
| Figura 8. Muestras dentro del horno listas para ser expuestas al calor para su secado. | 23 |
| Figura 9. Molino ocupado para la molienda de las muestras de la marca Thomas Scientific® Laboratorio de suelos de la UAAAN U.L | 24 |
| Figura 10. Bolsas ziploc® con muestra ya molida listas para ser analizadas. | 24 |
| Figura 11. Destilador Kjeldahl en el análisis de las muestras. | 25 |
| Figura 12. Grafica de valores promedios para mostrar la interacción entre factores | 27 |
| Figura 13. Raíz de haba con Rhizobiu | 31 |
| Figura 14. Grafica de las Valor promedio del rendimiento de la proteína cruda obtenida en la materia seca de la planta de Haba obtenida en el experimento | 32 |
| Figura 15 grafica de valores promedio de los tratamientos en la variable proteina en hojas | 33 |

I. INTRODUCCION

El uso de varias especies bacterianas que infestan las raíces de las plantas, pueden un efecto benéfico en el crecimiento de la planta. En este grupo de bacterias se incluye el género *Rhizobium*.

La utilización de inoculantes microbianos en la actualidad tienen gran importancia por ser promotoras de crecimiento vegetal, numerosos estudios avalan los diferentes efectos benéficos al suelo, ya que al incrementar la producción, se puede disminuir o sustituir la fertilización de base nitrogenada, también aumentar la tolerancia a ciertos patógenos, así como la tolerancia a otros factores abióticos.

Las asociaciones de *Rhizobium*-micorrizas actúan sinérgicamente en los niveles de infección, nutrición mineral y crecimiento de las plantas. Es conocido que el principal efecto de las micorrizas de realzar la actividad de *Rhizobium* es a través de una estimulación generalizada de la nutrición del hospedante, aunque pueden ocurrir algunos efectos más localizados a nivel de raíz o de nódulo. Las interacciones pueden tener lugar en el estadio de pre colonización, cuando los dos microorganismos interactúan como habitantes rizosféricos, o durante el desarrollo de una simbiosis tripartita; el genotipo del hospedante también influye en esta interacción.

Una forma sostenible de incorporar N₂ a los sistemas agrícolas es la inserción de plantas que establezcan simbiosis capaces de realizar la fijación biológica y simbiótica de nitrógeno dentro de las rotaciones de los cultivos. Entre estos tipos de planta se encuentran las leguminosas que se emplean como abonos verdes, las cuales son capaces de mantener o mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, importante en el ahorro de fertilizantes nitrogenados y la reducción de costos de producción.

El cultivo de haba es una fuente de alimentación importante para las familias de campesinos en las zonas altas sobre el nivel del mar es importante incrementar su rendimiento lo más sostenible posible ya que la mayoría de los productores suelen cultivar rudimentariamente, por lo cual la utilización de micorrizas y cepas de

Rhizobium es la alternativa más viable por los múltiples beneficios que aportan cada uno de ellas al suelo.

1.1 Objetivos

Mejorar e incrementar la producción y rentabilidad de la producción de Haba, al hacer uso de organismos benéficos.

Evaluar la efectividad de las cepas nativas y cepas comerciales de *Rhizobium*.

Generar información para la utilización del haba como especie forrajera.

1.2 Hipótesis

La inoculación con diferentes cepas de bacterias del género *Rhizobium* y hongos micorrizicos aumentará la producción y calidad proteica del haba (*Vicia faba* L).

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 - Origen

De acuerdo con Honrubia, (2009), el lugar donde el cultivo de haba, fue domesticada, está todavía lejos de esclarecerse. Hay evidencias de su existencia en la era del neolítico temprano 5000 A.C, en el cercano oriente; hecho que tampoco está completamente demostrado. Muchos autores la consideran originaria del Continente Asiático, Cuenca del Mediterráneo o Norte del África específicamente en lo que hoy es Egipto.

Después de la soya (*Glycine max L.*), frijol (*Phaseolus vulgaris; L*) y chícharo (*Pisum sativum L.*), el haba es la cuarta leguminosa, para grano, más importante a nivel mundial. Es una especie cuyo origen se ubica en el Oriente extendiéndose su uso rápidamente por los países del Mediterráneo (Etemadi, *et al.*, 2018).

González y Rubiales, (2016). Revelan que las leguminosas como haba (*V. faba L.*), garbanzo (*Cicer arietinum*) y lenteja (*Lens culinaris*) fueron de las primeras plantas cultivadas junto con las gramíneas. Durante conquista del continente americano las leguminosas fueron introducidas para su cultivo, lo que permitió estar arraigadas dentro de los pueblos agrícolas americanos.

2.2 – Clasificación taxonómica

Desde el punto de vista de Cronquist (1981), la planta de haba (*V. faba L*) pertenécete a la división:

División *Spermatophyta*

Subdivisión *Angiospermae*,

Clase *Dicotyledoneae*,

Subclase *Rosidae*,

Orden *Fabales*,

Familia *Fabaceae*,

Tribu *Vicieae*,

Género *Vicia*.

Especie *faba*.

2.3 – Descripción Botánica.

Planta anual de tallo erecto de forma tetragonal y de 60 a 120 cm de altura. Las hojas son dísticas y paripinnadas de uno a cuatro pares, ovaladas desde la base y en la punta triangulares, estipuladas de 10 a 17 mm de longitud, las hojas alcanzan de 4 a 10 cm de largo mientras que de ancho 1 a 4 cm. de flores de 1 a 6 racimos axilares, cáliz de 12 a 15 mm de largo campanulado, corola de color blanca con manchas violetas oscuras, pétalos estándar constreñidos en el centro, óvulos sésiles y lineal de 2 a 4 por cada flor. Vaina turgente coriácea de 8 a 25 cm de largo por 2 a 3 cm de ancho, de color verde cuando esta tierna y negro cuando está seca, cada vaina contiene 2 a 4 semillas (Lim, 2011).

El haba posee un contenido de almidón del 32% al 44%, lo que se traduce en una fuente de energía importante, que disminuye la utilización de cereales en la dieta de vacas lecheras (Cherif *et al.*, 2018).

2.4. - Importancia

El cultivo del haba (*V. faba* L.), es un vegetal que tiene un rol principal en la alimentación de la población rural y urbana por su gran aporte en proteínas, característico de toda leguminosa, y por su contribución en carbohidratos, minerales y vitaminas (Amaro *et al.*, 2015). El haba se caracteriza por un elevado contenido proteico, además es una excelente fuente de hidratos de carbono de digestión y asimilación lenta, fibra soluble, micronutrientes como vitaminas y minerales (calcio, hierro, magnesio, fósforo y zinc), y algunos componentes bioactivos minoritarios

como ácido fólico, ascórbico, fítico y pantoténico, inhibidores de proteasas y saponinas, junto con un bajo contenido en grasa (Olmedilla et al., 2010).

El cultivo de haba tiene un gran potencial de producción en la zona fría, gracias a su gran rango de adaptabilidad que le permite tolerar a las sequías y bajas temperaturas, teniendo una gran importancia en la vida de los agricultores al cumplir una seguridad alimentaria (Díaz *et al.*, 2008). Debido a la gran variabilidad en el número de florales, peso de vainas por planta, número de semillas por vaina, peso total de semillas, el cultivo de haba tiene gran potencial de producción (Flores *et al.*, 2016 y Orozco *et al.*, 2013).

2.5 Potencial Forrajero

Forrajes producidos en los sistemas intensivos, necesitan de altos niveles de insumos y agua; con los consiguientes incrementos en los costos de producción. En algunas zonas donde se producen el haba las mayores limitantes por baja disponibilidad de agua, salinidad, temperaturas adversas y poca disponibilidad de nutrientes. Por tal motivo es de vital importancia identificar alternativas, como el haba, que contribuyan a cumplir con la demanda en la producción de forraje (Reta *et al.*, 2015).

Los productores de zonas marginadas han descubierto los grandes beneficios del haba como son su adaptabilidad a suelos de baja fertilidad, versatilidad como alimento verde y/o seco y como gran fuente de forraje con poca demanda por recursos (Díaz *et al.*, 2008).

El ensilaje de haba es considerado como una alternativa para las zonas agrícolas con gran altura sobre el nivel del mar y con largos periodos de sequía, donde los forrajes comunes tienden a reducir su producción hasta en un 50%, mientras que el haba logra mantener su rendimiento, contribuyendo a la alimentación y nutrición al ganado (Nieto *et al.*, 2020).

2.6 Producción

El haba (*V. faba L.*), es un cultivo que se explota con la utilización mínima de insumos. A nivel mundial la producción alcanza 7,172,448 toneladas de grano; destacando países como China, Etiopía, Reino Unido, Australia y Alemania, en donde México ocupa el vigésimo puesto (FAOSTAT, 2019).

En México la producción de haba (*V. faba L.*) para grano, tuvo un valor de 461,578 miles de pesos, en una superficie de 23,387 hectáreas; mientras que para el consumo en verde (o verdura) alcanzó un valor de su producción de 452,203 miles de pesos en una superficie de 13,007 hectáreas (SIAP, 2020).

Cuadro 1. Producción nacional en México de Haba (*V. faba L.*) en grano seco en las principales entidades federativas productoras.

| Estado | Superficie sembrada (ha) | Producción (t) | Rendimiento obtenido (t ha⁻¹) | Valor de la Producción (Miles de pesos) |
|---------------|---------------------------------|-----------------------|---|--|
| Puebla | 14,469 | 17,838 | 1.23 | 274,699 |
| Veracruz | 5,498 | 13,912 | 2.53 | 127,130 |
| Tlaxcala | 2,004 | 2,954 | 1.47 | 32,972 |
| E México | 346.65 | 801.79 | 2.31 | 12,778 |
| Hidalgo | 516 | 638 | 1.24 | 7,713 |
| Morelia | 76 | 256 | 3.36 | 2,168 |

Fuente: SADER 2020

Cuadro 2. Producción nacional México de Haba (*V. faba* L.) en verde (vainas) en los principales estados productores en el año 2020.

| Estado | Superficie sembrada (ha) | Producción (t) | Rendimiento obtenido (t ha ⁻¹) | Valor de la Producción (Miles de pesos) |
|------------|--------------------------|----------------|--|---|
| E. México | 6,022 | 39,111 | 6.49 | 261,061 |
| Puebla | 3,920 | 28,529 | 7.28 | 116,702 |
| Tlaxcala | 1,446 | 5,308 | 3.67 | 31,956 |
| Michoacán | 972 | 39,111 | 6.57 | 26,166 |
| Cd. México | 186 | 743 | 4.00 | 5,841 |
| Veracruz | 253 | 1,272 | 5.00 | 5,306 |

Fuente: SADER, 2020

En México el rendimiento de grano en haba puede ser considerado bajo (0.7 t ha⁻¹). Una de las causas es la utilización de variedades nativas y un uso limitado de insumos; como es un cultivo de temporal, la producción se limita aún más por la cantidad y distribución de la lluvia. Por lo cual es primordial la identificación de variedades que presenten mayor tolerancia al estrés hídrico y en consecuencia una mayor producción (Pichardo *et al.*, 2013).

2.8 Uso del Haba en México

El cultivo de haba también es utilizado en México para consumo humano, utilizando la vaina verde como verdura o el grano seco; y también se utiliza para el consumo

animal. Es explotado principalmente por productores de bajos ingresos, en los valles altos del centro de México; ya que son pocos los insumos que se aplican. Los suelos de esos valles son de características variables en origen geológico y texturas, sin embargo, en general son de bajo potencial productivo y pobres en sus contenidos de nitrógeno y fósforo (Crispín *et al.*, 1978).

El haba al ser producida principalmente para autoconsumo por productores de las zonas alta y frías de México, suele ser cocinada en platillos característicos de la región como tortas de haba, sopas de haba, habas en blanco o enchiladas y también como botanas doradas con lo que completan su dieta alimenticia (Jorda *et al.*, 2009). Aunque el contenido de proteína cruda suele encontrarse en un rango del 140 al 350 g kg⁻¹ lo cual suplementa una buena alimentación del campesino, pero llegan a contener altos niveles de taninos los cuales reducen la energía digestiva, digestibilidad e incrementan la excreción, estos efectos disminuyen significativamente pasando los granos por cocciones (Calixto *et al.*, 2020).

2.9 Manejo del cultivo

Confolone (2012); menciona que lo mejor para el suelo es la rotación leguminosas-cereales, utilizando las leguminosas como forraje de invierno. Por ejemplo, la rotación haba (O-I) - maíz (P-V), esto los productores lo saben por experiencia y establecen haba en la temporada fría y después de la cosecha maíz. El contenido de taninos que llega a poseer el haba la hacen mucho más tolerante a heladas, plagas con un mejor rendimiento y gran calidad del grano (Henríquez, *et al.* 2017).

El manejo que del cultivo está muy racionado a la agricultura tradicional, ya que los campesinos que la explotan son de bajos ingresos y conocimientos empíricos heredados de generación tras generación como: el uso de semilla criolla, siembra de forma tradicional (con pala y a tapa pie), labores culturales con tracción animal o de manera manual dependiendo la superficie (Rojas, *et al.*, 2012).

Según Rojas (2012) los productores de haba del municipio del Valle de Perote siguen utilizando prácticas de manejo propias de una agricultura de conservación, utilizando la selección masal para el mejoramiento del cultivo y seleccionar su propia

semilla. Las labores culturales son realizadas con tracción animal. Mientras que una pequeña fracción de los productores utiliza maquinaria en proporción intermedia, en general, el destino de la cosecha es para el autoconsumo. El haba tiene la flexibilidad de ser utilizada como verdura, grano, abono verde y forraje, al utilizar toda la planta (Etemadi, *et al*, 2018).

2.10 Simbiosis *V. faba* L.– *Rhizobium*

La relación simbiótica que existe entre el *Rhizobium* y plantas del Familia *Fabaceae* (*Leguminosae*); el aprovechamiento del nitrógeno atmosférico. Habas (*V. faba* L.) noduladas bajo condiciones apropiadas, fijan un promedio de 210 kg nitrógeno por hectárea en un año (Oliver, 2017).

Al ser una leguminosa, el haba establece una relación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*, por lo que, para su producción se puede prescindir de la aplicación de fertilizantes sintéticos nitrogenados. El haba establece simbiosis con la bacteria *Rhizobium*; pero la especie que mejor funciona con el haba es *Rhizobium leguminosarum* *bv* *Viciae*. Algunas otras biovariedades con las que se establece la simbiosis son: *fabae* y *laguerrerae* pero con menor efectividad (Youseij *et al.*, 2017).

Se han reportado diferentes estimaciones de la capacidad fijadora de nitrógeno atmosférico (N₂): usando haba (*V. faba* L. var. Minor Beck), se encontró que al compararla con una especie no fijadora de N₂ el haba aportó 79, 62 y 117 kg N ha⁻¹ año⁻¹, cuando no se eliminó la paja, cuando se consideró solo el grano y cuando se utilizó como abono verde (Sulas *et al.*, 2013).

En otro estudio conducido en Australia, utilizando (*V. faba* L) cuando no se el cultivo al final del ciclo removi6 del suelo un total de 20 kg N ha⁻¹, contrastando con la aportaci6n de N al sistema en el orden de los 190 kg N ha⁻¹ al utilizar *Rhizobium* como inoculante del haba, adem6s de mejorar el contenido de N en la materia seca de la planta y en el grano. Las estimaciones de la aportaci6n de la bacteria al contenido de N, se hizo mediante la t6cnica de la abundancia natural del isotopo radioactivo de N (¹⁵N) que es de 0.003663 g kg⁻¹ (Denton, *et al.*, 2013).

En otros estudios se reportan una cantidad de N₂ fijado de 184 kg N ha⁻¹ (Lupwayi y Soon, 2015) y hasta 210 kg N ha⁻¹ en Bolivia (Oliver, 2010). En rotación con otros cultivos, el haba por lo regular dejará N residual en el suelo; que puede llegar a representar un ahorro en la compra de fertilizante para el cultivo en rotación del orden de 100 a 200 kg N ha⁻¹ para el siguiente cultivo (Jensen, et al., 2010).

La inoculación con *Rhizobium* en el cultivo del haba, provocó incrementos en el contenido total de N, además de la concentración y/o distribución de los macro y micronutrientes: K, P, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Zn y Cu (Rodela, et al. 1999). La fertilización nitrogenada además de provocar un aumento en los pesos de vainas y semillas en seco también causa un retraso de la senescencia la cual se presenta en los nódulos (Bergareche, et al. 1988).

2.11 Polinización

Las plantas de haba (*V. faba* L.) pueden ser polinizadas con ayuda de insectos polinizadores como abejorros, o fecundación manual. La diferencia entre estos dos tipos de polinización es que con polinizadores se da un mayor tamaño de grano en comparación a la fecundación manual, donde se obtienen un mayor número de granos (Lundin y Raderschall, 2021).

Después de la cosecha del grano, los residuos de haba incorporados al suelo liberaron durante el primer año el 70% y 63% del C y N contenidos en su materia seca; a los tres años de incorporados los residuos, solo liberaron 3% al 5% del C y N incorporados inicialmente (Lupwayi et al, 2015).

La información sobre el cultivo del haba en México es limitada por lo cual es importante aumentar la investigación característica y así poder brindar más conocimiento al productor (Fuentes, et al., 2021).

2.12 *Rhizobium*

El género de bacterias *Rhizobium* pertenecientes a la clase *Proteobacteria*, orden *Rhizobiales* y familia *Rhizobiaceae*, es la responsable de establecer una relación

simbiótica con el haba. Hasta ahora, se han descrito más de 90 especies de *Rhizobium* bacterias aerobias gramnegativas, no formadoras de esporas (Wenjun *et al.*, 2018).

Fueron Hellriegel y Wilfarth, en (2017), quienes lograron demostrar la fijación biológica de (N_2) por las bacterias en su asociación con leguminosas. Sus experimentos demostraron que las leguminosas se comportan de forma diferente a las gramíneas en presencia de nitrógeno, ya que:

- a) mientras que el crecimiento de las gramíneas está limitado por la cantidad de N asimilable en el suelo, las leguminosas utilizan una segunda fuente con la que pueden satisfacer las necesidades de este elemento,
- b) que esa fuente de N no puede ser otra que el N_2 .
- c) que el proceso sólo ocurre cuando existe una simbiosis entre la leguminosa y bacterias específicas.

La simbiosis es que se realiza es un proceso completamente natural en el medio ambiente, con bacterias del género **Rhizobium** y Bradyrhizobium, las cuales tienen la capacidad de fijar N_2 y *fijarlo* en los nódulos en forma de amoníaco (NH_3), sustancia que puede ser utilizada en el metabolismo de las plantas para la síntesis de proteínas y otros compuestos nitrogenados (Vargas, 2021). La asociación *Rhizobium*-leguminosa es considerada un proceso de alta eficiencia en fijación biológica del nitrógeno atmosférico es capaz de abastecer hasta 90 % de las necesidades de nitrógeno en dichas plantas (López *et al.*, 2017).

Las bacterias del género **Rhizobium** que promueven el crecimiento suele estar en el suelo podres en actividad microbiana por lo cual se tienen que inocular los cultivos, eso suele disminuir la cantidad de fertilizante químicos que se aplica al cultivo, reduciendo los costos de producción beneficiado principalmente a los productores (Moreno *et al.*, 2018 y Giller, 2001). El pH adecuado de los suelos para un óptimo

desarrollo del *Rhizobium* es de 6.5, juega un papel importante en la simbiosis que se realiza entre la bacteria y la planta (Endalkachew *et al.*, 2019).

2.13 actividad microbiana

Las especies de bacterias asociadas con la rizósfera pueden ejercer efectos benéficos traducidos en crecimiento. El grupo específico de organismos se llama rizobacterias, las cuales se caracterizan por facilitar directa o indirectamente el desarrollo de la raíz y del follaje de las plantas (Napoles *et al.*, 2016). Las bacterias de vida libre o en simbiosis estimulan el crecimiento de las plantas a través de varios procesos, como la síntesis de reguladores del crecimiento vegetal, fijación de nitrógeno, solubilización de nutrientes, producción de sideróforos y control de fitopatógenos del suelo (Soto Venezuela, 2018).

La interacción que existe entre la bacteria y planta se realiza a través de un intercambio de señales químicas. Las plantas exudan flavonoides los cuales son reconocidos por bacterias compatibles, primero degradan la pared celular de la bacteria por medio de enzimas, posteriormente activan los procesos de infección lo cual inicia con la división celular en la raíz, (Napoles *et al.*, 2016). Por lo que, la utilización de cepas de microorganismos, adaptadas a diversas condiciones edafoclimática extraídas de suelos ricos en población microbiana, da como resultado la colonización (Pérez, 2008).

2.14 Micorrizas

En la agricultura moderna, el uso comercial de las Micorrizas en cultivos con fines alimenticios es poco utilizado, mientras que en especies Forestales se suele aplicar desde la siembra de las plantas, para emular las condiciones que tendría en la naturaleza ya que de forma silvestre es muy común la simbiosis (Noda. 2009). Diferentes estudios paleo botánicos, morfo anatómicos y filogenéticos han obtenido evidencias de que la relación entre hongos micorrízicos y raíces de las plantas, relación que existe desde el periodo Paleozoico, hace 400 millones de años en las primeras plantas terrestres que existieron (Honduria, 2009).

Las micorrizas por definición son asociaciones simbióticas mutualistas de diversos tipos que se establecen entre hongos del suelo y las plantas, siendo los hongos micorrísicos de las más comunes en la naturaleza, ya que ocurren en el 90% de las familias de plantas (Aguilera *et al.*, 2007). El micelio de las micorrizas dispersas en el suelo, intervienen en la construcción de agregados de suelo por medio de la adhesión, favoreciendo a darle estructura y disminuyendo la erosión y aumentando la capacidad de la retención del agua, estos efectos a nivel edáfico son claves para la conservación de una gran diversidad de microorganismos del suelo (Garzón, 2016).

El uso de micorrizas en los cultivos comerciales por lo general es poco utilizado ya que se encuentran por lo general en especies forestales se hayan de forma silvestre, la utilización de microorganismo benéficos como es el caso de las micorrizas (Noda, 2009). Los inóculos de micorrizas se encuentran usualmente a 20 cm de profundidad en el suelo, por lo que pueden ser afectadas por factores bióticos y abióticos (Posada *et al.*, 2006).

EL uso de micorrizas puede ser una herramienta muy útil para una agricultura sustentable. Entre sus efectos benéficos están: mayor absorción de elementos poco móviles como P, Cu y Zn; protección contra patógenos; mayor resistencia a la sequía; y contribución a la formación de la estructura del suelo (Cuenca, 2007). Las plantas desarrollan una mayor altura, vigor y área foliar, y se incrementan los rendimientos (entre un 15 y 50%). Protege las raíces contra ciertos hongos patógenos. Las micorrizas pueden ser consideradas como un biofertilizante el cual gracias a su simbiosis con las raíces permite ahorrar hasta un 50% del volumen de los productos químicos necesarios, lo que favorece la reducción de los costos, e influye en el ejercicio de una agricultura sostenible y ecológicamente más sana (Noda, 2009).

En la última década la utilización de micorrizas en cultivos comerciales, aumentado considerablemente ya que anteriormente eran utilizadas mayormente en especies forestales, la producción de inoculantes micorrísicos experimentó un incremento del 40 %. De igual manera, se destacó un aumento en el registro de patentes de

inoculantes micorrícicos (15 %) y en la creación de nuevas empresas y cadenas de distribuidores (Mujica, 2020).

2.15 principales Micorrizas

En el mundo están identificados alrededor de 5,000 especies de hongos micorrícicos, principalmente relacionados a especies forestales, los dos tipos más comunes y más conocidos son las ectomicorrizas y las endomicorrizas (Noda, 2009).

La formación de las estructuras de las Micorrizas comienza desde la germinación de las esporas forma filamentos llamados hifas proliferando da lugar al micelio crecimiento (Molina *et al.*, 2005).

La infección generada por el micelio hacia a la raíz, la cual se produce por la identificación de los exudados que genera las raíces el cual estimula el crecimiento del Micelio y un biotropismo positivo para las raíces. Realizando cambios morfológicos y estructurales, en los tejidos colonizados por el simbionte y en el mismo (Molina *et al.*, 2005

.De los hongos micorríticos más ambulantes del planeta y amplia distribución en el mundo, son las nombradas Ectomicorrizas y las Arbusculares.

Arbuscular: se le llama así al tipo de micorrizas que puede generar una asociación que existe entre plantas vasculares y un grupo limitado de hongos del *phylum Glomeromycota* la cual se caracteriza por presencia de hifas intracelular (Camarena, 2012). Formando estructura llamadas arbusculos (Harrison, 1997).

2.16 Leguminosas-Rhizobium-micorrizas

La simbiosis que pueden llegar establecer las leguminosas y *Rhizobium*, puede que sean de las asociaciones más comunes que se establecen con la mayoría de las especies de plantas, y probablemente son, las más importantes (Guerra, 2013).

Los microorganismos endófitos comprenden a hongos y bacterias, que viven sin causar daño en el interior de las células y los tejidos de plantas superiores durante

una parte considerable de su ciclo de vida, y pueden habitar en espacios intracelulares, intercelulares o en el tejido vascular (Dibut, 2009).

La mayoría de las leguminosas por lo general tienen la capacidad de tolerar doble simbiosis con *Rhizobium* y micorrizas vasculares simultáneamente, lo cual se traduce a una mejor adaptación a suelos muy pobres en nutrientes y un aumento considerable en su rendimiento (González, 2012).

“La importancia” de esta doble simbiosis o simbiosis dual es de alta, ya que participa en el ciclo del nitrógeno como en el ciclo del fósforo, al aumentar la fijación y la disponibilidad en el suelo de estos elementos (Spagnoletti, 2013). La inoculación simultánea de bacterias y hongos micorrizicos en haba aumenta la concentración de nitrógeno fijado y la biomasa producida por la planta (Harris, et al., 2019

III.-MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización geográfica

El experimento se estableció en invernadero dentro de la UAAAN-UL ($25^{\circ}33'09''\text{N}$ $103^{\circ}22'25''\text{O}$) a 1.120 msnm.



Figura 1. Invernadero donde se estableció el experimento ubicado dentro de la UAAAN UL

3.2 Colecta de cepas

La colecta de las cepas de *Rhizobium* nativas fue en el estado de Veracruz, en predios donde se han establecido cultivos de Haba por varios ciclos de producción, el método del muestreo fue en zig-zag a una profundidad de 30 cm de profundidad.

La colecta de las cepas de *Rhizobium* nativas fueron extraídas durante el año 2019 en Orilla del Monte, Jalacingo, Veracruz en tres predios. Predio San Ángel (SA) ($19^{\circ}40'36''\text{N}$ $97^{\circ}18'06''\text{O}$) a 2.477 msnm, predio La Cuchilla (LC) ($19^{\circ}40'50''\text{N}$ $97^{\circ}18'04''\text{O}$) a 2.485 msnm y predio La Parcela (LP) ($19^{\circ}40'32''\text{N}$ $97^{\circ}18'02''\text{O}$) a 2.472 msnm, en estos predios se ha cultivado haba (*V. faba* L.) durante varios ciclos, la semilla utilizada fue cultivo de en el predio la cuchilla.

3.3 Colecta de semilla

La colecta se llevó a cabo en el año 2019 procedentes de los predios mencionados anteriormente; siendo los criterios el tamaño de la semilla y testa completa.

3.4 Establecimiento del experimento

El estudio se estableció en la UAAAN-UL bajo condiciones de invernadero. Los tratamientos se establecieron en un experimento con arreglo bifactorial (2 x 7) y distribución en bloques al azar con cuatro repeticiones: con el nivel (A) de micorriza (con y sin micorriza) . siendo el segundo nivel (B) seis fuentes de nitrógeno de *Rhizobium* y un tratamiento blanco tres suelos de predios en el estado de Veracruz donde se explota haba el cual solo fue usado como inoculante, dos inoculantes comerciales para la semilla, fertilizante nitrogenado (NH₄)₂SO₄ (60 kg N ha⁻¹) y sin micorriza sin *Rhizobium* y sin N).

3.4. Llenado de macetas.

Para la siembra se utilizaron bolsas de polietileno de capacidad de 3 kilogramos, el sustrato utilizado para las bolsas fue tierra del campo experimental de la UAAAN UL.

Cuadro 3. Características físico químicas del sustrato utilizado para el llenado de las macetas. Extraído en la UAAAN-UL.

| pH [†] | Salinidad CE mS/cm | N Total (%) | Arena (%) | Limo (%) | Arcilla (%) | TEXTURA |
|-----------------|-----------------------|----------------|--------------|-------------|----------------|---------|
| 7.7 | 4.09 | 0.118 | 43.84 | 20.88 | 16.00 | Franco |

† pH = Potencial de Hidrógeno, CE = Conductividad eléctrica, N = Nitrógeno.

3.5. Aplicación de ácido Fosfórico

Se calculó el área cada maceta (0.0415 m²) para ello se mezclaron 52 ml de ácido fosfórico diluido en 8.5 litros de agua corriente, aplicando 50 ml de la solución a cada una de las macetas para alcanzar la Dosis: 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ (Quiroga *et al.*, 1991).

3.6. Siembra e inoculación.

La siembra se realizó el día veintisiete de octubre del dos mil diecinueve, colocando y distribuyendo en la maceta tres semillas de haba, a una profundidad de 5 cm, la micorriza se colocó antes la semilla en una dosis equivalente de 1 kg ha⁻¹, las cuales

fueron producidas por el INIFAP con un análisis que garantiza que es la principal especie en su contenido es *Glomus intraradices* de 46 esporas por cada gramo

Para el proceso de inoculación con *Rhizobium*, la noche anterior a la siembra la semilla se remojó en una solución acuosa de azúcar en la proporción de un kilo de azúcar disuelto en un litro de agua, se extrajo la semilla de la solución de sacarosa y posteriormente se agregó el inoculante en polvo. La cantidad de inoculantes (suelos utilizados de los tres sitios de Veracruz y los dos comerciales) fue suficiente como para cubrir perfectamente toda la semilla, se dejó orear toda la noche para ser sembradas al día siguiente, Para los inoculantes comerciales se utilizaron dos diferentes que fueron envasados en años diferentes y que contienen distintas bacterias.

1.- Verdesian N DURE® 2017:

Rhizobium leguminosarum

2.- Verdesian GUARD-D N® 2019:

Bradyrhizobium sp.

Bradyrhizobium japonicum

Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli

Rhizobium leguminosarum biovar viceae

La cantidad que se utilizó en la proporción fue equivalente a (recomendación de la compañía): 170.1 gr de inoculante para 22.68 kg de semilla., Posteriormente se aplicó un riego de aniego dejando el suelo a capacidad de campo.



Figura 2. Inoculantes comerciales de la marca Verdesian® utilizados en el experimento, envasados en años diferentes (2017 y 2019) y con diferentes especies de *Rhizobium* y otras especies.

3.7. Distribución y arreglo de los tratamientos

Los tratamientos se establecieron en un diseño con distribución en bloques al azar con cuatro repeticiones, en invernadero y con un arreglo bi factorial: con y sin micorriza como factor A, mientras que el factor B le correspondieron: tres cepas colectadas en los predios en el estado de Veracruz, dos inoculantes comerciales, fertilizante sintético de sulfato de amonio y un tratamiento cero o blanco de nitrógeno.

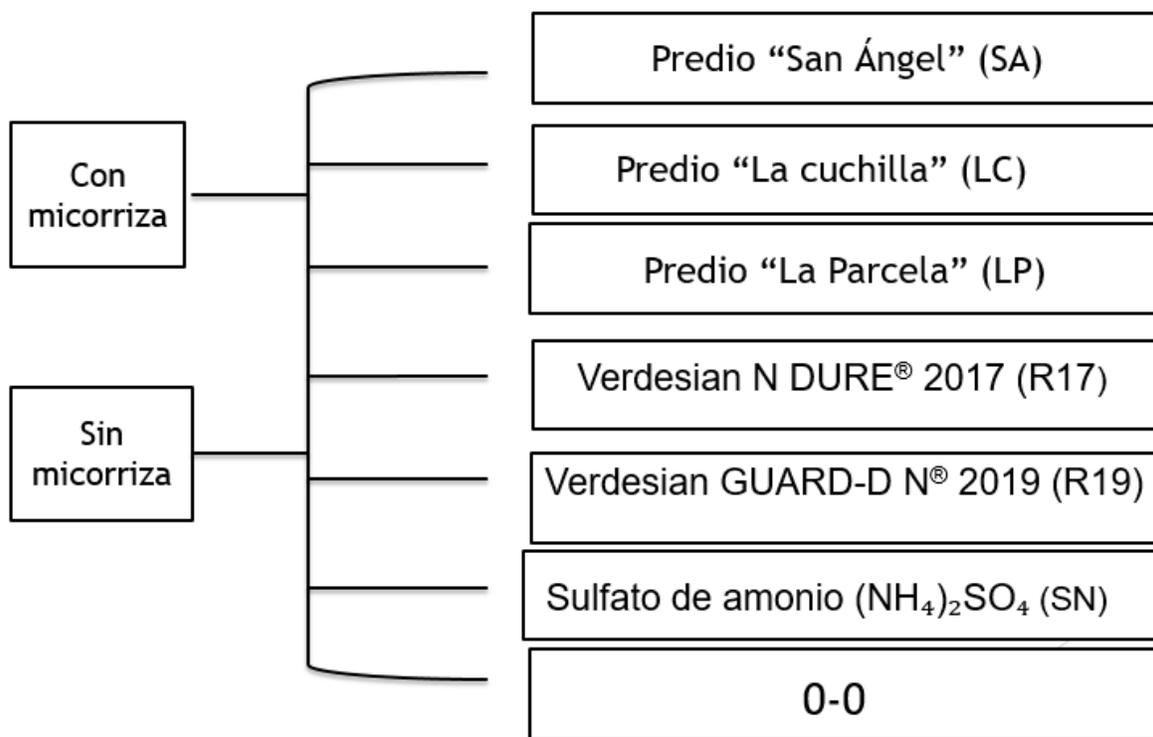


Figura 3 Factores y niveles utilizados en el estudio: A, uso o no de micorrizas y factor B, origen de la cepa de *Rizomibum*.

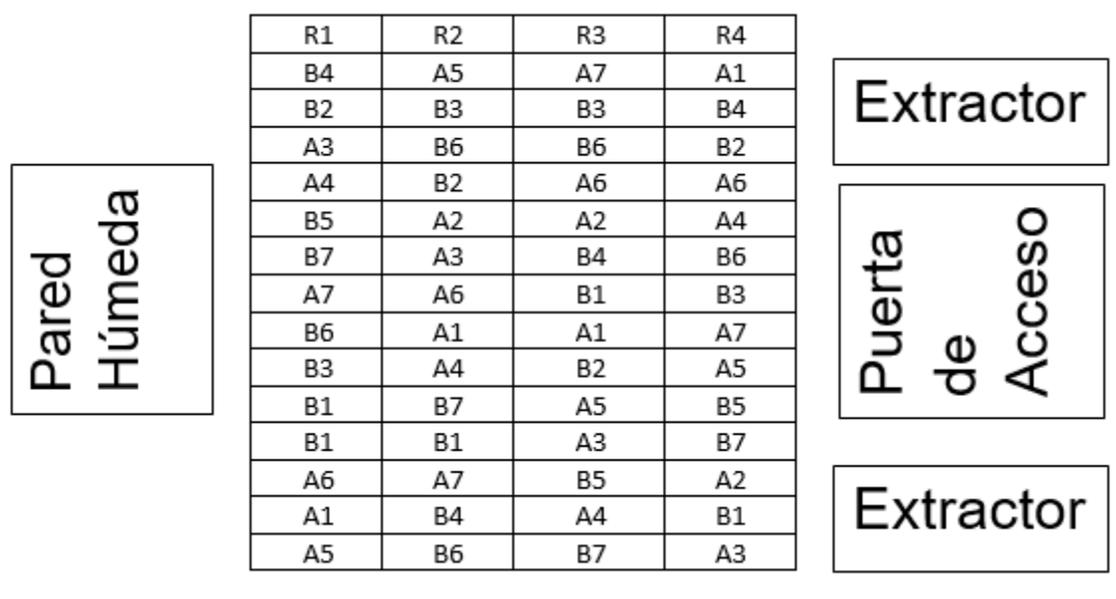


Figura 4 Esquema de la distribución de los tratamientos en el invernadero

Tratamientos utilizados: san Angel (1), La cuchilla (2), La parcela (3), Verdesian N DURE® 2017 (4), Verdesian GUARD-D N® 2019 (6), Sulfato de Amonio (6) y 0-0 (7).

A: Con micorriza B: Sin micorriza R: Repetición.

3.8. Emergencia

La emergencia de las plántulas ocurrió el día 4 de noviembre de 2019, 9 días después de siembra (dds).



Figura 5. Macetas con plántulas recién emergidas del sustrato

3.9. Resiembra

A los 10 días después de la siembra fue necesario realizar una siembra por fallas en emergencias de plántulas, en 2 de las 56 macetas; repitiendo el mismo proceso de inoculación, descrito previamente.

3.10. Riego

El riego se aplicó, cada tercer día, en atención a las necesidades fisiológicas del cultivo solo se cuidó en mantener el suelo en totalmente húmedo.

3.11. Tutorado

En campo abierto la planta de haba no suele necesitar el uso de un tutorado pero las plantas del experimento crecieron muy altas debido a las condiciones de luminosidad que genera el invernadero, por lo cual fue necesario el establecimiento

de tutorados dentro del cultivo a los 30 dds. Utilizando una estacas de madera fijada con en botes de plástico llenos de cemento, formando así una especie de espalderas.se como se a utilizar



Figura 6. Tutorado utilizado en dentro del desarrollo el experimento, donde se observa que mantenía el tallo de forma erecta

3.12 Control de plagas

Durante el desarrollo del cultivo, y solo una vez, se presentó un brote de pulgón negro (*Aphis fabae*), transmisor de virus, el cual fue controlado con una sola aplicación del insecticida orgánico “Double KO”®: mezcla de extractos de Neem (*Azadirachta indica*) 10% y canela (*Cinnamomum zeylanicum*) 10%.



Figura 7. Pulgón negro presente en el cultivo que se detectó tempranamente evitando mayores daños hacia la planta.

3.13 Cosecha

Se realizó a los 85 dds,. Capturando su peso en verde de tallos y hojas por separado, con ayuda de una báscula digital de la marca Santul®. El proceso fue separando las hojas y los tallos, almacenándolos en bolsas de papel con su debida identificación y pesarlos,

3.14. Secado

Las muestras tuvieron que pasar por un proceso de pérdida de humedad hasta peso constante, utilizando un horno eléctrico de secado de la marca Felisa®, las muestras fueron sometidas a una temperatura de 65°C por un periodo de 48 horas.

Posteriormente fueron pesadas con la báscula digital de la marca Santul® antes utilizada, para capturar su peso en seco.



Figura 8. Muestras dentro del horno listas para ser expuestas al calor para su secado.

3.15. Molienda

Para el análisis de N total en la planta, se utilizó un tamiz # 40 con una apertura de 0.42 mm. Moliendo por separado los tallo y las hojas y colocando el molido en bolsas ziploc® etiquetándolas con la información de identificación.



Figura 9. Molino ocupado para la molienda de las muestras de la marca Thomas Scientific® Laboratorio de suelos de la UAAAN U.L



Figura 10. Bolsas ziploc® con muestra ya molida listas para ser analizadas.

3.16. Análisis de nitrógeno en planta

Las muestras ya molidas fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la UAAAN UL, la técnica utilizada fue el método Kjeldahl, por ser uno de los más fiables en la determinación de nitrógeno en planta, utilizando un destilador Kjeldahl de la marca Lab



Figura 11. Destilador Kjeldahl en el análisis de las muestras.

3.17 variables de estudio

Se evaluaron diferentes variables de rendimiento tales como altura de la planta las cuales fueron medidas con una cintra métrica mientras estaba la planta de pie, pesos en verde y en seco fueron capturados para tallos y hojas por separado utilizando una báscula digital de la marca Santul® después del proceso de secado, la materia seca presente en cada órgano a través de la fórmula (peso verde del órgano/peso en seco del órgano), proteína cruda de cada órgano por separado obtenida a través del resultado de porcentaje de nitrógeno obtenido de los análisis de laboratorio multiplicado por 6.25, proteína cruda en los órganos en la materia seca obtenida con la fórmula (proteína cruda/1000 * materia seca), y pesos verdes y secos de la planta esto es el resultado de sumar el peso de interés de tallos y hojas.

3.18 análisis de datos

Los datos obtenidos fueron analizados a través del programa estadístico SAS para Windows versión 9 para la realización del Anova y DMS (diferencia mínima significativa)

IV RESULTADOS

4.1 Altura de la planta

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para el factor micorrizas, no así ($P \geq 0.005$) para el factor del *Rhizobium* ni en la interacción de ambos factores Cuadro 16

El uso de micorrizas demostro un efecto favorable ya que el promedio de la altura fue superior al no usar de micorrizas, la diferencia que existe entre el uso y no uso de micorrizas (10.2 cm)

Cuadro 4. Valores promedio de la altura alcanzados por los tratamientos utilizados en el experimento

| <i>Rhizobium</i> | SA♣ | LC | LP | R17 | R19 | SN | 0-0 | Promedios |
|------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| con/Mico | 120.0◇ | 106.0 | 112.8 | 108.0 | 117.5 | 115.7 | 130.0 | 115.7 a♣ |
| sin/Mico | 103.5 ^{oe} | 110.5 | 111.5 | 96.7 | 106.5 | 100.7 | 102.2 | 104.5 b |
| Promedios | 111.8 ^e | 108.3 | 112.1 | 102.4 | 112.0 | 108.2 | 116.1 | |

Diferencia mínima significativa: 25.259, coeficiente de variación:14.3%

♣ Tratamientos utilizados: San Angel (SA), La cuchilla (LC), La parcela (LP), Verdesian N DURE® 2017 (R17), Verdesian GUARD-D N® 2019 (R19), Sulfato de Amonio (SN) y (0-0).

Con/Mico: con micorrizas y Sin/Mico: sin micorrizas.

◇ Valor promedio obtenidas con la inoculación de micorriza *Glomus intrarradices*.

^{oe} Valor promedio obtenidas sin el uso de micorrizas.

^e Promedios en altura por cada de cada tratamiento de *Rhizobium*. Diferencias no significativas ($P \geq 0.05$)

♣ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, DMS ($P \leq 0.05$)

4.2 Peso Fresco de la Planta

Peso en fresco total de la planta g Maceta⁻¹

El análisis de varianza señaló que solo existen significancias en los tratamientos utilizados ($P \leq 0.001$) y una interacción ($P \leq 0.05$) entre las Micorriza y los tratamientos utilizados como se puede observar en el cuadro 24.

Los tratamientos 0-0 y “La Cuchilla” fueron estadísticamente semejantes entre ellos, dando como valores altos de producción. los cual se puede atribuir al contenido de nitrógeno presente en el suelo utilizado como sustrato. donde

interacción entre factores (Figura 12), se logró identificar en el tratamiento Verdesian GUARD-D N® 2019, donde se desconoce el motivo por el cual se presenta este fenómeno.

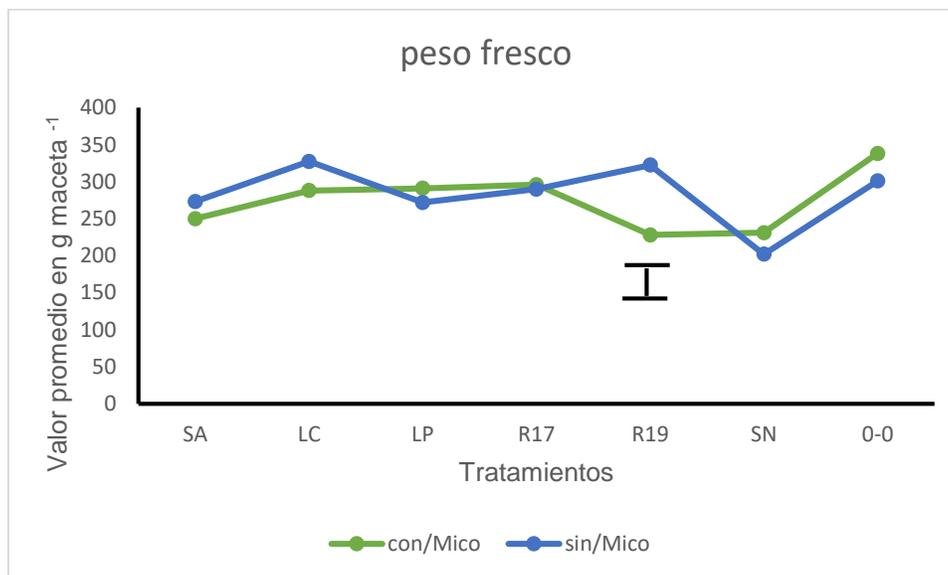


Figura 12. Grafica de valores promedios para mostrar la interacción entre factores

Interacción entre factores.

T Diferencia mínima significativa: 42.22 coeficiente de variación: 14.94 %
 Tratamientos utilizados: san Angel (SA), La cuchilla (LC), La parcela (LP), Verdesian N DURE® 2017 (R17), Verdesian GUARD-D N® 2019 (R19), Sulfato de Amonio (SN) y (0-0).

Peso fresco del tallo g maceta⁻¹

En el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), en el facto de tratamientos, para la variable peso fresco de las plantas sobresaliendo el inoculo nativo “la cuchilla”. El resto de los componentes del análisis se mantuvo sin efectos ($P \geq 0.005$) para este carácter indicativo de la eficiencia productiva del cultivo, y de importancia como fuente alimenticio alternativo en sistemas pecuarios de nivel de bajos recursos naturales y económicos cómo se puede observar en el Cuadro 12

Diferentes estadísticamente a los restantes, pero iguales entre sí como los más las eficientes se sitúan las cepas colectadas en las localidades de La Cuchilla y el

tratamiento sin micorrizas y sin fertilización. En la consecución de estos resultados muy probablemente haya influido el haberse tomado como material el suelo de un terreno que sirvió en un cultivo anterior que guardó residuos de una fertilización nitrogenada.

Cuadro 5. Valores promedios obtenidos por los tratamientos en la variable de peso fresco del tallo

| <i>Rhizobium</i> | SA♣ | LC | LP | R17 | R19 | SN | 0-0 | Promedio |
|------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| con/Mico | 150.2◇ | 179.0 | 178.2 | 181.0 | 145.5 | 145.7 | 207.2 | 169.5 |
| sin/Mico | 166.5 ^œ | 218.0 | 170.2 | 176.0 | 202.2 | 129.7 | 182.2 | 177.8 |
| Promedio | 158.4 ^ε | 198.5 | 174.2 | 178.5 | 173.9 | 137.7 | 194.7 | |
| | b c ♦ | a | b a | b a | b c | C | b | |

Diferencia mínima significativa: 25.259, coeficiente de variación:14.3%

♣ Tratamientos utilizados: San Angel (SA), La cuchilla (LC), La parcela (LP), Verdesian N DURE® 2017 (R17), Verdesian GUARD-D N® 2019 (R19), Sulfato de Amonio (SN) y (0-0).

Con/Mico: con micorrizas y Sin/Mico: sin micorrizas.

◇ Valor promedio obtenidas con la inoculación de micorriza *Glomus intrarradices*.

œ Valor promedio obtenidas sin el uso de micorriza

ε Promedios en altura por cada de cada tratamiento de *Rhizobium*. Diferencias no significativas ($P \geq 0.05$)

♣ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, DMS ($P \leq 0.05$)

Peso fresco en las hojas g Maceta⁻¹

al analizar el peso seco de las hojas se detectó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para el factor de los inoculantes de *Rhizobium*, mientras tanto para el efecto de las micorrizas y e interacción no se detectó ($P \geq 0.005$) alguna. Se detectó que el tratamiento donde no se utilizó algún inoculante fue superior al resto, se logra observar que los tratamientos biológicos son superiores en al menos 20 g Maceta⁻¹ lo cual es una gran diferencia en la producción. el tratamiento 0-0 superara en la producción de 22.3 g Maceta⁻¹ promedio más que el resto de los tratamientos utilizado, la causa a esto fue causado al contenido de nutrientes presentes en el sustrato utilizado para el crecimiento de las platas.

Cuadro 6. Valores promedio de los pesos frescos en hoja obtenidos por los tratamientos

| <i>Rhizobium</i> | SA♣ | LC | LP | R17 | R19 | SN | 0-0 | Promedio |
|------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|----------|
| con/Mico | 99.7◇ | 109.8 | 113.0 | 115.0 | 82.8 | 84.7 | 131.0 | 105.1 |
| sin/Mico | 106.7 [∞] | 109.3 | 101.5 | 114.0 | 120.0 | 72.0 | 118.0 | 105.9 |
| Promedio | 103.2 ^ε | 109.6 | 107.3 | 114.5 | 101.4 | 78.4 | 124.5 | |
| | a♣ | A | a | a | a b | b | a | |

Diferencia mínima significativa: 24.7, coeficiente de variación:14.3

♣ Tratamientos utilizados: san Angel (SA), La cuchilla (LC), La parcela (LP), Verdesian N DURE® 2017 (R17), Verdesian GUARD-D N® 2019 (R19), Sulfato de Amonio (SN) y (0-0).

Con/Mico: con micorrizas y Sin/Mico: sin micorrizas.

◇ Valor promedio obtenidas con la inoculación de micorriza *Glomus intrarradices*

[∞] Valor promedio obtenidas sin el uso de micorrizas.

^ε Promedios en altura por cada de cada tratamiento de *Rhizobium*. Diferencias no significativas ($P \geq 0.05$)

♣ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, DMS ($P \leq 0.05$)

4.5 Pesos secos de la planta

Peso seco total de la planta g Maceta⁻¹

El análisis de varianza realizado para este apartado se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) únicamente para el factor *Rhizomium*, mientras que para el resto de los factores no identifico alguna significancia ($P \geq 0.005$), como se observa en el cuadro 25.

Se logra observar que estadísticamente el único tratamiento diferente al resto es el que contiene sulfato de amonio. El sustrato utilizado fue el que permitió que el tratamiento 0-0 logra producir niveles sobresalientes igualando a los inoculantes, gracias al contenido medio de nitrógeno. Los tratamientos que recibieron algún inoculante comercial o cepa nativa fluctuaron de 44 a 49 g Maceta⁻¹

Cuadro 7. Mediad del rendimiento en Peso seco total de la planta g Maceta⁻¹

| <i>Rhizobium</i> | SA♣ | LC | LP | R17 | R19 | SN | 0-0 | Promedio |
|------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|----------|
| con/Mico | 49.0◇a | 49.7 | 49.5 | 50.2 | 39.7 | 41.5 | 50.7 | 47.2 |
| sin/Mico | 47.5 [∞] a | 49.2 | 44.7 | 46.2 | 48.7 | 38.2 | 48.7 | 46.2 |
| Promedio | 48.3 ^ε | 49.5 | 47.1 | 48.2 | 44.2 | 39.9 | 49.7 | |
| | ♣a | a | A | a | b a | b | a | |

Diferencia mínima significativa: 5.75, coeficiente de variación 12,18.

♣ Tratamientos utilizados: san Angel (SA), La cuchilla (LC), La parcela (LP), Verdesian N DURE® 2017 (R17), Verdesian GUARD-D N® 2019 (R19), Sulfato de Amonio (SN) y (0-0).

Con/Mico: con micorrizas y Sin/Mico: sin micorrizas.

◇ Valor promedio obtenidas con la inoculación de micorriza *Glomus intrarradices*

∞ Valor promedio obtenidas sin el uso de micorriza

e Promedios en altura por cada de cada tratamiento de *Rhizobium*. Diferencias no significativas ($P \geq 0.05$)

♣ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, DMS ($P \leq 0.05$)

Peso seco del tallo g Maceta⁻¹

El únicamente se detectaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para el factor de los inoculantes de la bacteria utilizados. Mientras que en los demás componentes del ANOVA se mantuvo sin alguna significancia ($P \geq 0.005$) destacable en la eficiencia de producción en esta variable estudiada como se puede observar en el cuadro 16.

Siendo iguales estadísticamente la cepa “La Cuchilla”, el inoculante Verdesian N DURE® 2017 y el tratamiento 0-0 demostraron ser las más eficientes con y sin el uso de micorrizas. El sustrato de amonio como el resto de los tratamiento resulto ser el del menor rendimiento y el único diferente estadísticamente, los resultados de los tratamientos inoculantes fluctuaron de 31.2 a 33.1 g Maceta⁻¹

Cuadro 8. Valor promedio de producción del peso seco del tallo de los tratamientos utilizados.

| <i>Rhizobium</i> | SA♣ | LC | LP | R17 | R19 | SN | 0-0 | Promedio |
|------------------|-------|------|------|------|------|------|------|----------|
| con/Mico | 31.2◇ | 33.0 | 33.2 | 33.3 | 26.2 | 28.7 | 34.5 | 31.4 |
| sin/Mico | 31.2∞ | 33.2 | 30.0 | 32.0 | 31.5 | 26.2 | 32 | 30.9 |
| Promedio | 31.2e | 33.1 | 31.6 | 32.7 | 28.9 | 27.5 | 33.3 | |
| | b a | a | b a | a | b c | c | a | |

Diferencia mínima significativa: 3.681, coeficiente de variación: 11.6%

♣ Tratamientos utilizados: san Angel (SA), La cuchilla (LC), La parcela (LP), Verdesian N DURE® 2017 (R17), Verdesian GUARD-D N® 2019 (R19), Sulfato de Amonio (SN) y (0-0).

Con/Mico: con micorrizas y Sin/Mico: sin micorrizas.

◇ Valor promedio obtenidas con la inoculación de micorriza *Glomus intrarradices*

∞ Valor promedio obtenidas sin el uso de micorrizas

e promedios de rendimiento década tratamiento

e Promedios en altura por cada de cada tratamiento de *Rhizobium*. Diferencias no significativas ($P \geq 0.05$)

♣ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, DMS ($P \leq 0.05$)

Peso seco en hoja g Maceta⁻¹

El análisis de varianza para esta variable de estudio no logró detectar ninguna diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre las fuentes de variación como se puede en el cuadro 1/.

4.9 Contenido de Materia seca producida por la planta

Para las variables de estudio Contenido de Materia seca en las hojas $g\ kg^{-1}$ (cuadro 18), Contenido de Materia seca en los tallo $g\ kg^{-1}$ (cuadro 17) y Contenido de Materia seca total en la planta $g\ kg^{-1}$ (cuadro 26). En el análisis de varianza para este parámetro no encontró alguna diferencia significativa ($P \geq 0.005$) en ninguna de entre las fuentes de variación.

A pesar que en esta variable no encontraron diferencias significativas los organismos utilizados si fueron efectivo como se puede observar en la figura13 donde el tratamiento donde no se aplicó algún inoculante la raíz esta desnuda, el tratamiento donde no se utilizó micorriza solo se puede observar nódulos de **Rhizobium** también una raíz donde se observa varios nódulos y cubierta de tierra por el uso de micorrizas y un nódulo con el color que lo caracteriza.



Figura 13. Raíz de haba con *Rhizobiu*

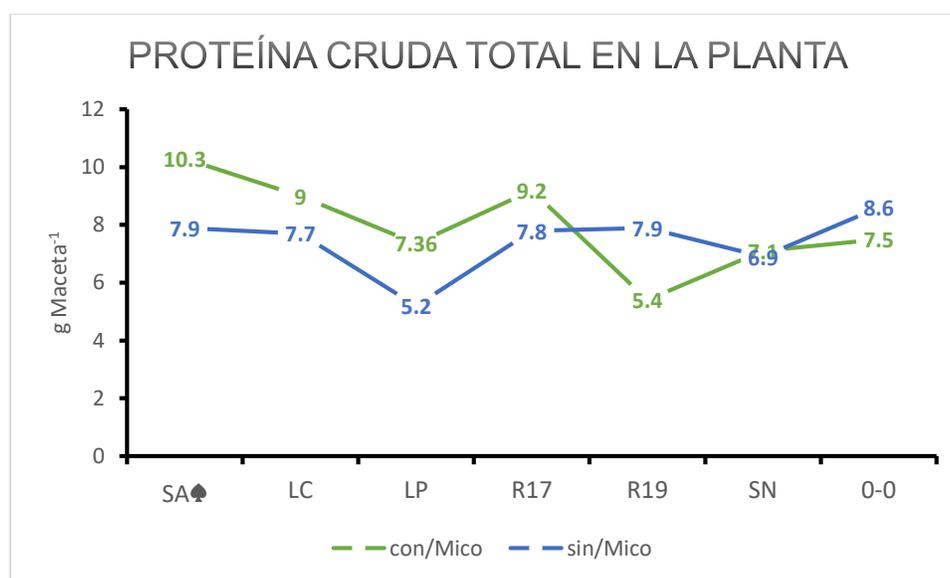
a). Raíz obtenida del tratamiento sin inoculantes, b) Raíz con nódulos de **Rhizobium**, C) Raíz con nódulos de **Rhizobium** y micorrizas, d). nódulos de **Rhizobium** mostrando el color característico.

4.12 Proteína cruda

Proteína cruda total en la planta g kg⁻¹

El análisis de varianza mostro significancia en el factor *Rhizobium* ($P \leq 0.05$) mientras que en el resto de fuentes de variación no se identifica significancia ($P \geq 0.005$) como se puede observar en el cuadro 22.

El tratamiento que destaca es la cepa San Ángel con los mejores rendimientos en la variable, se vuelve observar que la tendencia marcada es que los tratamientos biológicos tienen mejores resultados que el fertilizante de base sintética. La interacción entre factores de interés del ANOVA se puede observar que se presentó en el tratamiento Verdesian GUARD-D N® 2019. El motivo de la interacción es desconocido ya al solo presentarse en un solo tratamiento lo anterior se puede observar en la figura 14.



♣ Tratamientos utilizados: san Angel (SA), La cuchilla (LC), La parcela (LP), Verdesian N DURE® 2017 (R17), Verdesian GUARD-D N® 2019 (R19), Sulfato de Amonio (SN) y (0-0) expresado en g Maceta⁻¹.

Figura 14. Grafica de las Valor promedio del rendimiento de la proteína cruda obtenida en la materia seca de la planta de Haba obtenida en el experimento

Proteína cruda en hojas g kg⁻¹

El análisis de varianza reflejo una alta diferencia significativa ($P \leq 0.01$) en el factor de los inoculantes utilizados y una interacción entre los factores micorriza y tratamientos resulta tener diferencia significativa ($P \leq 0.005$), mientras que en el factor micorrizas no se encuentra se puede observar significancia ($P \geq 0.005$) ven el cuadro 21. Sin embargo, en el tratamiento que más sobresaliente en producción de esta variable Verdesian N DURE® 2017.

La interacción entre tratamientos y micorriza se logra observar en la cepa Verdesian GUARD-D N® 2019, donde el motivo de esta interacción no se conoce su origen, lo dicho anteriormente se observa claramente en la figura 13.

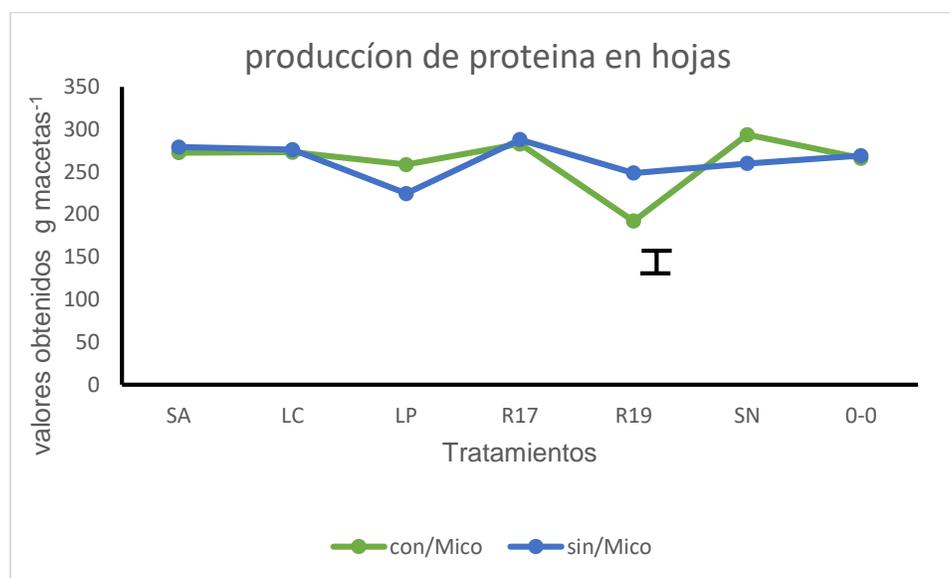


Figura 15 grafica de valores promedio de los tratamientos en la variable proteína en hojas

I Diferencia mínima significativa: 26.99, Coeficiente de variación 10.12%

Interacción de factores

♣ Tratamientos utilizados: san Angel (SA), La cuchilla (LC), La parcela (LP), Verdesian N DURE® 2017 (R17), Verdesian GUARD-D N® 2019 (R19), Sulfato de Amonio (SN) y (0-0) expresado en g Maceta⁻¹.

Proteína cruda en tallo g kg⁻¹

En análisis de varianza ($P \geq 0.005$) no reflejo alguna diferencia significativa en los factores que los componen los cuales son: Tratamientos utilizados, micorrizas y la interacción dentro micorriza y tratamientos lo cual se puede observar en el cuadro 20.

Proteína cruda presente en el tallo g Maceta⁻¹

El análisis de varianza para este parámetro no detectó alguna diferencia significativa ($P \geq 0.005$) entre las fuentes de variación las cuales son, los dos niveles en micorrizas, entre los tratamientos de *Rhizobium* y fertilizantes sintéticos y ni en la interacción entre las mismas como se puede observar en el cuadro 18.

Proteína cruda presente en las hojas g Maceta⁻¹

El análisis de varianza solo logro desmostar significancia en el factor de tratamientos de *Rhizobium* ($P \leq 0.005$) mientras que la demás fuente de variación no tiene significancia ($P \geq 0.005$) alguna como se puede observar en el cuadro 19.

Estadísticamente el tratamiento don se utilizó sulfato de amonio, fue el único diferente al resto de los tratamientos y obteniendo el valor más bajo en valor promedio en esta variable. Volviendo se observar que los tratamientos con agentes biológicos supera a la fertilización nitrogenada.

Cuadro 9. Rendimientos de las Valor promedio de Proteína cruda presente en las hojas de los siete tratamientos utilizados

| <i>Rhizobium</i> | SA♣ | LC | LP | R17 | R19 | SN | 0-0 | Promedio |
|------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| con/Mico | 4.8◇ | 4.5 | 4.2 | 4.8 | 2.5 | 3.7 | 4.3 | 4.1 |
| sin/Mico | 4.5∞ | 4.4 | 3.3 | 4.1 | 4.3 | 3.0 | 4.5 | 4.0 |
| Promedio | 4.7ε | 4.5 | 3.8 | 4.5 | 3.4 | 3.4 | 4.4 | |
| | a♦ | a | a | a | b c | C | a | |

♣ Tratamientos utilizados: san Angel (SA), La cuchilla (LC), La parcela (LP), Verdesian N DURE® 2017 (R17), Verdesian GUARD-D N® 2019 (R19), Sulfato de Amonio (SN) y (0-0) expresado en g Maceta⁻¹.

Con/Mico: con micorrizas y Sin/Mico: sin micorrizas.

◇ Valor promedio obtenidas con la inoculación de micorriza *Glomus intrarradices*

∞ Valor promedio obtenidas sin el uso de micorriza

ε promedios de rendimiento década tratamiento

♦ agrupamientos de los tratamientos

ε Promedios en altura por cada de cada tratamiento de *Rhizobium*. Diferencias no significativas ($P \geq 0.05$)

♣ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, DMS ($P \leq 0.05$)

Proteína cruda global presente en la planta g Kg⁻¹

El análisis de varianza demostró diferencias significativas ($P \leq 0.005$) en el factor tratamientos, mientras que en el resto de los no se encontró alguna diferencia

significativa ($P \geq 0.005$) en el factor micorriza y en la iteración entre los dos factores como se observa en el cuadro 27.

Los mejores rendimientos fueron obtenidos con el tratamiento del suelo inoculante San Ángel siendo estadísticamente igual al tratamiento 0-0 el cual destaca en el no uso de micorriza. Los tratamientos de origen biológico como lo es el tratamiento La Parcela y Verdesian GUARD-D N® 2019 en su promedio general fueron los únicos superados por el tratamiento 0-0, lo cual es irregular a la tendencia que se había tenido en el resto de variables de estudio, dicha irregularidad es causada por el contenido de nitrógeno que se encontraba en el sustrato

Cuadro 10. valores promedios de la variable e proteína cruda global presente en la planta.

| <i>Rhizobium</i> | SA [♣] | LC | LP | R17 | R19 | SN | 0-0 | Promedio |
|------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|
| con/Mico | 212.1 [◇] | 183.1 | 148.6 | 183.2 | 139.2 | 171.4 | 149.8 | 169.6 |
| sin/Mico | 165.8 [∞] | 157.9 | 119.1 | 169.5 | 155.9 | 159.6 | 176.9 | 157.8 |
| Promedio | 189.0 ^ε | 170.5 | 133.9 | 176.4 | 147.6 | 165.5 | 163.4 | 163.7 ^ϑ |
| | a [♦] | b a | c | b a | b c | b a c | b a c | |

Diferencia mínima significativa: 32.4 Coeficiente de variación: 19.6 %

♣ Tratamientos utilizados: san Angel (SA), La cuchilla (LC), La parcela (LP), Verdesian N DURE® 2017 (R17), Verdesian GUARD-D N® 2019 (R19), Sulfato de Amonio (SN) y (0-0) expresado en g Maceta⁻¹

Con/Mico: con micorrizas y Sin/Mico: sin micorrizas.

◇ Valor promedio obtenidas con la inoculación de micorriza *Glomus intrarradices*

∞ Valor promedio obtenidas sin el uso de micorriza

ε promedios de rendimiento década tratamiento

♦ agrupamientos de los tratamientos

ϑ promedio general de la variable Proteína cruda global presente en la planta g Kg⁻¹

ε Promedios en altura por cada de cada tratamiento de *Rhizobium*. Diferencias no significativas ($P \geq 0.05$)

♣ Medias con la misma literal son estadísticamente iguales, DMS ($P \leq 0.05$)

V. Discusión

A pesar de que el cultivo de haba (*V. faba* L) respondió a la inoculación significativamente con *Rhizobium*, como se observa en la figura 13 donde se observa presencia de nódulos en las raíces, con un color que los caracteriza esto no se reflejó en la productividad de la planta de haba, acumulación de materia seca y/o proteína, lo cual puede ser atribuido al contenido medio-alto de N presente en el suelo utilizado para rellenar las macetas. Esto impidió que se mostraran los beneficios de la inoculación con la bacteria (*Rhizobium*); lo anterior a pesar de que las plantas que recibieron la inoculación sintética o se utilizó el suelo con el inóculo original. De acuerdo con Troncoso *et al* (2013), Calvo (2005), Fernández (2020) y Mayz (2004) coinciden que la eficiencia de la fijación biológica del nitrógeno por medio de la simbiosis de la bacteria del genero **Rhizobium**, tiende a decrecer cuando el contenido de nitrógeno presente en el suelo o sustrato es medio-alto (en nuestro caso, el contenido de N fue de medio a alto, Cuadro XX). El sustrato donde se desarrolló el experimento, de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 (2002) el valor de nitrógeno total de 0.118 % perteneciente al sustrato utilizado en el experimento, puede ser considerado dentro de un nivel medio, Fernández (2020) menciona que lo mejor para estimular y medir la fijación de nitrógeno lo más adecuado es la utilización de suelos (sustratos) de bajo contenido de nitrógeno. Por esta misma causa ya mencionada, la aplicación de fertilizante sintético (Sulfato de Amonio) no se vio reflejada en la respuesta de la planta haba. En el caso de las micorrizas se presentó el mismo fenómeno, no logro observarse un efecto significativo sobre la eficiencia de producción de la planta. al utilizar las micorrizas a pesar de encontrar diferencias en las raíces entre el uso y no uso (figura13) . De con lo observado por Pérez *et al.*, (2011) con contenidos altos de nitrógeno en los suelos o sustrato, afectan negativamente la relación o simbiosis entre las plantas y los hongos, Por lo cual no se manifestó el efecto positivo de las Micorrizas.

El cultivo de haba suele cultivarse en suelos poco fértiles, en terrenos dedicados básicamente a la agricultura de temporal, en los valles altos el centro del país donde las temperaturas suelen ser frías, donde se suele aplicar muy pocos insumos. Considerando lo anterior, el haba no puede competir contra otros cultivos como la alfalfa, pero dado las condiciones económicas, ecológicas y edáficas donde se produce sus niveles de proteína y producción de materia seca pueden ser considerados bastante aceptables. (Maximino et al., 2008), Se podría seguir investigando en este cultivo rústico para mejorar la producción y las condiciones de los habitantes de esos lugares.

VI. CONCLUSION

La aplicación de cepas **Rhizobium** se tiene que combinar con una fertilización de fosforo durante el ciclo del cultivo, para estimular el aumento de la fijación biológica de nitrógeno.

Continuar con el estudio de las Micorrizas puede ayudar a mejorar la productividad del haba y en si de la productividad de esas regiones de Valles Altos del Pais.

El uso de cepas de **Rhizobium** supera en los valores de producción a los fertilizantes nitrogenados sintéticos.

El cultivo de Haba tiene un alto potencial para su uso como cultivo forrajero para esas zonas marginadas de temporal y suelos sobreexplotados donde el uso de fertilizantes químicos no es común.

Se tiene que investigar factores como su adaptabilidad a nuevos ambientes, consumo de agua, efecto del consumo en el ganado y entre otras, para comprobar lo viabilidad de que el haba se utilice como cultivo forrajero a gran escala.

VII. LITERATURA CITADA

- Aguilera, G., L., I., Olalde, P., V., Arriaga, M., R., y Contreras A., R. 2007. Micorrizas arbusculares, *Ciencia Ergo Sum*, 14, pp. 300-306.
- Amaro, T., J. y Saldaña Í., M. 2015. Los efectos del consumo de extracto de haba (*V. faba* L.) sobre los leucocitos aumentan en ratones, *Anuales de la Facultad de Medicina*, 76 (4), pp. 465-466.
- Bergareche, C., Vidal, D., y Simón, E. 1988. Componentes de la producción en un cultivo de *V. faba* sometido a fertilización nitrogenada, *ARXIUS de Esc. Superior de Agricultura de Barcelona* núm. 11, pp. 43- 58.
- Calixto, M., J., J., Pérez L., D., de J., González H., A., Franco M., O., Morales P., A. y Solís M., A., D. 2020. Variabilidad en el contenido de Taninos, proteínas y propiedades físicas en granos de haba (*V. faba* L.), *Bioagro* vol. 32, núm. 3, pp. 215-224.
- Calvo García Sergio. 2004. Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. *Biotecnología ambiental*, Madrid pp 173-185.
- Camarena, G., G. 2012. Interacción planta-hongos Micorrízicos arbusculares. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, vol. 18, núm. 3, pp. 409-421.
- Cherif. C., F. H., S. Claveau, J. Girard, R. y Gervais, C. B., 2018. Faba bean (*Vicia faba*) inclusion in dairy cow diets: Effect on nutrient digestion, rumen fermentation, nitrogen utilization, methane production, and milk performance, *Journal of Dairy Science*, Volume 101, Issue 10, pp. 8916-8928, ISSN 0022-0302.
- Confalone, A., Navarro, M., Vilatte, C., Barufaldi M., A., L., y Ponce G. 2013. Growth, light capture and yield components of fababean cv. Alameda growing in azul, province of Buenos Aires. *Rev. FCA UNCUYO* vol. 45, núm. 1, pp. 105-106.

- Crispín, M., A.; Pérez G., P. y Sánchez, P., S. 1978. El cultivo del haba en los valles altos de México, CIAMEC núm. 98, 8 p. INIA, SARH.
- Cronquist A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, N Y, EEUU, pp 1262.
- Cuenca, G., Cáceres, A., Oirdobro, G., Hasmy, Z., y Urdaneta, C. 2007. Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales, Interciencia, Vol. 32, núm.1, pp. 23-29. ISSN: 0378-1844.
- Denton, M.D., Pearce, D.J. y Peoples., M.B. 2013. Nitrogen contributions from faba bean (*V. faba* L.) reliant on soil rhizobia or inoculation, Plant Soil. Vol. 365 pp.363-374.
- Díaz, B., M, Herrera C., B., Ramírez J., J., Aliphath H., M y Delgado, A., A. 2008. Conocimiento campesino en la selección de variedades de haba (*V. faba* L.) en la sierra norte de Puebla, México. Interciencia Vol. 33, núm. 8., pp. 610-615
- Dibut, B., Martínez V., R., Ortega, M., Ríos, Y., Tejeda, G., Planas, L., y Rodríguez, J. 2009. Situación actual y perspectiva de las relaciones endófitas Plantas-bacteria. Estudio de caso *luconacetGobacter diazotrophicus* cultivo de importancia, cultivos tropicales. Vol. 30, núm. 4, pp. 16-23.
- Endalkachew, Fekadu, Kibebew Kibret y Asmare Meles,. 2019. Integrated Acid Soil Management for Growth, Nodulation, and Nutrient Uptake of Faba Bean (*V. faba* L.) in Lay Gayint District, Northwestern Highlands of Ethiopia, International Journal of Agronomy, vol. 2019, pp. 10. Article ID 7498518.
- Etemadi, F, Hashemi, M., Zandvakili O., Dolatabadian, S., y Saeghpour A. 2018. Nitrogen contribution from winter-killed faba bean cover crop to spring-sown sweet corn in conventional and no-till systems. Agron. J. vol.110 pp. 455–462.
- FAOSTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Base de datos estadísticos corporativos. FAO. Roma, Italia.

- Fernández, Canigia, Maria Virginia. 2020. Factores determinantes de nodulación. edicion ampliada y actualizada. La ed apliada. Ciudad Autonoma de buenos aires. pp 47-50.
- Flores, C., L., S., Pérez, L., Delfina J., González, H., A., Arriaga, M., R., Arriaga, M., Balbuena, M., A., y Gutiérrez R., F. 2016. Estabilidad del rendimiento de 36 cultivares de haba colectadas en el Estado de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, vol. 7, núm. 8, pp. 1905-1917.
- Fuentes, H., P., B., Delgado A., A., Herrerabrera, B., E., Luna, G., M., L., y Olvera, H., J., I. 2020. Quantification of isoflavones in stems of faba bean (*V. faba* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, vol. 52, núm. 2, pp. 43-51.
- Garzón, L., P. 2016. Importancia De Las Micorrizas Arbusculares (Ma) Para Un Uso Sostenible Del Suelo en La Amazonia Colombiana. *Revista Luna Azul*, vol. 42, pp. 217–234
- Giller, K. E., 2001. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. 2nd edition CABI publishing, Wallingford, UK, pp.423.
- González-Bernal, M. J. y Rubiales, D. 2016. Las leguminosas grano en la agricultura española y europea. *Arbor*, 192 (779): a311.
- González, R. L., Núñez, S., D. B., y Díaz, R. B. 2012. Efecto de la aplicación de Rhizobium y Mycorriza en el crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) variedad CC-25-9 negro, *Revista Centro Agrícola*. Vol. 39, núm. 4, pp.17–20.
- Guerra, S., B., E. 2013. Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. *Revista Tecnología En Marcha*, Vol. 21, núm. 1, pp. 191–201.
- Harris, V., C., Mora, G., E., Palafox, R., M., Pérez, P., C., K., Mejía, F., V., y Vázquez-Flores, Y. 2019. Crecimiento de Haba en simbiosis con microorganismos nativos de regiones productoras del nortede Puebla, México. *Revista fitotecnia mexicana*, Vol. 42, núm. 3, pp, 243-250.

- Harrison, MJ. 1997. The arbuscular mycorrhizal symbiosis: an underground association. *Trends Plant Science*. núm. 2, pp.54-60.
- Hellriegel, H. y Wilfarth, H. 1888. *Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen*. Berlin: Buchdruckerei der "Post" Kayssler.
- Henriquez B., Olson M., Hoy Christ, Jackson Mason y Wouda. 2017. Frost tolerance of faba bean cultivars (*V. faba* L.) in central Alberta. *Canadian Journal of plant science*. pp. 509-514.
- Honrubia, Mario 2009. Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, vol. 66, núm. 1, pp. 133-144 Consejo Superior de Investigaciones Científicas Madrid, España.
- Jensen, E.S.; Peoples M.B. y Hauggaard-Nielsen, H. 2010. Faba bean in cropping systems. *Field Crops Research* Vol. 115, pp.203–21.
- Jordán A., B., Díaz R., R., Ocampo F., I, Hernández, C., Escalante E., Salvador J. Alberto, y Pérez R., E., 2019. Características relacionadas con el consumo de haba consideradas por las amas de casa de la región productora de Puebla y Tlaxcala, México. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, Vol. 29 pag. 54.
- Lim T. K. 2011. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants*. New Delhi, India: Springer Netherlands.
- López A., José de J., Lépiz, L., R., González E., D., R., Rodríguez M., R., López A., E., y Olalde P., V. 2017. Caracterización morfológica y bioquímica de cepas de *Rhizobium* coletadas en Frijol común silvestre y domesticado. *Revista Fitotec Mex*, Vol 40, pp. 73-81.
- Lundin, O., y Raderschall, C., A. 2021. Landscape complexity benefits bumble bee visitation in faba bean (*V. faba minor* L.) but crop productivity is not pollinator-dependent. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 314.

- Lupwayi, N.Z. and Soon, Y.K. 2015. Carbon and nitrogen release from legume crop residues for three subsequent crops. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 79 pp.1650–1659. doi:10.2136/sssaj2015.05.0198.
- Lupwayi, N.Z. and Soon, Y.K. 2015, Carbon and Nitrogen Release from Legume Crop Residues for Three Subsequent Crops. *Soil Science Society of America Journal*, 79: 1650-1659.
- Martínez F., A., Benaouda M., Prospero F. y Vicente F. 2011). Comportamiento agronómico de la asociación forrajera haba-colza como alternativa invernal sostenible al raigrás italiano. En: *Los Pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*. L. Olea et al. (Eds). Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Badajoz, España. pp. 219-226.
- Mayz F., J. 2004. Fijación biológica de nitrógeno. *Revista UDO Agrícola* Vol.4, núm. 1, pp. 1-20.
- Molina, L., M., Mahecha L, L., y Medina, S., M., 2005. Importancia del manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, Vol.18, núm. 2, pp. 162-175. ISSN: 0120-0690.
- Moreno, R., A., Carda M., V., Reyes, C., J., L., Vásquez, A., J., y Cano R., P. 2018. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Revista Colombiana de Biotecnología*, Vol. 20, núm. 1, pp. 68-83.
- Mujica, P., Y., 2020. Nuevos desafíos en la producción de inoculantes a partir de hongos micorrízicos arbusculares en Cuba. *Cultivos Tropicales*, Vol. 41, núm. 1,
- Nápoles, G., M., C, Cabrera. P., J., C, Onderwater, R., W., R., Hernández, F., Martínez, G., L., y Núñez V., M. 2016. Señales producidas por *Rhizobium leguminosarum* en la interacción con frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, Vol. 37, núm. 2, pp. 37-44.

- Nieto, S., D., F., Lagos, B., E., Avellaneda, A., Y., e Castro, R., E. 2020. Productividad de vacas lecheras suplementadas con ensilaje de haba alpargata o remolacha forrajera, *Agronomía Mesoamericana*, Vol. 31, núm. 2, pp. 341-351.
- Noda, Yolai. 2009. Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos, *Pastos y Forrajes*, Vol. 32, núm. 2, pg 1.
- NOM---021-RECNAT-2000 2002 Establece las especificaciones de fertilidad, sanidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis.
- Cortez, O., y Jonhy, C., 2017. Producción de biomasa de Haba (*V. faba L.*) para abono verde bajo tres densidades de plantación en el Centro Experimental Cota Cota.. *Apthapi* , vol.3, n.1, pp. 39-49. ISSN 0102-0304.
- Olmedilla, B., R., Farré, C. A., y Martin., M. 2010. Papel de las leguminosas en la alimentación actual. *Actividad Dietética*. Vol. 14, núm. 2, pp.72-76.
- Orozco, C., N., Pérez, L., D., J., González, H., A., Franco, M., O., Gutiérrez, R., F., Arriaga, M., R., Castañeda, V., Á., y Balbuena, M., A., 2013. Identificación de poblaciones sobresalientes de haba colectadas en el Estado de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, Vol. 4, núm. 6, pp. 921-932.
- Pérez, G., Gómez, G., Nápoles, M. C., y Morales, B. 2008. Aislamiento y caracterización de cepas de Rizobios aisladas de diferentes leguminosas en la región de Cascajal, Villa Clara. *Pastos y Forrajes*, Vol. 31, núm. 2, pp.151–159.
- Pérez, C., A., Rojas, S., J., y Montes, V., D., 2011. Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano *Revista Colombiana ciencia. Animal*. Vol. 3, núm. 2, pp. 366-386.
- Pichardo, R., J., C., Escalante, E., J., A., Díaz, R., R., Quevedo N., A., Volke., H., V., Morales, R., E. J. Rendimiento y eficiencia en el uso del agua de cultivares de haba (*V. faba L.*) para doble propósito, *revista Chapingo. Serie horticultura*,

Vol. 19, núm. 1, enero-abril, 2013, pp. 71-84 Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México

Posada, A., R., Franco C., L., A., y Medina, G., E. 2006. El tiempo de establecimiento de pasturas y su relación con la Micorriza Arbuscular en paisajes de Loma y Vega. *Acta Biológica Colombiana*, Vol. 11, (Suppl. 1), pp. 55-64.

Quiroga, G., H., M., Cueto, W., J., A. y Castro M., E. 1991. Guía para cultivar Trébol Alejandrino en la Comarca Lagunera. Centro de investigaciones forestales y agropecuarias. Folleto para productores. Núm. 3

Reta, S., D., G., Figueroa, V., U., Serrato, C., J. S., Quiroga, G., H., M., Gaytán M., A., y Cueto, W., J., A. 2015. Potencial forrajero y productividad del agua en patrones de cultivos alternativos. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, Vol. 6, núm. 2, pp. 153-170.

Rodelas, B., González-López, J., Martínez-Toledo, 1999. Influencia de la inoculación combinada de *Rhizobium* / *Azotobacter* y *Rhizobium* / *Azospirillum* sobre la composición mineral de habas (*V. faba* L.). *Biol Fertil Soils* 29, pp. 165-169. <https://doi.org/10.1007/s003740050540>

Rojas, G., A., R., Mendoza P., S., I., Maldonado., P., M., Á., Álvarez, V., P., Torres, S., N., Cruz, H., A., Vaquera, H., H., y Santiago, C., J. 2019. Rendimiento de forraje y valor nutritivo de alfalfa a diferentes intervalos de corte. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, Vol. 10, núm. 4, pp. 849-858.

Rojas, T., J., Díaz, R., R., Álvarez, G., F., Ocampo, M., J., y Escalante, E., A. 2012. Tecnología de producción de haba y características socioeconómicas de productores en Puebla y Tlaxcala. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, Vol. 3, núm. 1, pp. 35-49.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SADER. 2019. Producción anual agrícola. Edición 2019. México.

Soto Venezuela, J. O., 2018. Caracterización bioquímica y molecular de bacterias asociadas a nódulos de cuatro leguminosas en la provincia de Santa Elena,

Ecuador. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva* , 25(1), pp. 1 - 15.

- Sulas, L., R., P.P. Canu, S., y Seddaiu, G. (2013). Potential Nitrogen Source from Field Bean for Rainfed Mediterranean Cropping Systems. *Agron. J.* 105: pp.1735-1742
- Spagnoletti, F., N., Fernández, A., Tobar, G. E, y Chiocchio, V., M. (2013). Las micorrizas arbusculares y Rhizobium: una simbiosis dual de interés. *Revista argentina de microbiología*, Vol. 45, núm. 2, pp. 131-132.
- Troncoso, P., A., Pérez, C., A., Larrainl., 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*, Vol. 86, núm. 3, pp. 345-356.
- Vargas, B., D., y Cárdenas, T., M. (2021). Cultivo del garbanzo, una posible solución frente al cambio climático. *Cultivos Tropicales*, 42(1), pp. 9.
- Wenjun, T., X., Li, Yunyun, L., Z., Ying, C., E., W, Weimin, C.,, Shiheng Tao, Gehong Wei, 2018. Genomic insight into the taxonomy of Rhizobium genospecies that nodulate Phaseolus vulgaris, *Systematic and Applied Microbiology*, Volume 41, Issue 4, pp. 300-310,
- Youseif, S. H., Abd El-Megeed, F. H.and Saleh S. A. 2017. Improvement of faba bean yield using Rhizobium/Agrobacterium inoculant in d sandy soil. *Agronomy* Vol 7, núm. 2, pp. 12. doi:10.3390

VIII. Anexo

Cuadro 11. Análisis de varianza del peso fresco de tallo g Maceta⁻¹. Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Repetición | 3 | 4582.00 | 1527.33 | 2.45 | 0.0781 |
| Micorriza | 1 | 961.14 | 961.14 | 1.54 | 0.2219 |
| Rhizobium | 6 | 20870.17 | 3478.36 | 5.58 | 0.0003 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 10990.10 | 1831.68 | 2.94 | 0.184 |
| Error | 39 | 24328.42 | 623.79 | | |
| Total | 55 | 61731.42 | | | |

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE PFTA Media
 0.605906 14.37757 24.97589 173.7143

Cuadro 12. Análisis de varianza del peso seco del tallo g Maceta⁻¹. Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Repetición | 3 | 13.3571 | 4.4523 | 0.34 | 0.7993 |
| Micorriza | 1 | 4.5714 | 4.5714 | 0.35 | 0.5603 |
| Rhizobium | 6 | 233.7142 | 38.9523 | 2.94 | 0.0183 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 99.9285 | 16.6547 | 1.26 | 0.2993 |
| Error | 39 | 516.6428 | 13.2472 | | |
| Total | 55 | 868.2142 | | | |

Cuadro 13. Análisis de varianza del peso fresco en hojas g Macetas⁻¹ Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Micorriza | 1 | 10.28 | 10.28 | 0.02 | 0.8963 |
| Rhizobium | 6 | 9814.46 | 1635.74 | 2.74 | 0.0257 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 3805.96 | 634.32 | 1.06 | 0.4019 |
| Error | 39 | 23306.14 | 597.59 | | |
| Total | 55 | 38195.71 | | | |

Cuadro 14. Análisis de varianza del peso seco en hojas g Macetas¹. Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Repetición | 3 | 14.6250 | 4.8750 | 0.48 | 0.6968 |
| Micorriza | 1 | 3.0178 | 3.0178 | 0.30 | 0.5881 |
| Rhizobium | 6 | 116.8571 | 19.4761 | 1.92 | 0.1010 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 52.8571 | 8.8095 | 0.87 | 0.5251 |
| Error | 39 | 394.6250 | 10.1185 | | |
| Total | 55 | 581.9821 | | | |

Cuadro 15. Análisis de varianza de la altura en centímetros Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Repetición | 3 | 1875.48 | 1749.44 | 3.36 | 0.0283 |
| Micorriza | 1 | 1749.44 | 1749.44 | 9.40 | 0.0039 |
| Rhizobium | 6 | 906 | 151 | 0.81 | 0.5673 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 1323.92 | 220.64 | 1.19 | 0.3338 |
| Error | 39 | 7255.26 | 186.03 | | |

| | | | | |
|-------|------------|----------|----------|--------------|
| Total | 55 | 13110.12 | | |
| | R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | PVhoja Media |
| | 0.446590 | 12.38536 | 13.63937 | 110.1250 |

Cuadro 16. Análisis de varianza de materia seca en tallo g kg⁻¹. Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Repetición | 3 | 0.01002 | 0.00334 | 4.71 | 0.0067 |
| Micorriza | 1 | 0.00253 | 0.00253 | 3.57 | 0.0662 |
| Rhizobium | 6 | 0.00753 | 0.00125 | 1.77 | 0.1308 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 0.00497 | 0.00082 | 1.17 | 0.3425 |
| Error | 39 | 0.02767 | 0.00070 | | |
| Total | 55 | 0.05274 | | | |
| | R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | pTPV | Media |
| | 0.475330 | 14.46243 % | 0.026637 | 0.184179 | |

Cuadro 17. Análisis de varianza de la materia seca en las hojas g kg⁻¹. Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Repetición | 3 | 0.00893 | 0.00297 | 1.49 | 0.2315 |
| Micorriza | 1 | 0.00010 | 0.00010 | 0.05 | 0.8222 |
| Rhizobium | 6 | 0.00957 | 0.00159 | 0.80 | 0.5760 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 0.00775 | 0.00129 | 0.65 | 0.6915 |
| Error | 39 | 0.07782 | 0.00199 | | |
| Total | 55 | 0.10419 | | | |

| | | | |
|------------|-----------|----------|------------|
| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | pHPV Media |
| 0.253090 | 28.97531% | 0.044671 | 0.154169 |

Cuadro 18. Análisis de varianza de proteína cruda en el tallo g kg⁻¹. Realizado en el programa SAS para Windows versión 9.0

| Fuentes de variación | Grado de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Repetición | 3 | 494.2805 | 164.7601 | 0.11 | 0.9520 |
| Micorriza | 1 | 4433.9801 | 4433.9801 | 3.04 | 0.0892 |
| Rhizobium | 6 | 17140.7871 | 2856.7978 | 1.96 | 0.0957 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 12903.3585 | 2150.5597 | 1.47 | 0.2126 |
| Error | 39 | 56919.1619 | 1459.4656 | | |
| Total | 55 | 91891.5683 | | | |

| | | | |
|------------|----------|----------|------------|
| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | PseT Media |
| 0.380583 | 33.13917 | 38.20295 | 115.2804 |

Cuadro 19. Análisis de varianza de la proteína cruda en las hojas g kg⁻¹. Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Repetición | 3 | 297679 | 992.26 | 1.40 | 0.2581 |

| | | | | | |
|---------------------|----|----------|---------|------|--------|
| Micorriza | 1 | 11.43 | 1143 | 0.02 | 0.8997 |
| Rhizobium | 6 | 26246.33 | 4374.38 | 6.16 | 0.0001 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 11130.79 | 1855.13 | 2.61 | 0.0317 |
| Error | 39 | 27698.83 | 710.22 | | |
| Total | 55 | 68064.19 | | | |

R-cuadrado= 0.593048 coef var= 10.1298 raiz mse= 26.65 proteinaHo media = 263.08

Cuadro 20. Análisis de varianza de Proteína cruda presente en el tallo g kg⁻¹. Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Repetición | 3 | 0.0579 | 0.0192 | 0.01 | 0.9981 |
| Micorriza | 1 | 4.6115 | 4.6115 | 2.94 | 0.0944 |
| Rhizobium | 6 | 19.8825 | 3.3137 | 2.11 | 0.0738 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 13.49 | 2.2496 | 1.43 | 0.2268 |
| Error | 39 | 61.2121 | 1.5695 | | |
| Total | 55 | 99.2621 | | | |
| | R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | pTPS | Media |
| | 0.383328 | 34.84360 | 1.252814 | 3.595536 | |

Cuadro 21. Análisis de varianza de la Proteína cruda presente en las hojas g kg⁻¹. Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Repetición | 3 | 1.8585 | 0.6195 | 0.64 | 0.5937 |
| Micorriza | 1 | 0.1350 | 0.1350 | 0.14 | 0.7107 |

| | | | | | |
|---------------------|----|---------|--------|------|--------|
| Rhizobium | 6 | 14.2915 | 2.3819 | 2.46 | 0.0409 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 10.2709 | 1.7118 | 1.77 | 0.1310 |
| Error | 39 | 37.7335 | 0.9675 | | |
| Total | 55 | 64.2896 | | | |

| | | | |
|------------|----------|----------|------------|
| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | pHPS Media |
| 0.413069 | 23.98365 | 0.983630 | 4.101250 |

Cuadro 22. Análisis de varianza de la Proteína cruda total en la planta g kg⁻¹. Realizado en el programa estadística SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Repetición | 3 | 1.5123 | 0.5041 | 0.14 | 0.9339 |
| Micorriza | 1 | 6.3047 | 6.3047 | 1.78 | 0.1897 |
| Rhizobium | 6 | 61.9487 | 10.3247 | 2.92 | 0.0190 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 37.7901 | 6.2983 | 1.78 | 0.1287 |
| Error | 39 | 138.0074 | 3.5386 | | |
| Total | 55 | 245.5633 | | | |

| | | | |
|------------|----------|----------|-----------|
| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | MST Media |
| 0.437997 | 24.43991 | 1.881131 | 7.696964 |

Cuadro 23. Análisis de varianza del peso en fresco total de la planta gr Maceta⁻¹. Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| | | | | | |

| | | | | | |
|-------------------------|------------|------------|----------|-----------|--------|
| Repetición | 3 | 10370.5714 | 3456.857 | 1.98 | 0.1323 |
| | | | 1 | | |
| Micorriza | 1 | 1170.2857 | 1170.285 | 0.67 | 0.4175 |
| | | | 7 | | |
| Rhizobium | 6 | 55548.4285 | 9258.071 | 5.31 | 0.0004 |
| | | | 4 | | |
| Rhizobium*Micorriz a | 6 | 25945.7142 | 4324.285 | 2.48 | 0.0395 |
| | | | 7 | | |
| Error | 39 | 67966.4286 | 1742.728 | | |
| | | | 9 | | |
| <hr/> | | | | | |
| Total | 55 | 161001.428 | | | |
| | | 6 | | | |
| | R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | MSH Media | |
| | 0.577852 | 14.94742 | 41.74601 | 279.2857 | |

Cuadro 24. Análisis de varianza del Peso seco total de la planta g Maceta¹. Realizado en el programa estadístico SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|-------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Repetición | 3 | 54.6250 | 18.2083 | 0.56 | 0.6432 |
| Micorriza | 1 | 15.0178 | 15.0178 | 0.46 | 0.4999 |
| Rhizobium | 6 | 611.4642 | 101.9107 | 3.15 | 0.0130 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 261.6071 | 43.6011 | 1.35 | 0.2605 |
| Error | 39 | 1263.1250 | 32.3878 | | |
| <hr/> | | | | | |
| Total | 55 | 2205.8392 | | | |

Cuadro 25. Análisis de varianza del Porcentaje de peso seco en toda la planta. Realizado en el programa SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Repetición | 3 | 93.4742 | 31.1580 | 4.69 | 0.0068 |
| Micorriza | 1 | 17.8201 | 17.8201 | 2.69 | 0.1093 |
| Rhizobium | 6 | 60.2634 | 10.0439 | 1.51 | 0.1994 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 46.1194 | 7.6865 | 1.16 | 0.3482 |
| Error | 39 | 258.5009 | 6.6365 | | |
| Total | 55 | 476.5009 | | | |

Cuadro 26. Análisis de varianza del Porcentaje de Proteína cruda global presente en la planta en la planta. Realizado en el programa SAS para Windows versión 9.0.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medios | F calculada | Probabilidad |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------|--------------|
| Repetición | 3 | 450.12 | 150.04 | 0.15 | 0.9319 |
| Micorriza | 1 | 1953.96 | 1953.96 | 1.89 | 0.1765 |
| Rhizobium | 6 | 15972.60 | 2662.10 | 2.58 | 0.0334 |
| Rhizobium*Micorriza | 6 | 8030.44 | 1338.40 | 1.30 | 0.2810 |
| Error | 39 | 40217.74 | 1031.22 | | |
| Total | 55 | 66624.74 | | | |