



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN DE CARÁCTER COMPLEXIVO

MODALIDAD: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

EVALUACIÓN DEL CICLO PRODUCTIVO DE *Phaseolus vulgaris* L., INOCULADO CON BIOFERTILIZANTES

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Roddick Fernando Murillo Mejillón

LA LIBERTAD, 2023



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN DE CARÁCTER COMPLEXIVO

MODALIDAD: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

EVALUACIÓN DEL CICLO PRODUCTIVO DE *Phaseolus vulgaris* L., INOCULADO CON BIOFERTILIZANTES

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Roddick Fernando Murillo Mejillón

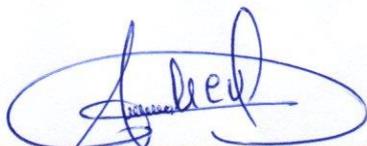
Tutor: Blgo. Javier Soto Valenzuela, Ph. D.

LA LIBERTAD, 2023

TRIBUNAL DE GRADO

Componente práctico de examen complejo presentado por **RODDICK FERNANDO MURILLO MEJILLÓN** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 03/03/2023



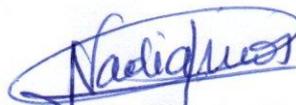
Ing. Verónica Andrade Yucailla, Ph. D.
DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Santistevan Méndez Mercedes Ph. D.
PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Javier Soto Valenzuela, Ph. D.
PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.
PROFESORA GUÍA DE LA UIC



Ing. Washington Perero Vera, MSc.
SECRETARIO

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo Práctico de Examen de Grado de carácter complejo Titulado **“EVALUACIÓN DEL CICLO PRODUCTIVO DE *Phaseolus vulgaris* L., INOCULADOS CON BIOFERTILIZANTES”** y elaborado por **Roddick Fernando Murillo Mejillón**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

Roddick Murillo

Firma del estudiante

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el ciclo productivo de *Phaseolus vulgaris* L., inoculado con biofertilizantes, para lo cual se recopiló información que permitió conocer las características benéficas de la producción de esta leguminosa inoculada con biofertilizantes microbianos. La información analizada abarcó los últimos 10 años. De los cuales Ecuador y Cuba representaron el 25% de trabajos publicados sobre el tema, empleando a *Rhizobium* con mayor frecuencia (67%), por la capacidad que tiene en fijar nitrógeno y otras características benéficas; en este mismo sentido; en el Ecuador el 35% de esta inoculación fue eficaz con el género *P. vulgaris* debido a que favorecen el crecimiento vegetal. Con estas investigaciones se comprueban que al inocular microorganismos para ser usados como biofertilizantes se obtienen beneficios para que la planta mejore su desarrollo, fije nitrógeno, permitan generar fitohormonas, compuesto antagonistas y altos porcentajes de germinación para el desarrollo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Palabras claves: Bacterias, leguminosa, nódulos, *Rhizobium*

ABSTRACT

The present work was carried out with the objective of evaluating the productive cycle of *Phaseolus vulgaris* L., inoculated with biofertilizers, for which information was collected that allowed to know the beneficial characteristics of the production of estto legume inoculated with microbial biofertilizers. The information analyzed spanned the last 10 years. Of which Ecuador and Cuba accounted for 25% of published works on the subject, using *Rhizobium* more frequently (67%), due to its ability to fix nitrogen and other beneficial characteristics; in this same sense; in Ecuador 35% of this inoculation was effective with the genus *P. vulgaris* because they favor plant growth. With these investigations it is verified that by inoculating microorganisms to be used as biofertilizers benefits are obtained for the plant to improve its development, fix nitrogen, allow to generate phytohormones, antagonistic compound and high percentages of germination for the development of the bean crop (*Phaseolus vulgaris*).

Key words: Bacterium, legume, nodules, *Rhizobium*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema:.....	3
Objetivos.....	3
Objetivo general:	3
Objetivos Específicos:	3
CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO	4
1.1. Características generales del frijol.....	4
1.2. Clasificación taxonómica.....	4
1.3. Morfología del frijol	5
1.4. Determinantes fenológicos	5
1.5. Ciclo productivo o biológico del frijol	6
1.6. Composición nutricional y utilidad	8
1.7. Suelo	8
1.8. Requerimientos nutricionales para el cultivo del frijol.....	8
1.9. Fertilización sintética.....	9
1.10. Dependencia del fósforo en el suelo.....	9
1.11. Microorganismos presentes en los suelos.....	9
1.12. Microorganismos benéficos.....	10
1.13. Mecanismo de interacción entre microorganismo y planta	10

1.14. Biofertilizantes o fertilizantes orgánicos	11
1.15. Acción de los biofertilizantes	12
1.16. Tipos de biofertilizantes	12
CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
2.1 Material de análisis	13
CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
3.1. Biofertilizantes en el cultivo de <i>Phaseolus vulgaris</i> en los últimos diez años	14
3.2. Número de publicaciones realizada en diferentes países en los últimos diez años ..	15
3.3. Microorganismos usados en investigaciones de los últimos 10 años en <i>Phaseolus vulgaris</i>	16
3.4. Eficiencia en <i>Phaseolus vulgaris</i> y otras leguminosas inoculadas de <i>Rhizobium</i> en Ecuador.....	17
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	19
Conclusiones.....	19
Recomendaciones.....	19
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del <i>Phaseolus vulgaris</i>	4
Tabla 2. Demanda nutricional del frijol.....	9

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas del desarrollo del frijol	6
Figura 2. Publicaciones realizadas en los últimos diez años en diferentes países.....	15
Figura 3. Microorganismo inoculados usados en investigaciones de los últimos 10 años.	16
Figura 4. Eficiencia de otras leguminosas inoculadas en Ecuador de los últimos 10 años.	17

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1A. Estudios realizados sobre *Phaseolus vulgaris* L., inoculados con biofertilizantes

Figura 2A. Estudios de otras leguminosas inoculadas con *Rhizobium* en Ecuador en los últimos 10 años

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

Entre las leguminosas de mayor demanda a nivel mundial se encuentra el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) que contiene preferencias por su estructura nutricional, además de que se la considera como una fuente alta en proteínas, minerales, vitaminas y ácido fólico (Martínez *et al.*, 2017).

Navarrete *et al.* (2015) expresan que, en su concepto más general el frijol es la leguminosa alimentaria con mayor preeminencia para 300 millones de pobladores aproximadamente, así mismo es considerado un alimento poco costoso para consumidores de bajo estatus económico. Por otra parte, su importancia en el Ecuador radica en que la leguminosa pertenece a una cantidad elevada de área de siembra, donde se estima una cosecha de 89.789 hectáreas (ha) de las 105.127 ha sembradas de grano seco y 15.241 ha de semilla verde o tierna de las 16.464 ha cultivadas.

Los mismos autores mencionan que, sobre la importancia socio-económica y nutricional para los agricultores de recursos bajos, debido a que las principales fuentes de explotación del frijol en países de Latinoamérica y África son en su mayoría pequeños agricultores, quienes destinan menos de una hectárea al área de cultivo para su explotación, de la misma forma esta práctica se consigna al autoconsumo y a su venta local en mercados, siendo una de las practicas que suelen relacionarse a sistemas de producción familiar o con mano de obra adicional de contrato.

Martínez *et al.* (2017) manifiestan que, el frijol tiene la capacidad de llevar a cabo el proceso de fijación biológica de nitrógeno (FBN) mediante la simbiosis con bacterias del suelo conocidas como rizobios, este proceso del nitrógeno junto a los microorganismos permite la fuente directa de este elemento para ser aprovechada por la leguminosa en sus diferentes etapas de desarrollo.

Quintero *et al.* (2018) mencionan que, los biofertilizantes ofrecen una especie de potencial para el beneficio y la mejora de la calidad del grano, como también para su producción, caracterizando estos productos como no nutricionales, pero si para reducción del uso de fertilizantes químicos, mejorando la resistencia de las plantas al estrés del entorno, por lo tanto, en los actuales procesos de tecnología del cultivo del frijol se realiza hincapié a la

aplicación de estimulantes biológicos, con la suficiente capacidad de acción de los principales procesos metabólicos, fisiológicos y bioquímicos del frijol.

Calero *et al.* (2017) refieren que, la introducción de un tipo de microorganismos benéficos para optimizar las condiciones de suelo y explotación productiva de varias clases de cultivos entre los que se presenta al frijol, puesto a que la búsqueda de métodos alternos con biofertilizantes promueve o incrementa el rendimiento de la leguminosa.

Por ende, este trabajo de recopilación científica recoge el desarrollo de la aplicación de biofertilizantes como una técnica agrícola para mejorar el ciclo del frijol, debido a que la producción suele ser afectada por muchos factores agronómicos como las condiciones físicas, plagas, calidad, fertilidad y condiciones climáticas. Por tal motivo, esta alternativa biotecnológica es factible para que los pequeños y grandes productores evalúen y mejoren el rendimiento del cultivo de frijol en especial *Phaseolus vulgaris* L.

Problema:

La demanda por generar mejores resultados en la producción de leguminosas se caracteriza por desarrollar el uso de biofertilizantes con el fin de lograr efectos morfofisiológicos, bioquímicos y metabólicos en las plantas por lo cual, se elabora el siguiente problema de investigación:

¿Las publicaciones sobre el uso de biofertilizantes podría influir en el crecimiento vegetativo de la leguminosa *Phaseolus vulgaris* L.?

Objetivos**Objetivo general:**

Evaluar la tendencia en la investigación del uso de biofertilizantes en el cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. a nivel de Latinoamérica durante los últimos diez años.

Objetivos Específicos:

1. Recopilar artículos científicos en el uso de biofertilizantes en el cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. a nivel de Latinoamérica en los últimos diez años.
2. Generar una base de datos con las variables más relevantes usadas en investigación sobre uso de biofertilizantes en el cultivo de *Phaseolus vulgaris* L.
3. Analizar la eficiencia y viabilidad del uso de los biofertilizantes en el cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. en Ecuador.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Características generales del frijol

En lo que respecta al grupo de la familia de las leguminosas, el frijol es una de las más importantes fuentes nutricionales en la actualidad, posee características anuales y herbácea que se cultiva de forma intensa desde zonas tropicales hasta zonas templadas;, de la misma manera se considera que el 22% corresponde a la cantidad proteica presente en el grano, así mismo se denomina como una principal fuente de alimentación básica (INIAP, 2016).

2.2. Clasificación taxonómica

La Tabla 1 presenta la taxonomía de la leguminosa *Phaseolus vulgaris* L.:

Tabla 1. Taxonomía del *Phaseolus vulgaris* L.

Clasificación	Nombre
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Género	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>vulgaris</i>
Nombre botánico	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
Nombres comunes	Fréjol, fríjol, poroto, habichuela, judía, ejote, alubia, caraota.

Fuente: Villalba (2017)

2.3.Morfología del frijol

Villalba (2017) expone las siguientes características del frijol:

Raíz: En los primeros estados del desarrollo de la raíz se forma la radícula, que luego se convierte en su raíz verdadera o principal, además tendrá ramificaciones secundarias y terciarias relativas al tiempo del crecimiento de la propia planta.

Tallo: Suele alcanzar una altura promedio de 0.40 m a 2 m en tipos de plántulas volubles, delgadas, ramosas y sección cuadrangular.

Hojas: Se insertan en los nudos de los tallos y en ramas bilaterales, a través de pecíolos.

Inflorescencia: Se expone como axilares o terminales botánicos consideradas como racimos, es decir, un racimo principal que deriva a un racimo secundario, los cuales son originarios de un complejo denominado tres yemas (brácteas y raquis).

Fruto: El fruto del frijol en todas las papilionáceas es denominado legumbre, que es un fruto único de carpelo, con características de tonalidad morada, verde o casi negro.

Semilla: Es de característica exalbuminosa (carece de albumina), por ende, las reservas nutricionales están concentradas en los cotiledones.

2.4.Determinantes fenológicos

Meza *et al.* (2015) argumentan que, las transformaciones morfo-fisiológicas que suceden durante el ciclo productivo o biológico de las plantas, benefician al momento de definir las etapas o periodos del desarrollo vegetal, esto efectúa a su vez una práctica agronómica para la aplicación de un tratamiento al cultivo, en lo que más se efectúa es en días transcurridos después de la siembra.

Según Debouck *et al.* (2018) la clasificación, reconocimientos de especies y/o variedades vegetales y los rasgos morfológicos desempeñan un rol importante, puesto que, son elementos básicos para medir la variabilidad de los genes en la muestra, aunque cada especie de *Phaseolus* spp., llegan a tener características morfológicas únicas, de las cuales comparten una semejanza en ciertos rasgos.

2.5. Ciclo productivo o biológico del frijol

El frijol tiene su desarrollo productivo herbáceo anual, es decir, su ciclo varía entre 80 y 180 días, esto dependerá por el genotipo de la variedad, especie, habito de crecimiento, temperatura, clima, efectos solares de radiación y fotoperiodo (Rípodas, 2011).

Fernández et al. (2017) el ciclo del frijol se divide en dos procesos sucesivos: fase reproductiva y vegetativa, que empieza con la germinación de la semilla y culmina con la aparición floral de los botones, mientras que la fase reproductiva da apertura a la aparición floral de los botones, hasta la cúspide de la semilla.

Rípodas, (2011) explica que el crecimiento y desarrollo de la planta del *P. vulgaris* L., se han identificado diez etapas, que se delimitan por eventos fisiológicos relevantes, como se puede observar en la Figura 1, donde V corresponde a la fase vegetativa y R a la fase reproductiva, así mismo los números expresan la posición de la etapa en escalas.

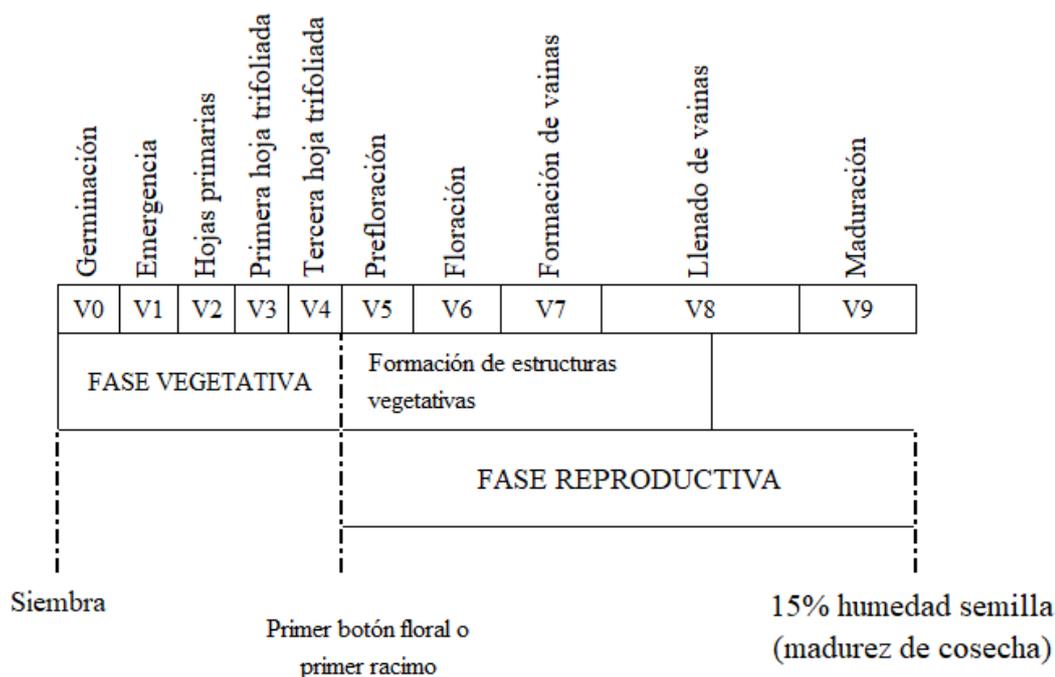


Figura 1. Etapas del desarrollo del frijol

Fuente: Arias, Jaramillo y Rengifo (2007)

Según CIAT (1982), las etapas de la fase vegetativa son:

Etapa V0: También denominada germinación, donde la semilla absorbe el agua y se generan los procesos de división celular y reacción bioquímica liberadas de los nutrientes de los cotiledones, seguido de la radícula que se convierte en raíz primaria, apareciendo posteriormente las raíces secundarias, creciendo el hipocótilo y quedando los cotiledones a nivel terrenal.

Etapa V1: Denominado emergencia, iniciándose cuando los cotiledones aparecen a nivel terrenal, el hipocótilo se vuelve turgente y crece, además los cotiledones se separan, desplegando las hojas primarias.

Etapa V2: Conocida también como hojas primeras, donde comienza cuando las hojas primarias de la planta se despliegan, además en el cultivo se considera esta etapa cuando se da el 50% de caracterización de la planta y los cotiledones se arquean.

Etapa V3: Conocida como hoja trifoliada, donde comienza la tercera hoja trifoliada desplegada, en el cultivo esta etapa empieza cuando el 50% de las plantas se caracterizan por el despliegue de la hoja trifoliada.

Etapa V4: Llamada hoja trifoliada, comienza cuando la hoja trifoliada se despliega, en el cultivo se comienza cuando el 50% de las plantas se caracterizan y se pueden diferenciar las estructuras vegetales como ramas, hojas y tallo.

Por otro lado, se puede considerar fases reproductivas, cuando

Etapa R5 o prefloración: Iniciándose cuando se observa el primer botón floral.

Etapa R6 o floración: Cuando la planta presenta la primera flor abierta en el cultivo, además la primera flor abierta corresponde al primer botón floral, aparecido.

Etapa R7 o formación de la vaina: Esto es característico en las plantas cuando la etapa inicial, es la aparición de vaina y corola de la flor colgada o desprendida, además esta característica se da durante los primeros 10 o 15 días después de la floración, ocurriendo en el crecimiento longitudinal de las vainas reduciendo el crecimiento de la semilla.

Etapa R8 o llenado de las vainas: En el cultivo se inicia cuando se empieza a llenar a la primera vaina, comenzando la etapa de crecimiento activo de la semilla.

Etapa R9 o maduración: Esta etapa es característica de la escala del desarrollo, debido a que en ella ocurre la maduración de la planta, además las vainas se secan, pierden pigmento y el contenido de las semillas baja hasta un 15 a 20%, donde se genera la coloración común.

2.6. Composición nutricional y utilidad

Hayat *et al.* (2014) destacan las propiedades nutritivas que contiene el *P. vulgaris* L, en forma general por su alto contenido proteico y en menor condición los carbohidratos presentes, además enfatizan sus fuentes de calcio, hierro, fósforo, magnesio, zinc, fibra y vitaminas como la biotina, niacina, tiamina, ácido fólico y pantoténico.

Dumas (2022) expone que además de la proporción nutricional aceptable, *P. vulgaris* L., al ser consumido aporta una ayuda a la salud de forma excelente, además reduce la obesidad, colesterol y triglicéridos, adicionalmente combate el consumo de alimentos con altos porcentajes en antioxidantes, debido a que la principal función es neutralizar radicales libres, reduciendo el riesgo de contraer enfermedades, tomándose como un indicador positivo en la salud.

2.7. Suelo

Se denomina al material mineral que no se consolida en la superficie terrestre, además, se considera como un organismo natural que involucra acciones versátiles entre atmósfera y estratos, donde influye factores como clima, ciclo hidrológico del planeta, sirven como entorno de varios microorganismos, también se considera como un accionista biológico, físico y químico, donde se realiza la descomposición del material desechado que se vincula dentro (SEMARNAT, 2015).

Survey (2017) expone que suele denominarse término colectivo a cuerpos naturales que se forman a partir de los materiales orgánicos y/o minerales, que contienen material vivo y que toleran vegetación de manera natural, que en ciertos casos se transforman por acciones humanísticas.

2.8. Requerimientos nutricionales para el cultivo del frijol

En cuanto a la nutrición del cultivo es importante el momento y la cantidad exacta para su fertilización debido a que si existe deficiencia de nutrientes o exceso provoca bajos rendimientos ocasionando considerables pérdidas (Rugama, 2021) (Tabla 2).

Tabla 2. Demanda nutricional del frijol

Cultivo de frijol	Rendimiento (Ton ha -1)	N (kg ha-1)	P2O2 (kg ha-1)	K2O (kg ha -1)
Total	1.5	80	30	60

Fuente: Rugama (2021)

2.9. Fertilización sintética

Rugama (2021) explica que existen varias hipótesis que involucran a los fertilizantes como agentes que afectan a la planta y a su ciclo productivo de los nutrientes por la aplicación de estos. Sin embargo, esto es completamente erróneo, puesto que en realidad los nutrientes incorporados por la aplicación normal de carácter inorgánico u orgánico; estos son implementados dentro del ciclo de nutrición del suelo y una cantidad mínima de nutrientes quedan en la planta fertilizada durante su ciclo.

2.10. Dependencia del fósforo en el suelo

Posadas (2015) manifiesta que, si el suelo dispone de fósforo la planta no requerirá muchos requerimientos para mantenerse, debido a que es importante para el desarrollo vegetal, a su vez constituye un 0.2% del peso seco de la planta. Después del nitrógeno, el fósforo se denomina el elemento más solicitado en la producción agropecuaria, puesto a que la carencia de la misma fuente natural logrará una relativa escasez, además de la elevada retención en el suelo.

El fósforo es un elemento importante en la nutrición vegetal, ya que gracias a esto se llevan a cabo procesos metabólicos como división celular, transporte de energía, biosíntesis macromolecular, micromolecular, fotosíntesis y respiración vegetal.

2.11. Microorganismos presentes en los suelos

Quintero *et al.* (2018) expresan que, los microorganismos que se asocian a las raíces suelen incrementar el desarrollo de las plantas y su productividad en cualquier punto de vida, suelen denominarse bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV).

Dentro de los microorganismos benéficos están los microorganismos solubilizadores de fosfatos (MSF) que están relacionado con un amplio proceso que dañan la síntesis de fósforo. Por otra parte, son compuestos integrales del ciclo de este nutriente, por lo cual estos microorganismos mueven fosfato inorgánico insoluble (Posadas, 2015).

Alarcón *et al.* (2012) manifiestan que, en el sistema agrícola suceden diversas relaciones entre los grupos microbianos que inhiben o proliferan algunos grupos, esta diversidad de microorganismos favorece la búsqueda de otros organismos para actividad fisiológica, existiendo bacterias y hongos de beneficio que mediante la aplicación de estas se realiza obtención de incrementos significativos en el crecimiento vegetal.

2.12. Microorganismos benéficos

Zaidi *et al.* (2019) exponen que, los microorganismos responsables de la fijación de nitrógeno atmosférico, descomposición de residuos y desechos orgánicos, desintoxicación de suelo, pesticidas, supresión de enfermedades vegetales y patógenos presentes en el suelo, se incrementa el reciclaje de nutrientes, produciendo los denominados componentes bioactivos como hormonas, enzimas, vitaminas que benefician el crecimiento de las plantas, por tal razón, la aplicación de estos organismos microscópicos como sustentadores de nutrición, presenta una alternativa económica y comprometedora con el medio ambiente, que puede aportar a la reposición y mantenimiento de la composición fértil del suelo a mediano y largo plazo, además proporciona actividad biológica del mismo, a través de la supresión de los patógenos que están presentes en el suelo.

La inoculación de microorganismos mejora la fertilidad del suelo, ya que al incrementar la población resulta beneficioso para la planta, los microorganismos como inoculantes son: las bacterias del género *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Anabaena*, *Frankia*, *Bacillus* y *Pseudomonas*, y también a los hongos como: *Glomus* spp. y *Trichoderma* spp. (Reyes *et al.*, 2014).

Bhattacharyya *et al.* (2012) manifiestan que, una caracterización más exacta de los microorganismos benéficos o efectivos, desarrollan un papel como inoculantes microbianos para desarrollar un equilibrio del suelo en forma que mejore su calidad, incrementando su productividad, protegiendo los cultivos, manteniendo los recursos naturales, generando una agricultura y entorno más sostenible.

2.13. Mecanismo de interacción entre microorganismo y planta

Cano (2011) condiciona que, la interrelación entre especies en los ecosistemas son de carácter sinérgico, antagónico, de competitividad físico-químico y que son moduladas por factores abióticos y bióticos, en la rizosfera, principalmente considerado uno de los

principales sitios donde se presentan estos microorganismos en especial por su funcionalidad fijadora de nitrógeno y función de solubilidad de fosfatos, promoviendo el crecimiento de la planta, además es un biocontrolador de las especies de alta patogenicidad que compiten por espacio y nutrientes, por ende, estas interrelaciones inciden en triadas como es suelo, planta, microorganismos y medio ambiente, efectuando una acción directa en el crecimiento de las plantas.

González (2015) expone que, los microorganismos producen actividades que se vinculan a procesos de descomposición y mineralización movilizand o nutrientes en el suelo y la planta, esto se debe a que el suelo es considerado un sistema complejo donde proliferan grandes cantidades de microorganismos que interactúan con diferentes sustratos, estas poblaciones de microorganismos se encuentran con las raíces de las plantas específicamente en la zona rizosférica, en la cual la exudación de nutrientes orgánicos es útil para el metabolismo microbiano debido a que la raíz proporciona un nicho ecológico, beneficiándose en el desarrollo de la raíz, regulación metabólica radical e influencia en propiedad físico-químico del suelo.

2.14. Biofertilizantes o fertilizantes orgánicos

Los biofertilizantes contienen materiales de origen animal o vegetal, que son productos derivados de los procesos naturales (abonos, hojas), el aprovechamiento de los organismos microscópicos benéficos como fertilizantes orgánicos se han tornado una de las más importantes en el sector agrícola por su rol potencial en la seguridad alimentaria y productividad sostenible.

Así mismo se han establecido dos grupos de fertilizantes orgánicos sólidos, siendo generados por la estabilización de los recursos de residualidad de los vegetales o sólidos urbanos, además de los fertilizantes orgánicos o minerales sólidos, denominados a aquellos subproductos de tratamientos en las aguas residuales, que pueden ser aprovechados por el área agrícola (Torres, 2017).

Para la FAO (2018) los nutrientes que el frijol requiere la toma del aire y del suelo, si se suministra nutrientes en la siembra, los cultivos desarrollarán mejor y beneficiarán el rendimiento, además el crecimiento de las plantas será factor prudencial, debido a que el uso de biofertilizantes reducirán el tiempo para la absorción de los nutrientes, por lo tanto el

mejor rendimiento dependerá de la aplicación para corregir la escasa adquisición de nutrientes presentes en el suelo.

Sadeghian (2017) manifiesta que los biofertilizantes entran en el concepto de elementos nutricionales que se suministran a las plantas con la finalidad de complementar las necesidades y carencias de nutrición en etapas de crecimiento y/o desarrollo, además de los cambios químicos que se generan en el suelo, para el uso de los fertilizantes, puesto que varían de acuerdo a la dinámica metabólica de cada elemento, dosis, fuentes, sistemas y técnicas de aplicación, características del entorno (clima, suelo, etc).

2.15. Acción de los biofertilizantes

Espinoza (2020) establece que, la acción de los fertilizantes orgánicos posee diferentes características, dentro de ellas se expone el ahorro energético, formación de sustancias biológicas activas y producción de antioxidantes reguladoras del metabolismo de microelementos, esto permite la vigorosidad de la salud del cultivo, mejorando su floración, aportando también nutrientes al desarrollo de la planta sin dañar su agrosistema, protegiendo de plagas y enfermedades que puedan afectar su producción.

2.16. Tipos de biofertilizantes

Maila (2018) expone las siguientes clasificaciones:

Fijadores de nitrógeno: Este tipo de microorganismo tiene la capacidad de transformar el nitrógeno atmosférico a amonio y suplir a los cultivos mediante procesos tales como la fijación simbiótica y no simbiótica de nitrógeno.

Solubilizadores de fósforo: Este proceso está catalogado como una forma de conversión de materia de orgánica a inorgánica, de solubles a insolubles, mediado por microorganismos, del cual se da por la liberación de fosfatos insolubles a tipos disponibles para las plantas por procesos como: quelación, reducción de Fe, producción de ácidos orgánicos, etc.

Captación de fósforo: Este grupo de microorganismo es conocido y estudiado por poseer la capacidad de aumentar el área de captación y absorción de nutrientes, más que todo del fósforo mediante las raíces.

Promotores de crecimiento: Son microorganismos que durante la acción metabólica producen y liberan sustancias que regulan el crecimiento de las plantas.

CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material de análisis

Se revisó información a partir de bases de datos y gestores bibliográficos como Scielo, Redalyc, Google académico y varios repositorios de universidades. La información obtenida es de los últimos 10 años en base al uso de biofertilizantes en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), esta recopilación permitió crear una base de datos en Microsoft Excel, con la finalidad de escoger información científica acorde a los siguientes puntos como año, lugar, tema y país.

Procedimiento

Se realizó la indagación teórica de carácter no experimental, basado en literatura confiable de diversas fuentes que respaldan los datos de los estudios realizados, con temas relevantes como:

- Análisis de los aspectos generales de los microorganismos benéficos para la inoculación en *Phaseolus vulgaris* L.
- Indagación en las características para evaluar la importancia de inoculadores orgánicos en *Phaseolus vulgaris* L.

En esta investigación se elaboraron tablas y gráficos con la información planteada.

CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información recopilada de los diferentes gestores bibliográficos con el tema ciclo productivo en frijol (*Phaseolus vulgaris*) inoculados con biofertilizantes generaron los siguientes resultados:

4.1. Biofertilizantes en el cultivo de *Phaseolus vulgaris* en los últimos diez años

En el Anexo 1 se presenta información de 10 investigaciones realizadas en diferentes países de Latinoamérica sobre *Phaseolus vulgaris* inoculadas con biofertilizantes.

El uso de biofertilizantes económicamente reduce costos de producción punto importante para el productor, donde el beneficio que contribuyen con el mejoramiento físico, químico y biológico en el suelo, porque no contamina y proporciona a las plantas nitrógeno, minerales y sustancias reguladoras de crecimiento vegetal, hacen que la biofertilización muy importante en la agricultura (Martínez *et al.*, 2008).

Las leguminosas ocupan un papel importante en el área agropecuaria por proporcionar forraje nutritivo a los animales, como los monogástricos y poligástricos que en la región Litoral ocupa el 28,15% de pastos sembrados para el sector agropecuario, Ban Ecuador reporto un 7,7% de producto interno bruto favoreciendo al empleo con este tipo de producción además existe un vínculo en la regulación de nitrógeno entre suelo, plantas y animal (Villamar, 2022).

En *P. vulgaris* la fertilización en las diferentes etapas de su desarrollo, es importante, debido a que el suministro adecuado de nitrógeno beneficia al cultivo con un buen desarrollo vigoroso y producción de proteínas, pero si el abastecimiento es excesivo provoca retraso en su desarrollo, reducción de la floración y maduración, en consecuencia, es un alargamiento en el período vegetativo de la siembra (Cedano *et al.*, 2000).

Con lo antes mencionado y con las investigaciones recopiladas se evidencia que las leguminosas son un punto importante para el agricultor, beneficiándose en la disminución de fertilizantes que demandan altos costos, y el uso de biofertilizantes en el cultivo de leguminosas proporciona características propicias que contribuyen a un mejor desarrollo de la planta y a su vez ayuda en la conservación del suelo, sin perjudicar la microbiota del suelo con menos costo de producción.

4.2. Número de publicaciones realizada en diferentes países en los últimos diez años

En la Figura 2, se observa el porcentaje de estudios realizados de diferentes países, implicando a Ecuador y Cuba con el 25% de investigaciones con *P. vulgaris* usando biofertilizantes en los últimos diez años.

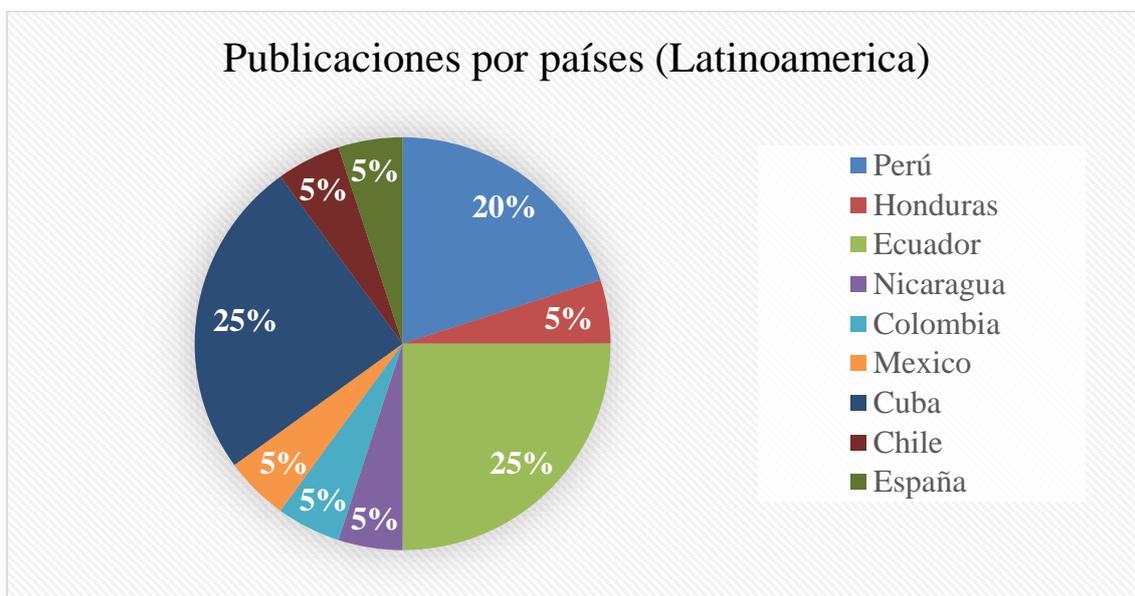


Figura 2. Publicaciones realizadas en los últimos diez años en diferentes países

En América Latina, países como Colombia, México, Brasil, Cuba, Venezuela, Nicaragua y Costa Rica aplican biofertilizantes preparados con microorganismos nativos, obteniendo buenos resultados en la planta; a pesar de que las cepas utilizadas en ciertos lugares de la región no permiten competir con el microbiota local, uno de los factores puede ser las condiciones del clima o suelo en las que no permiten su adaptación (Noh *et al.*, 2014).

La biofertilización actualmente es una forma de nutrición eficiente y económica, por permitir el aprovechamiento de nitrógeno atmosférico y de los nutrientes disponibles en el suelo; esto permite el buen desarrollo vegetal, a su vez ayuda en la resistencia a sequías por el desarrollo radicular que permite una mejor solubilidad y conductividad de nutrientes permitiendo aprovechar de la humedad del suelo (Paredes, 2013).

4.3. Microorganismos usados en investigaciones de los últimos 10 años en *Phaseolus vulgaris*.

En la Figura 3, se aprecia el porcentaje de diferentes investigaciones usando a *P. vulgaris* para la inoculación con diferentes microorganismos, evidenciando que *Rhizobium* obtuvo un porcentaje de 67% como el más usado en distinta información recopilada durante los últimos 10 años.

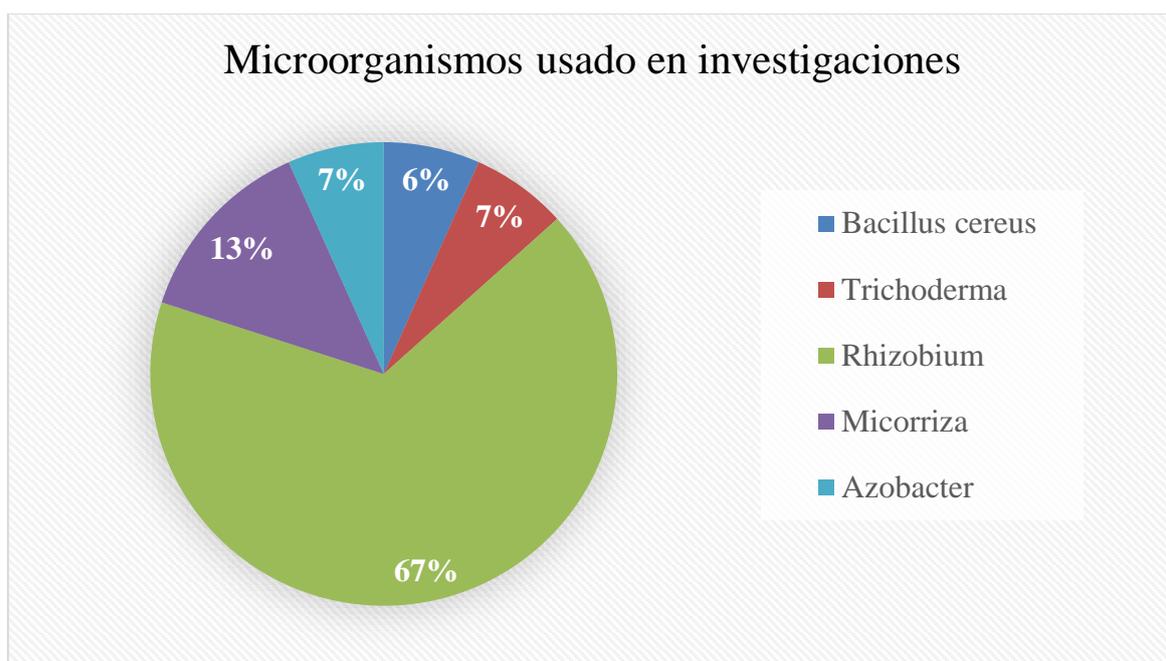


Figura 3. Microorganismos inoculados usados en investigaciones de los últimos 10 años. Los biofertilizantes inoculados con microorganismos (*Azospirillum brasilense*, *Rhizobium etli* y *Glomus intraradices*) ayudan al sistema radical produciendo hormonas para favorecer el crecimiento y estímulo a la fijación de nutrientes en la raíz, las bacterias fijan nitrógeno tanto en cereales como en leguminosas, y en hongos las micorrizas resultan beneficiosas para las leguminosas combinar con *Rhizobium* el resultado es tolerar sequías (Garza *et al.*, 2003).

Al aumentar la población en una comunidad de microorganismos, incrementa la actividad de microbios naturales, esto enriquece la microflora, lo que conlleva a un equilibrio en el ecosistema, controlando a los patógenos (Centeno, 2019).

En la mayoría de investigaciones realizadas con Hongos Micorrízicos Arbusculares HMA se han realizado bajo condiciones controladas de invernadero o cámara de crecimiento, pero poco se sabe en condiciones de campo, este hongo es compatible en algunas especies vegetales estimulando el crecimiento en una y favoreciendo en la absorción de nutrientes en otras, también ayuda en la resistencia a fitopatógenos y en la tolerancia de condiciones de estrés en el cultivo, se debe tomar en cuenta que en cada especie de HMA en consorcios micorrízicos puede tener diferente función para esto es importante tener inoculantes de HMA aislados de cultivos establecidos (Trejo *et al.*, 2011).

4.4. Eficiencia en *Phaseolus vulgaris* y otras leguminosas inoculadas de *Rhizobium* en Ecuador.

En la Figura 4, el porcentaje de otras leguminosas inoculadas de *Rhizobium* en Ecuador quedando a *P. vulgaris* con el 35%, siendo el porcentaje más alto seguidos de *Glycine max* con 30%, el de menor porcentaje fue el *Arachis hypogaea* con 5%.

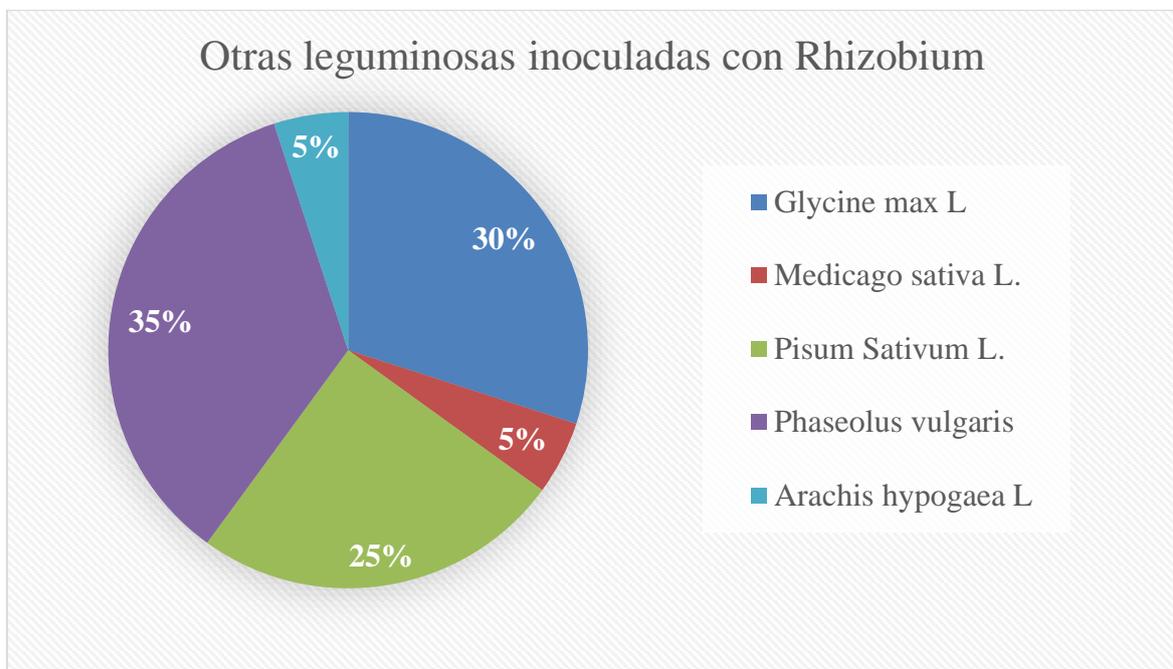


Figura 4. Eficiencia de otras leguminosas inoculadas en Ecuador de los últimos 10 años

Al trabajar con cepas de *Rhizobium* foráneas o nativas en la leguminosa *Glycine max* L. los resultados fueron positivos y demostraron un mayor crecimiento y nutrición de la semilla tratada con biofertilizantes, manifestando una alta interacción entre planta y microorganismos, del cual estos efectos posiblemente se dieron por la fijación de nitrógeno o agentes estimulantes de crecimiento, Soto *et al.* (2021).

El uso de cepas nativas de *Rhizobium* presentó buenos resultados en el cultivo de *Zea mays* con un porcentaje alto de germinación a los cinco días comparado con otros tratamientos (Borbor, 2013).

Rhizobium es efectivo en el momento que la bacteria muere ya que despliega nitrógeno en el suelo, se capta en mayor cantidad nitrógeno en la simbiosis entre rizobios y leguminosas (Veloz, 2022).

La producción de *P. vulgaris* responde efectivamente con fertilizantes nitrogenados, pero produce un efecto negativo a largo plazo como la degradación en el suelo, por el uso constante, la alternativa que se ha encontrado en este cultivo, es la inoculación de semillas con *Trichoderma harzianum*, en consorcios se sugieren a microbios como *Bacillus cereus* y *Rhizobium etli* por ser Microbios promotores de crecimiento vegetal, aceleran la germinación y optimiza la fijación de nitrógeno (Romero, 2016).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se recopiló información de artículos científicos sobre inoculados del genotipo *P. vulgaris* L., demostrando que su uso en biofertilizantes es beneficioso y una alternativa amigable para el medio ambiente.
- Se generó una base de datos a partir de varios documentos digitales considerando la respuesta de *P. vulgaris* L. inoculada con biofertilizantes bacterianos, la recopilación en los diferentes estudios demostró el efecto positivo como el incremento del número de nódulos, la fijación de nitrógeno, estimulación en la germinación y crecimiento vegetal, así como de aumento de microorganismos en el suelo.
- Se analizó la eficiencia al usar biofertilizantes en *P. vulgaris* L. evidenciado con 35% de información obtenida con investigaciones en inoculación realizada en Ecuador.

Recomendaciones

- De acuerdo con esta investigación se recomienda el uso de inoculados con biofertilizantes por los efectos positivos que resultan al cultivo de *P. vulgaris* L.
- Se sugiere considerar investigaciones con bacterias y hongos micorrizos inoculados en diferentes cultivos de leguminosa acorde a las condiciones edafoclimáticas provincia de Santa Elena.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

- Ahemad Munees, K. M. (2014) 'Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective', *Journal of King Saud University-Science*, 26(1), pp. 1–20.
- Alarcón, A. and Ferrera, R. (2012) 'Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura', *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 26(2), pp. 191–203.
- Arias, J.H., Jaramillo, M. and Rengifo, T. (2007) 'Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Frijol Voluble.', *Gobierno de Antioquía*.
- Ballenita, S. (2018) Productos orgánicos para disminuir los agrotóxicos. Disponible en <http://www.ballenitasi.org/2015/05/productos-organicospara-disminuir-los.html%0D>. Consultado 26/10/2022.
- Bautista Palma, L. A. (2014) *Inoculación con (Bradyrhizobium japonicum) sobre la nodulación de semillas de soya variedad SSK (Glycine max) Quevedo-Los Ríos*. Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Beltrán, P.(2016) 'La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. ', *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), pp. 101-113.
- Bizzozero, F. (2006). *Tecnologías apropiadas; biofertilizantes nutriendo cultivos sanos*. Disponible en: <http://www.tecnologíasapropiadas.com/biblioteca/CeutaBiofertilizantes.pdf>. Acceso el 4. Consultado: 20/01/2023.
- Biondini, E. S. (2018) *Competencia por ocupación nodular de cepas introducidas de Rhizobium leguminosarum y su influencia en la producción del cultivo de arveja (Pisum sativum L.)*. Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.
- Bhattacharyya, P. and Jha, D. (2012) 'Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR): surgimiento en la agricultura', *Revista mundial de microbiología y biotecnología*, 28 (4), pp.1327-1350.

- Blandón, J. and García C. (2017) *Micorrizas y Rhizobium: Opciones agroecológicas para la nutrición del frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Managua–Ticuantepe 2016: Managua, Nicaragua. Universidad nacional Agraria
- Borbor Tuárez, G. (2013). *Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con Rhizobium sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Bolleta, A., Venanzi, S. and Krüger, H. (2002) ‘Respuestas del cultivo de trigo a la inoculación con biofertilizantes en el sur de la provincia de Buenos Aires’, *Revista INTA, Rivadavia, 1439(1033)*, pp. 1-6.
- Casa Tipán, B. F. (2014) *Evaluación de la fijación de nitrógeno de cepas de Rhizobium spp. en invernadero, para arveja (Pisum sativum), chocho (Lupinus mutabilis), fréjol (Phaseolus vulgaris), haba (Vicia faba) y vicia (Vicia sp.)*, Cutuglagua-Pichincha. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador.
- Calero, A., Quintero, E. and Pérez, Y. (2017) ‘Utilización de diferentes bioproductos en la producción de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)’, *Agrotecnia de Cuba*, 41(1), pp. 1–13.
- Camelo, M. (2011) ‘Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal’, *Revista CORPOICA*, 12(2), pp. 159–166.
- Catuto Suárez, A. A. (2013) *Efecto de inoculación de rhizobium en el crecimiento y nutrición de plántulas de soya, en la zona de Manglaralto, cantón Santa Elena*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Castro, E. and Chanamé, C. (2019) ‘Crecimiento y desarrollo foliar de plantas de alfalfa (Medicago sativa L.), inoculadas con cepas de Rhizobium, aisladas de pajuro (Erythrina edulis)’, *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2(1), pp. 19-25.
- Cedeño Saavedra, D. A. (2016) *Efecto de inoculación con rizobacterias en el crecimiento y producción de tres variedades de soya (Glycine max L) en el cantón Quevedo*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

- Cedano, J., De la Rosa, D., Sánchez, A. and Oviedo, F. (2000) 'Fraccionamiento de nitrógeno en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el valle de San Juan', *Revista ucr.ac.cr Agronomy Mesoamerican* 11(1) pp. 151-154.
- Centeno, C., Quintana, D. and López, F. (2019) 'Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú', *Arnaldoa*, 26(1), pp. 433-446.
- Cano, M.A. (2011) 'Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp.', *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*, 14(2), pp. 15–31.
- CIAT (1982) 'Etapas de desarrollo de la planta de frijol común', *Centro Internacional de Agricultura Tropical*.
- Cano Intriago, A. R. (2013). *Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares en plantas de Phaseolus vulgaris L.(fréjol)*. Escuela de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Colás, S., Díaz, P., Rodríguez, A., Gatorno, M. and Rodríguez L, O. (2018) 'Efecto de la biofertilización en la morfo fisiología y rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)', *Centro Agrícola*, 45(4), pp. 34-42.
- Cuadrado, B., Rubio, G. and Santos, W. (2009) 'Caracterización de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (con habilidad de nodulación) seleccionados de los cultivos de fréjol caupí (*Vigna unguiculata*) como potenciales bioinóculos', *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 38(1), pp. 78-104.
- Cruz, M. G. (2014) *Validación de diferenciales de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) para evaluar la respuesta a la inoculación con cepas de Rhizobium*. Facultad de Agronomía, Universidad Zamorano.
- Chipana Laura, V. L. (2015) *Efecto de la concentración del biofertilizante Rhizobium sp. en el rendimiento, calidad y rentabilidad de Phaseolus vulgaris L.(Vainita) en condiciones de campo*. Maestría. Escuela de Postgrado de Perú.
- Chipana, V., Clavijo, C., Medina, P. and Castillo, D. (2017) 'Inoculación de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes concentraciones de *Rhizobium etli* y su

- influencia sobre el rendimiento del cultivo’, *Revista Cielo Ecología aplicada*, 16(2), pp. 91-98.
- Cedeño, S., Canchignia, M., Cruz, R., Guerra, Cuenca., Gaibor, Fernández. and Cedeño, M. (2017) ‘Rizobacterias que promueven el desarrollo e incremento en productividad de *Glycine max* L. Ciencia y Tecnología’, *Revista Ciencia y Tecnología*, (1390-4051) pp. 7-15
- Curi, M., Medina, E. and Heredia, V. (2020) ‘Azotobacter y Rhizobium como biofertilizantes naturales en semillas y plantas de frijol caupí’, *Avances*, 22(2), pp. 239-251.
- Debouck, D. y Hidalgo, R. (2018) ‘Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.).’
- Di Nardo, N. (2022) *Efecto de la inoculación con rhizobium leguminosarum y fertilización sobre la modulación y producción del cultivo de arveja (pisum sativum)*. Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales, Universidad del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.
- Domínguez, D., Cecato, U., Trento B., Mamédio, D. and Galbeiro, S. (2020) ‘Azospirillum spp. en gramíneas y forrajeras. Revisión’. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(1), pp. 223-240.
- Dumas, F. (2022) *Información nutricional y actividad biológica del frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Universidad Técnica de Ambato.
- Espinoza, S. (2020) Respuesta agronómica del cultivo de fréjol (*phaseolus vulgaris* l.) a dos fertilizantes orgánicos. Universidad de Guayaquil. Available at: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49051/1/Espinoza Alvarez Sandy Melissa.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49051/1/Espinoza%20Alvarez%20Sandy%20Melissa.pdf).
- FAO (2018) ‘Los fertilizantes y su uso: una guía de bolsillo para los oficiales de extensión’, p. 4.
- Fernández, F., Gepts, P. y López, M. (2017) ‘Etapas de desarrollo de la planta de frijol común’, *Centro Internacional de Agricultura Tropical*.

- Flores, B., Aguilar, E., García, C., Zamora, A., Farias, L. and López, A. (2008) 'Inoculación con hongos micorrícicos arbusculares y el crecimiento de plántulas de leucaena'. *Terra latinoamericana*, 26(2), pp. 127-131.
- Garza, M., Vázquez, P., García, D., Tut, C., Martínez, I., Campos, A. and Medina, J. F.(2003) 'Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México', *Agricultura técnica en México*, 29(2), pp213-225.
- García, R., Ortiz, G., Escareño, H., and Yáñez, S. (2016) 'Phaseolus vulgaris response to plant growth promoting microorganisms'. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), pp. 313-319.
- González, M. (2015) 'Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizosféricos.', *TERRA Latinoamericana.*, 23, pp. 29–37.
- Granda, Mora., Alvarado, Capó. and Torres, Gutiérrez. (2017) 'Efecto en campo de la cepa nativa COL6 de Rhizobium leguminosarum bv. viciae sobre frijol común cv. Percal en Ecuador'. *Centro Agrícola*, 44(2), pp. 5-13.
- Grageda, C., Díaz, F., Peña, C. and Vera, N. (2012) 'Impacto de los biofertilizantes en la agricultura', *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), pp. 1261-1274.
- Hayat, I. *et al.* (2014) 'Nutritional and health perspectives of beans (Phaseolus vulgaris L.)', *Critical reviews in food science nutrition*, 54(5), pp. 580–592.
- Hernández, Y., García, O. y Ramón, M. (2019) 'Utilización de algunos microorganismos del suelo en cultivos de interés para la ganadería', 35(2), pp. 85–97.
- Hernández, I., Nápoles, C., Rosales, R., Baños, R. and Ramírez, J. F. (2013) 'Selección de aislados de rizobios provenientes de nódulos de la leguminosa forrajera Pueraria phaseoloides (kudzu tropical)', *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47(3), pp. 311-318.
- Iván, G., Nápoles. G., Robles, C., Alvarado, C. and Torres, G. (2016). 'Respuesta de Phaseolus vulgaris cv. Mantequilla a la inoculación de cepas de Rhizobium nativas de Ecuador en casas de cultivo', *Centro Agrícola*, 43(4), pp. 49-56.
- Illmer, P. and Schinner, F. (2018) 'Solubilization of inorganic calcium phosphates-solubilization mechanisms', *Soil. Biol. Biochem*, 27(3), pp. 257–263.

- INIAP (2016) ‘Catálogo de variedades de fréjol’, *Instituto Nacional de Investigación Agrícola INIAP*
- Jiménez Parra, J. E. (2022) *Potencial de fijación de nitrógeno de aislados de Rhizobium spp. endémicos del Ecuador en tres variedades de fréjol arbustivo*. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador.
- Kimura, Z. *et al.* (2014) ‘*Raoultella electricasp. nov.*, isolated from anodic biofilms of a glucose-fed microbial fuel cell’, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 64(4), pp. 1384–1388.
- León Aroca, R. E. (2018) *Evaluación de la calidad y potencial agronómico de un biofertilizante fermentado anaeróbicamente para incrementar la producción de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) bajo condiciones de invernadero*. Mastría. Facultad de Ciencias de la Vida, Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Lara, C., Hernández, M., Reyes-, Preciado, P. and Zulueta, R. (2019). ‘Respuesta agronómica de *Phaseolus vulgaris* a la biofertilización en campo’, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(5), pp. 1035-1046.
- Maila, B. (2018) *Evaluación de la respuesta del fréjol (phaseolus vulgaris l.) a la aplicación foliar de un fertilizante y un biofertilizante con base en algas*. Facultad de Ciencias agrícolas, Universidad Central del Ecuador.
- Moreno, J., Farías-Rodríguez, R., & Sánchez, Y. J., 2005. *Inoculación de leguminosas con Rhizobium*, Michoacan: *minirevisión*.
- Martínez, L., Maqueira, L., Napoles, G. and Nuñez, V. (2017) ‘Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*phaseolus vulgaris l.*) biofertilizados’, *Revista Scielo Cultivos Tropicales*, 38(2), pp. 113–118.
- Martínez, M., Osuna-Ceja, Padilla-Ramírez, J. S., Acosta-Gallegos, A. & Loredó, O. C., 2008. *Tecnología para la producción de frijol en el norte centro de México: Libro Técnico*, (4).
- Martínez, G., Maqueira. L., Nápoles, García. and Núñez, V. (2017) ‘Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Biofertilizados. Cultivos Tropicales’, *Revista Scielo*, 38 (2), pp. 113-118.

- Manjarres Castañeda, S. A. (2022) *Evaluación de fijación de nitrógeno de 3 especies de leguminosas inoculadas con un biofertilizante a base de microorganismos producido en la finca Virayá, municipio de Vista Hermosa, Meta*. Facultad de Ingeniería Ambiental Villavicencio.
- Medina, A., Shibata, J., López, C., Gallegos, A., Iñiguez, J. and Río, Á. (2005). 'Inoculación de *Phaseolus vulgaris* L. con tres microorganismos y su efecto en tolerancia a sequía'. *Agricultura Técnica en México*, 31(2), pp. 125-137.
- Meza, V., Lépiz, I., López, A. and Morales, R. (2015). 'Caracterización morfológica y fenológica de especies silvestres de frijol (*Phaseolus*) ', *Revista fitotecnia mexicana*, 38(1), pp. 17-28.
- Mujica, P., Medina. C. and Rodríguez, Guerra. (2017) 'Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares y bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.)', *Revista Scielo Cultivos tropicales*, 38(2), pp. 15-21.
- Navarrete, E. *et al.* (2015) 'Caracterización de la producción de frijol en la provincia de cotopaxi ecuador: caso comuna panyatug', *Ciencia y tecnología*, 6(1), pp. 23–31.
- Nápoles, G., Cabrera, P., Wegria, G., Onderwater, R., Wattiez, R., Costales, M. and González, A. (2021) 'Inducción de señales en *Rhizobium leguminosarum* bv. viciae y su actividad biológica en arveja (*Pisum sativum* L.)', *Revista Scielo, Cultivos Tropicales*', 42(3).
- Noh, M., Yam, C., Borges, G., Zúñiga, A. and Godoy, H. (2014) 'Aislados bacterianos con potencial biofertilizante para plántulas de tomate', *Revista ScieloTerra Latinoamericana*, 32(4), pp. 273-281.
- Osorio Menéndez, D.D. (2019) *Establecimiento de la simbiosis Rhizobium-Micorrizas en fréjol de palo *Cajanus cajan*, bajo condiciones controladas*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil.
- Ortíz Bustos, G. M. (2010) *Evaluación del efecto de cuatro métodos de inoculación de dos cepas de *Azospirillum* spp., en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), variedades Iniap 122 y 102, en las provincias de Imbabura y Pichincha*. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

- Patiño, C. (2010) *Solubilización defosfatos por poblaciones bacterianas aisladas de un suelo del Valle del Cauca*. Universidad Nacional de Colombia.
- Paredes, J., J. Hernández. M., Robledo, T., González, F., Chiquito, C. and Mendoza, V. (2022). Efecto de hongos micorrízicos arbusculares y sustratos orgánicos sobre la morfología y minerales en plantas de frijol. *Terra Latinoamericana*, 40. Revista Scielo.
- Paredes, M. C. (2013). *Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas*. Facultad de Ciencias Agrarias, Pontificia Universidad Católica Argentina.
- Pérez, P., Ferrera, Cerrato., Alarcón, A., Trejo, T., Cruz, O. and Silva, R. (2019) ‘Respuesta del simbiosistema frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y *Rhizobium tropici* CIAT899 ante el efecto alelopático de *Ipomoea purpurea* L. Roth’. *Revista argentina de microbiología*, 51 (1), pp. 47-55.
- Peña, B., Zayas, P., and Rodríguez, F. (2015) ‘La producción científica sobre biofertilizantes en Cuba en el período 2008-2012’, *Revistas cubanas Cultivos Tropicales*, 36(1), pp. 44-54.
- Posadas, Y. (2015) *Bioestimulantes microbianos y la biofortificación en el crecimiento de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)*. Centro de Investigaciones microbiológicas.
- Quintero, E. *et al.* (2018) ‘Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común’, *Ctro. Agr.*, 45(3).
- Reyes, T., López, P., Quiñones, A. and Rincón. E. (2015) ‘Evaluación de consorcios micorrízicos arbusculares en el crecimiento vegetal de plantas de maíz, chile y frijol’, *Revista Biol*, 17, pp. 35-42.
- Reyes, R., López, A., Ruiz, S., Latournerie, M., Pérez, G., Lozano, C. and Zavala, L. (2014) ‘Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.)’, *Revista Agrociencia*, 48(3), pp. 285-294.
- Rípodas, M. (2011) *Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. alubia) en el distrito de san juan de castrovirreyna huancavelica (Perú)*. Universidad Pública de Navarra.

- Roper, M.M. y Ladha, J.K. (2015) 'Fijación biológica de N₂ por bacterias heterótrofas y fototróficas en asociación con paja Planta y suelo', 174 pp. 211–224.
- Rugama, J.J. (2021) Evaluación de diferentes fertilizantes en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Variedad Rojo Extrema Sequía, Centro Experimental las Mercedes, 2020. Universidad Nacional Agraria.
- Romero, E., García, R., Hernández, J. and Sánchez, M. (2016). 'Respuesta de *Phaseolus vulgaris* a microorganismos promotores de crecimiento vegetal', *Scientia Agropecuaria*, 7(3), pp. 313-319.
- Sabando, F.G., (2021) *Efecto de la inoculación combinada de micorrizas y bradyrhizobium en el crecimiento y absorción de nutrientes de la soya (glycine max l. merrill)*, Primera edición Editorial Grupo Compás.
- Sadeghian, K.. (2017) 'Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio sobre las propiedades químicas de los suelos cultivados en café', *Cenicafé*, 54(3), pp. 242–257.
- SEMARNAT (2015) 'El suelo', *GEO México*, p. 120.
- Stewart, W.M. (2017) 'Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes.', 67, pp. 1–6.
- Survey, S. (2017) 'Claves para la Taxonomía de Suelos', *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*, p. 306.
- Soto. V., Catuto, S. and Álvarez, M. (2022) *Evaluación del crecimiento y nodulación de plantas de soya Glycine max inoculadas con Rhizobium y Bradyrhizobium japonicum en Manglaralto, Santa Elena*. Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE).
- Soto, J., Julio, A., Crespo, L., Borbor, G. and Borbor, V. (2016) 'Efecto de la inoculación de bacterias nativas en dos híbridos de maíz (zea mays l.) provincia de Santa Elena', *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(2), pp. 50-60.
- Trejo, D., Ferrera, C., García, R., Varela, L., Lara, L. and Alarcón, A. (2011) 'Efectividad de siete consorcios nativos de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de café en condiciones de invernadero y campo', *Revista chilena de historia natural*, 84(1),

pp. 23-31.

- Veloz Camacho, C. E. (2022) *Análisis documental: uso de inoculantes a base de consorcios microbianos en Pisum sativum*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2022).
- Villamar, A., Arturo, W. F, Murillo, R. A. and Vergara, L. (2022). ‘Respuestas agronómicas de gramíneas y leguminosas en el subtrópico ecuatoriano. *Ciencia Latina*’ *Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), pp 268-282.
- Villalba, J. (2017) *Desarrollo fenológico del cultivo del fréjol (phaseolus vulgaris l.) var. cargabello en el cantón bucay provincia del guayas*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato.
- Zaidi, A. *et al.* (2019) ‘Role of phosphate-solubilizing bacteria in legume improvement.’, *Microbes for Legume Improvement*. Springer Wien New York, pp. 273–292.

ANEXOS

Tabla A 1. Estudios realizados sobre *Phaseolus vulgaris* inoculados con biofertilizantes.

N	Tipo	Condiciones	Microorganismo aplicado	País	Tema	Efectos	Cita
1	Experimental	Invernadero	Bacillus cereus, Trichoderma harzianum (consorcio microbiano).	Perú	Respuesta Phaseolus vulgaris microorganismos promotores.	No registra evaluación de nódulo P. vulgaris inoculado con R. etli y T harzianum obtuvieron un 100% y 95% de germinación 1.12g y 0,72 g de peso seco aéreo y 0,31 g 0.21 g de Peso seco radical	(Garcia et al ., 2016)
2	Experimental	Laboratorio, invernadero, camas (bancales)	Rhizobium	Honduras	Validación de diferenciales de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) para evaluar la respuesta a la inoculación con cepas de Rhizobium.	Varía según las condiciones en cada ensayo. Efectivo en condiciones de camas. No registra evaluación de producción	(Cruz, 2014)

Continuación

N	Tipo	Condiciones	Microorganismos aplicados	Año	País	Tema	Efectos	Cita
3	Experimental	Invernadero	<i>Rhizobium leguminosarum</i> , <i>Rhizobium phaseoli</i>	2018	Ecuador	Evaluación de la calidad y potencial agronómico de un biofertilizante fermentado anaeróbicamente para incrementar la producción de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) de invernadero.	Con la cepa <i>R. phaseoli</i> irrigada con una periodicidad de 24 h mostraron mayor cantidad de nódulos en 73% Incremento de raíz, diferencias estadísticas en altura y grosor de tallos, No registra la evaluación de producción	(León <i>et al.</i> , 2018)
4	Experimental	Campo abierto	Micorriza (<i>Glomus intraradices</i>) <i>Rhizobium phaseolus</i>	2016	Nicaragua	Micorrizas y <i>Rhizobium</i> : opciones agroecológicas para la nutrición del frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), Managua-Ticuanatepe 2016	Los tratamientos con micorriza indicaron mejores resultados en nódulos. El desarrollo de los inoculantes fue bajo, pero no afectaron el rendimiento El rendimiento 1106.9 kg ha ⁻¹ , El rendimiento no mostro diferencias significativas.	(Blandón <i>et al.</i> , 2016)

Continuación

N	Tipo	Condiciones	Microorganismo aplicado	País	Tema	Efectos	Cita
5	Experimental	Campo abierto	<i>Azotobacter</i> <i>Rhizobium</i> <i>Azospirillum</i>	Colombia	Evaluación de fijación de nitrógeno de 3 especies de leguminosas inoculadas con un biofertilizante a base de microorganismos producido en la finca Virayá municipio de vista hermosa, meta.	<p>La biofertilización en las 3 especies de leguminosas incidieron significativamente en el aumento de nódulos</p> <p>La especie <i>Mucuna pruriens</i> fue resistente gracias al entorno climático del lugar, y con el adecuado control fitosanitario.</p> <p>En esta investigación no registra la evaluación de producción</p>	Manjarres, 2022
6	Experimental	Campo abierto	<i>Rhizobium etli</i>	Perú	Efecto de la concentración del biofertilizante <i>Rhizobium</i> sp. En el rendimiento, calidad y rentabilidad de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. (vainita) condiciones de campo.	<p>Presento mejor rendimiento, calidad y rentabilidad de la vainita.</p> <p>Dio buenos resultado en cuanto su longitud, peso promedio, numero de vainas por planta</p> <p>R alto por Ha llego a 3172,80 kg, respectivamente el mejor promedio en su rendimiento por planta fue con 63,46 %</p>	(Chipana, 2015)

Continuación

N	Tipo	Condiciones	Microorganismo aplicado	País	Tema	Efecto	Cita
7	Experimental	Campo abierto	<i>Rhizobium etli</i>	Perú	Inoculación de vainita (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con diferentes concentraciones de <i>Rhizobium etli</i> y su influencia sobre el rendimiento del cultivo.	<p>el porcentaje de nódulos fue efectivo con un 47.67 siendo efectivo un 84.02 % en el cultivo</p> <p>La inoculación de cepas con <i>Rhizobium</i> Produjo alto número de vainas por plantas, su desarrollo óptimo en la planta, por las cepas seleccionadas de <i>Rhizobium</i></p> <p>Esta investigación obtuvo un rendimiento de 3038.95 kg ha⁻¹</p>	(Chipana <i>et al.</i> , 2017)
8	Experimental	Campo abierto	<i>Hongos Micorrízicos arbusculares</i> <i>Rhizobium etli</i>	México	Respuesta agronómica de <i>Phaseolus vulgaris</i> a la biofertilización en campo	<p>El mejor tratamiento fue con HMA +Re, con mayor número de nódulos y un promedio de 27.6 por planta.</p> <p>Con HMA al interactuar las hifas actuaron para la absorción de fósforo mientras que <i>Rhizobium</i> actuó en la fijación de N. buen desarrollo.</p> <p>El mejor rendimiento en esta investigación fue el tratamiento de HMA+Re+ 50% F en la calidad de la semilla</p>	(Lara, 2019)

Continuación

N	Tipo	Condiciones	Microorganismo aplicado	País	Tema	Efecto	Cita
9	Experimental	Campo abierto	<i>Rhizobium pisi</i>	Cuba	Efecto de la biofertilización en la morfo fisiología y rendimiento del frijol común (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)	Efectivas por el incremento del número de nódulos. A los 42 DDS la cepa <i>Rhizobium</i> 40982 fue el mejor en la inoculación. Resultando un buen desarrollo vegetal. El rendimiento agrícola fue positivo llegando a (362 kg ha ⁻¹)	(Colas <i>et al.</i> , 2018)
10	Experimental	Ambiente controlado	<i>Rhizobium</i>	Ecuador	Respuesta de <i>Phaseolus vulgaris</i> cv. Mantequilla a la inoculación de cepas de <i>Rhizobium</i> nativas de Ecuador en casas de cultivo	Las seis cepas de <i>Rhizobium</i> nodularon La fijación de N tuvo relación positiva con el número de nódulos, siendo favorable en la inoculación de diferentes cepas de <i>Rhizobium</i> . En esta investigación no registra la evaluación de producción	(Granda <i>et al.</i> , 2016)

Tabla A2. Investigaciones de otras leguminosas inoculadas con *Rhizobium* en Ecuador en los últimos 10 años.

Bacteria	Nombre científico	Nombre común	Lugar
Rhizobium	<i>Glycine max L</i>	Soya	Ecuador
	<i>Medicago sativa L.</i>	alfalfa	
	<i>Pisum Sativum L.</i>	arveja	
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	frejol	
	<i>Arachis hypogaea L</i>	maní	