



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**

**Facultad de Ciencias Agrarias**

**Carrera de Agropecuaria.**

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXÁMEN DE CARÁCTER COMPLEXIVO.**

**MODALIDA:” REVISIÓN BIBLIOGRÁFICAS”.**

**CATEGORIZACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE LA EVALUACIÓN DEL  
CICLO PRODUCTIVO Y AGRONÓMICO DE LA SOYA (*Glycine max* L.)**

**INOCULADO CON *BRADYRHIZOBIUM*.**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** ORRALA DOMÍNGUEZ JOHN ENRIQUE.



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

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN DE CARÁCTER COMPLEXIVO**

**MODALIDAD: “REVISIÓN BIBLIOGRÁFICAS”**

**CATEGORIZACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE LA EVALUACIÓN DEL  
CICLO PRODUCTIVO Y AGRONÓMICO DE LA SOYA (*Glycine max* L.)  
INOCULADO CON *BRADYRHIZOBIUM*.**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor/a:** John Enrique Orrala Domínguez.

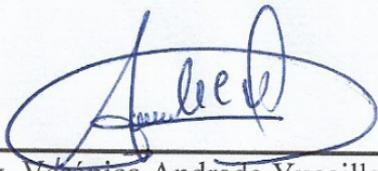
**Tutor/a:** Blgo. Javier Soto Valenzuela

**LA LIBERTAD, 2022**

## TRIBUNAL DE GRADO

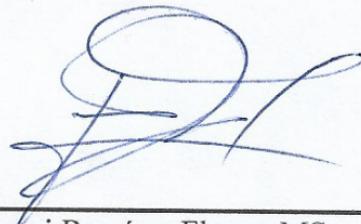
Componente práctico de examen complejo presentado por **JHON ENRIQUE ORRALA DOMÍNGUEZ** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Componente práctico de examen complejo **APROBADO** el: 22/08/2022



---

Ing. Verónica Andrade Yucailla, PhD.  
**DIRECTORA DE CARRERA  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Lenni Ramírez Flores, MSc.  
**PROFESORA ESPECIALISTA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Blgo. Javier Soto Valenzuela, MSc.  
**PROFESOR TUTOR  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.  
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC  
SECRETARIO**



---

Lic. Ana Villalta Gómez, MSc.  
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO  
SECRETARIA**

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo Práctico de Examen de Grado de carácter complejo Titulado **“CATEGORIZACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE LA EVALUACIÓN DEL CICLO PRODUCTIVO Y AGRONÓMICO DE LA SOYA (*Glycine max* L.) INOCULADO CON *BRADYRHIZOBIUM*.”** y elaborado por **John Enrique Orrala Domínguez**, 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".



---

Firma del estudiante

## RESUMEN

El siguiente trabajo investigativo da a conocer las ventajas de la interacción simbiótica que se realiza entre la especie *Glycine max* L., con las bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN), mediante análisis de información recolectada de repositorios digitales, artículos científicos y libros. Los antecedentes de información recaudados de las plataformas digitales abarcan investigaciones con resultados alentadores sobre el efecto que provoca el género *Bradyrhizobium* en la leguminosa hospedera *G. max* L., provocando la formación de nódulos, los cuales favorecen al cultivo en el desarrollo morfológico y rendimiento. Dichas investigaciones se realizaron en condiciones de campo y laboratorio durante los últimos 15 años. La nodulación de las leguminosas ocurre por el intercambio de señales moleculares entre la raíz de la planta y la bacteria, donde los genes de nodulación serán activados por los flavonoides presentes en los exudados de las raíces, mediante esta activación se sintetizan los factores Nod, que a su vez participan en la morfogénesis y función de los nódulos. La información recogida permitió evaluar el efecto de la inoculación en el cultivo de soya mediante la inoculación de la bacteria *Bradyrhizobium* para el desarrollo y crecimiento de *G. max* L. Los resultados de la interacción planta-bacteria, permitió evidenciar la especificidad con varias especies de *Bradyrhizobium* en beneficio del cultivo de soya.

Palabras claves: *Bradyrhizobium*, Bacterias fijadoras de nitrógeno, *Glycine max* L., Inoculación.

## ABSTRACT

The following research work shows the advantages of the symbiotic interaction between the species *Glycine max* L., with nitrogen-fixing bacteria (NFB), through analysis of information collected from digital repositories, scientific articles and books. The background information collected from digital platforms includes research with encouraging results on the effect of the *Bradyrhizobium* genus on the legume host *Glycine max* L., causing the formation of nodules, which favor the crop in morphological development and yield. These investigations were carried out in field and laboratory conditions during the last 15 years. Nodulation of legumes occurs by the exchange of molecular signals between the plant root and the bacteria, where the nodulation genes will be activated by the flavonoids present in the root exudates, through this activation Nod factors are synthesized, which in turn participate in the morphogenesis and function of nodules. The information collected made it possible to evaluate the effect of inoculation in the soybean crop through the inoculation of *Bradyrhizobium* bacteria for the development and growth of this legume. The results of the plant-bacteria interaction allowed inferring the specificity with several species of *Bradyrhizobium* for the benefit of the soybean crop.

**Key words:** *Bradyrhizobium*, Nitrogen-fixing bacteria, *Glycine max* L., Inoculation.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1 Objetivo General:</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Objetivos Específicos:</b> .....	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. Origen de las leguminosas.</b> .....	<b>3</b>
2.1.1. Especies de leguminosas.....	3
<b>2.2. Morfología de las leguminosas.</b> .....	<b>3</b>
2.2.1. Descripción botánica de las leguminosas.....	4
2.2.2. Sistema radical.....	4
<b>2.3. Importancia de las leguminosas.</b> .....	<b>4</b>
2.3.1. Importancia de las leguminosas en Ecuador. ....	4
2.3.2. Beneficios de las leguminosas.....	4
2.3.3. Importancia económica. ....	5
<b>2.4. Ciclo del Nitrógeno.</b> .....	<b>5</b>
2.4.1. Importancia de la fijación biológica de nitrógeno en las leguminosas... 5	
<b>2.5. Bacterias del género <i>Rhizobium</i>.</b> .....	<b>6</b>
2.5.1. Caracterización de la familia Rhizobiaceae. ....	6
2.5.2. Género <i>Bradyrhizobium</i> .....	6
2.5.3. Establecimiento de la simbiosis de <i>Bradyrhizobium</i> - Fabáceas.....	7
2.5.3.1. Aminoácido .....	8
2.5.3.2. Atadura.....	8
2.5.3.3. Infección.....	8
2.5.3.4. Desarrollo del nódulo .....	8
<b>2.6. Cultivo de soya (<i>Glycine max</i> L.)</b> .....	<b>8</b>
2.6.1. Importancia de la soya en Ecuador. ....	9
2.6.2. Cultivo de soya inoculado. ....	9
<b>2.7. Interacción planta – Bacteria.</b> .....	<b>10</b>
2.7.1. Infección.....	10
<b>CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1. Metodología de investigación</b> .....	<b>11</b>
3.1.1. Método de investigación.....	11
3.1.2. Método cualitativo.....	11

3.1.3. Fuentes de recopilación.....	11
3.2. Metodologías de análisis.....	11
3.3. Herramientas.....	11
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>12</b>
4.1. Uso de inoculante <i>Bradyrhizobium</i> en el cultivo de soya.....	12
4.2. Países con estudios de <i>Bradyrhizobium</i> .....	16
4.3. Porcentaje del número de aplicaciones dependiendo las condiciones..	17
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>19</b>
Conclusión.....	19
Recomendaciones .....	19
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

*Tabla 1. Estudios realizados sobre la aplicación de Bradyrhizobium en diferentes países..... 13*

*Tabla 2. Efectos de la asociación de microorganismo benéficos con Bradyrhizobium en el cultivo de soya ..... 15*

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Países con mayor número de publicaciones.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2. Número de aplicaciones de inóculos en diferentes condiciones. ....</i>	<i>17</i>

## INTRODUCCIÓN

La soya (*Glycine max* L.), es una planta nativa de China, sin embargo, varios autores creen que es originaria de las provincias nor-orientales de China y Manchuria. En América fue introducida por los Estados Unidos (EE. UU.) en 1765, pero su gran expansión inició en 1840; en Sudamérica (Brasil) se introdujo en 1882 y su difusión se originó en el siglo XX (Villón, 2017).

La FAO considera que la soya es uno de los alimentos que servirán para garantizar la seguridad alimenticia en el planeta. A nivel mundial se producen 202' 621,534 t de soya al año; donde EE. UU., Argentina y Brasil producen alrededor del 80%. Ecuador llega a producir un promedio de 77,441 t, con un área de cosecha promedio de 46,618 ha (Catuto, 2013).

La soya en el Ecuador es considerada de gran importancia debido a su alto contenido de proteína y aceites; sin embargo, los bajos rendimientos y comercialización han ocasionado la disminución de siembra. El aumento de costos de los fertilizantes químicos es otra de las problemáticas que preocupa a los agricultores. No obstante, este problema puede considerarse como una alternativa para el uso de *Rizhobium* específicamente el género *Bradyrhizobium* para el cultivo de soya.

Los biofertilizantes a base de *Bradyrhizobium* son una alternativa que los agricultores pueden utilizar para obtener una mejor producción, con la finalidad de no contaminar el entorno ecológico, mantener las condiciones edáficas y aumentar la población de los microorganismos importantes para la solubilización de nutrientes del suelo.

Por tal motivo, este estudio se lo realizó con la finalidad de evaluar el efecto de inoculación en el cultivo de soya inoculando la bacteria *Bradyrhizobium* para mejorar su desarrollo y crecimiento. Cuyo beneficio al agricultor además de los efectos positivos escritos, Incrementaría la rentabilidad de la producción de soya.

**Problema:**

En la provincia de Santa Elena, la soya no es considerada un cultivo productivo debido a su bajo rendimiento, precio y demanda en el mercado; así como el aumento de costos de fertilizantes para mejorar su producción. Sin embargo, la inoculación de *Bradyrhizobium* en la soya ayudaría a obtener mayor FBN y de nutrientes absorbidas por las raíces de esta leguminosa.

**OBJETIVOS****1.1 Objetivo General:**

- Evaluar información científica sobre el efecto de la inoculación en el cultivo de soya de la bacteria *Bradyrhizobium* para el desarrollo y crecimiento mejorado de la planta.

**1.2 Objetivos Específicos:**

- Analizar información de bases de datos científicos relacionado al beneficio del uso de *Bradyrhizobium* en el cultivo de soya.
- Seleccionar evidencia científica en el uso de *Bradyrhizobium* inoculado en el ciclo productivo y agronómico de la soya.
- Recomendar la mejor interacción soya-*Bradyrhizobium* referenciada por la literatura científica analizada.

## **CAPÍTULO 2 . REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### ***2.1. Origen de las leguminosas.***

Las leguminosas son plantas muy antiguas como la del cultivo del maíz, debido a las investigaciones su domesticación y origen datan de aproximadamente 90 millones de años. Pertenecen a la familia vegetal Fabácea o Leguminosae, este tipo de especie conforman el tercer grupo de plantas más numerosas del planeta, su distribución global se extiende por todo el mundo, incluyendo regiones con climatologías extremas con calor y frío (Graziano, 2016).

Varios autores mencionan que, el uso de las leguminosas es una alternativa que ayuda a mejorar la disponibilidad de nutrientes en la capa superficial del suelo, debido a la capacidad que posee de fijar nitrógeno naturalmente de manera simbiótica, para que se lleve a cabo este proceso se deben considerar ciertas condiciones específicas del suelo para que el proceso de simbiosis se realice efectivamente, dichas condiciones son: pH ligeramente ácido, cantidad necesaria de fósforo y otros minerales (Peña y Arias, 2011).

#### ***2.1.1. Especies de leguminosas.***

Las Fabáceas suman más de 20,000 especies y superan los 700 géneros, de los cuales solo una parte está considerada dentro del grupo alimentario de las legumbres, como son *Cicer*, *Cajanus Faba*, *Lens* o *Phaseolus* (Graziano, 2016).

El mismo autor menciona que las leguminosas poseen un porcentaje de humedad que varía entre 9 y 16%, incluyen proteínas como globulina y albúmina que oscilan entre 17 y 25 % con un máximo de 30 al 40 %, además contienen vitaminas como Niacina y Ácido fólico. Sin embargo, presentan bajas concentraciones de vitaminas A y C.

### ***2.2. Morfología de las leguminosas.***

Baldomero (2015) señala que, debido a la gran variedad morfológica que manifiestan las leguminosas en sus órganos e incluso dentro de la misma subfamilia, no presentan la misma uniformidad típica que presentan las gramíneas, siendo su clasificación de visu menos farragosa. Esta diagnosis suele estar apoyada principalmente en sus hojas, inflorescencias e incluso de los frutos, debido a las características que presentan.

### **2.2.1. Descripción botánica de las leguminosas.**

Las leguminosas forrajeras son pertenecientes a la subfamilia Papilionoideae, su principal característica es tener prefloración vexilar con corola amariposada, lo cual la diferencia de las demás especies. El nombre particular de las leguminosas se le designó por su fruto seco, que es dehiscente generalmente y procede de un solo carpelo, por ende, recibe el nombre de legumbre.

### **2.2.2. Sistema Radical.**

El sistema radical se subdivide en dos partes, la raíz principal y secundaria. Su raíz principal es pivotante va de eje central buscando profundidad. Su sistema secundario tiene la capacidad de asociarse simbióticamente con bacterias del suelo, del género *Rhizobium*, que se fijan al sistema radical formando unos nódulos que permite a la planta aprovecharse del nitrógeno del aire y de fijarlo al suelo. Son de textura menos gruesa, también penetrantes y profundas (Baldomero, 2015).

### **2.3. Importancia de las leguminosas.**

Existen alrededor de 150 especies de leguminosas que sirven para la alimentación humana y animal. Estas se caracterizan por tener un fruto en forma de legumbres donde está compuesto por semillas, siendo estas una fuente proteica y de gran importancia por poseer bajo contenido lipídico y fibra dietética (Farre, 2010).

Otro aspecto de gran importancia es su adaptabilidad en suelos adversos y climas poco favorables. A su vez son consideradas de mayor importancia en rotación de cultivo debido a su capacidad de generar nitrógeno al suelo por medio de bacterias radiculares.

#### **2.3.1. Importancia de las leguminosas en Ecuador.**

Estas leguminosas constituyen un gran grupo de plantas que se cultivan dentro del territorio ecuatoriano. El mayor sector de producción se encuentra en la región andina, en proporción menor en la costa y muy limitada en el Oriente o Amazonía (Peralta, 2017).

#### **2.3.2. Beneficios de las leguminosas.**

Las leguminosas son consideradas la principal fuente de proteínas vegetales, debido a que suelen contener el doble de cantidades proteicas, otra característica importante es

que, a diferencia de otras plantas mejoran el suelo con sus propiedades, por la capacidad de fijar nitrógeno en el subsuelo donde se encuentra cultivada, por tal motivo es de gran relevancia para el enriquecimiento productivo de los suelos; acostumbran a desarrollar sistemas radiculares muy profundos, beneficiando a que se suelte el suelo, dando como resultado mayor penetración de oxígeno, nutrientes y agua.

### **2.3.3. *Importancia económica.***

Entre los países principales productores y exportadores de leguminosa fresca se encuentran India, China, Canadá y Brasil. La producción se realiza en 184 países en 79 millones de ha donde se obtienen 71,3 millones de toneladas de grano seco, que son utilizadas para consumo e intercambio comercial. En el 2011, el comercio logró alcanzar los 12 millones de tm por un valor de 9 mil millones de dólares, debido a que son alimentos bajos en grasa, ricos en proteínas, vitaminas, minerales y fibra (Valladolid, 2016).

## **2.4. *Ciclo del Nitrógeno.***

El nitrógeno es el elemento que se encuentra presente en grandes cantidades (78%) en la atmósfera, este no puede ser captado por las plantas de forma directa si no por medio de procesos que sean asimilables para los cultivos. Uno de los procesos es por medio de la FBN, que son las responsables de causar una simbiosis entre la planta y bacteria, dando como resultado la formación de nódulos en las raíces que le permitan fijar nitrógeno, las bacterias que generan este proceso son del género *Rhizobium* o *Azotobacter*, que a su vez también se caracterizan por actuar libremente. Estos géneros no solamente pueden ser utilizados para ahorrar el uso fertilizante, sino para obtener un mejor desarrollo del cultivo, incrementar rendimientos y suscitar el desarrollo de la agricultura en suelos pobres (CICEANA., 2007).

### **2.4.1. *Importancia de la fijación biológica de nitrógeno en las leguminosas.***

Las bacterias y cianobacterias son microorganismos de vida libre que se encargan de fijar nitrógeno, se encuentran en la capa superficial del suelo, están asociados con especies vegetativas que procederán a realizar una simbiosis. En el proceso de simbiosis, las plantas se favorecen de las bacterias que son encargadas de fijar nitrógeno en el suelo.

Los rizobios fijan el nitrógeno en modo de amonio para las especies de leguminosas, cabe mencionar que existen otros organismos capaces de fijar el nitrógeno de la atmósfera, la interacción que existe entre bacterias rizobios y leguminosas son las responsables de favorecer la mayor porción de nitrógeno fijado en las especies agrícolas (Escobar, 2020).

## **2.5. Bacterias del género *Rhizobium*.**

Las bacterias de vida libre son pertenecientes al primer grupo de bacterias fijadoras de nitrógeno entre estas podemos encontrar los géneros *Azospirillum*, *Beijerinchia*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Mycobacterium* y *Pseudomonas*; existe otro grupo de bacterias que fijan nitrógeno a partir de una simbiosis con las plantas leguminosas, las cuales pertenecen a los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Allorhizobium*, *Mesorhizobium* y *Sinorhizobium*, estos géneros se encuentran divididos en dos grandes grupos de bacterias fijadoras de nitrógeno (Peralta y Esther., 2008).

### **2.5.1. Caracterización de la Familia Rhizobiaceae.**

Para la caracterización de las cepas de bacterias benéficas existen varios métodos para identificarlas, como la caracterización fenotípica y genotípica que estas presentan; como son las características macro y microscópicas de las células bacterianas como son su forma, tamaño, color y consistencia. La utilización de sustratos se las aplica como fuentes de carbono para realizar pruebas bioquímicas donde se determina la tolerancia a diferentes pH y patrones de resistencia a antibióticos; proporcionando una visión detallada de la variabilidad de las bacterias dentro de una especie o entre diferentes especies mediante el reconocimiento de rasgos característicos (Moreno, 2010).

### **2.5.2. Género *Bradyrhizobium*.**

Las bacterias del género *Bradyrhizobium* son bacilos con dimensiones de 0,5 a 0,9 nm por 1,2 a 3 nm. Su desplazamiento es por medio de un flagelo polar o subpolar. Son cepas de lento crecimiento, prosperan en colonias circulares que producen álcali, su textura es granulosa, opaca y raramente translúcida (Paredes, 2013).

Dentro del género *Bradyrhizobium* se describen tres especies con base en el análisis polifásico donde se incluye su caracterización fenotípica e hibridación de ADN-ADN,

la secuenciación de genes de 16S rRNA amplificados por PCR, nodulación con plantas selectivas y otros métodos. Estas tres importantes especies de *Bradyrhizobium* que interactúan con *Glycine max* L. son:

- *Bradyrhizobium japonicum*.
- *Bradyrhizobium elkanii*.
- *Bradyrhizobium liaoningense*.

El género *Rhizobium*, son bacterias Gram negativas y no esporulan. Son móviles debido a flagelos peritricos, se encuentran dentro del orden Eubacteriales y la familia Rhizobiaceae.

### **2.5.3. Establecimiento de la simbiosis de *Bradyrhizobium* - Fabáceas**

Según estudios realizados en el cultivo de soya, se ha demostrado la eficacia de la bacteria *Bradyrhizobium*. Su gran importancia en los cultivos se debe a la capacidad de fijar entre el 55 al 90 % de nitrógeno en el suelo. Esta infección se da por medio de los pelos radiculares. Antes del ingreso de la bacteria en la raíz existe una multiplicación, esto se debe a la exudación de homoserina que se por la raíz, esta exudación es un estimulador del crecimiento de la población bacteriana. El nitrógeno que viene de la atmósfera es penetrado en el suelo hasta los nódulos de la raíz; sin embargo, el nitrógeno no se acumula en los nódulos, si esto ocurriera se produciría la autoinhibición del proceso. La nitrogenasa se encuentra presente solo en las leguminosas, entre ellas se encuentra la soya (Cruz, 2012).

El mismo autor menciona que, mediante microscopía electrónica se ha demostrado que la nitrogenasa está constituida por dos componentes: la molibdoferroproteína con un peso aproximadamente de 200,000 daltons y una ferroproteína con 60,000 daltons. El primero está compuesto de 4 átomos de azufre. Pero ninguno de los dos componentes puede actuar aisladamente sino se da por el ensamblaje de la operatividad de la reducción del nitrógeno. Aún cuando se da el proceso de simbiosis entre la soya y bacteria no es igual, durante el proceso *B. japonicum*este captura 10 veces su propio peso de nitrógeno por día, durante el ciclo este le concede 1 kg de nitrógeno y la soya le brinda un miligramo de carbohidratos.

#### **2.5.3.1. Aminoácido**

Entre los aminoácidos que expulsan las plantas se encuentra el triptófano que se convierte en ácido indolacético (AIA) gracias a la intervención de la bacteria *Bradyrhizobium*. Este proceso es de gran importancia debido a que el AIA favorece la infección ya que lleva consigo un crecimiento y engrosamiento del pelo radical.

#### **2.5.3.2. Atadura**

Antes de que se realice la infección existe un contacto íntimo entre *Bradyrhizobium* y el pelo radicular. El anclaje se da por medio de unas proteínas azucaradas que son segregadas por la planta, estas actúan como haptenos determinantes de antígenos bacterianos (Cruz, 2012).

#### **2.5.3.3. Infección**

La deformación de los pelos radicales es uno de los pasos primordiales para la infección. En este proceso intervienen las enzimas proteolíticas de pared, que son las encargadas de realizar la invasión. La infección crece centripetamente hacia la estela, pasando las células corticales (Cruz, 2012).

#### **2.5.3.4. Desarrollo del nódulo**

El mismo autor menciona que, para el desarrollo del nódulo, entre los primeros pasos que se da es la segregación de las fitohormonas como son las citoquininas y auxinas debido a las bacterias que inducen una proliferación celular. Existen otros factores de crecimiento que ocurren en el xilema. Otro de los procesos es la formación de la enzima nitrogenasa, pero el conocimiento de estos estadios es muy leve. En comparación con otras fabáceas, la soya presenta nódulos en forma redonda y su crecimiento es determinado, el tejido o meristema de crecimiento se ubica en forma radical.

### **2.6. Cultivo de soya (*Glycine max* L.)**

El ciclo productivo de soya (*Glycine max* L.), varía entre los 80 a 200 días aproximadamente, presentando una altura promedio de 2,0 m es una planta herbácea, anual y ramificada, posee características muy ventajosas, debido al alto contenido de proteína y lípidos, además sus elevadas concentraciones del aminoácido lisina, que es

limitado en la mayor parte de las proteínas de origen vegetal. Su semilla rica en proteínas con un 40 a 42% y el 20 a 22% en aceite (Mite y Amores, 1993).

### **2.6.1. Importancia de la soya en Ecuador.**

El Ecuador posee condiciones adecuadas para la producción del cultivo de soya, la principal provincia productora de esta especie es Los Ríos con el 95% de producción, debido al tipo de suelo en que se encuentran presentes, es una ventaja para la especie vegetativa, el aprovechamiento de la humedad de estos suelos para producir a gran escala, una cantidad que presenta un mayor rendimiento en esta provincia es de 2,16 t por hectárea. Los cantones que se destacan con un rendimiento superior a la media nacional son Baba y Vinces en Los Ríos y Urbina Jado en Guayas (Vergara, 2016).

Por su alto contenido proteínico y graso es esencial en la alimentación, característica esencial por el grado de nutrientes que contiene y más reciente los agricultores le han introducido en la preparación de insumos, como alimento para el ganado, sectores avícola y porcino. Se consume en su forma básica de gramínea en la dieta diaria y a nivel industrial la cuentan como insumos para la producir dulces, repostería y galletas.

### **2.6.2. Cultivo de soya inoculado.**

Mediante el uso del sustrato, se formará el inoculante para establecer la bacteria donde permitirá que la bacteria se multiplique, en el laboratorio se obtiene un polvo de color negruzco que se distribuye comercialmente en fundas selladas de diversa capacidad. Una práctica agrícola muy aceptada por los productores es la inoculación de semillas de soya con bacterias de *Bradyrhizobium*, con importantes incrementos de rendimiento. Estos inoculantes provienen de países que han realizado investigaciones sobre este género como EE. UU. y Argentina (Catuto, 2013).

Al cultivar la semilla inoculada en el área de producción se consigue que el *Rhizobium* llegue al suelo infectando inmediatamente a las raíces de *Glycine max* L., estimulando la formación de los nódulos en las plantaciones, transportándose la bacteria hasta el primordio, aquí es liberado el citoplasma de sus células envueltas por la membrana peribacteroide de origen vegetal. Sin embargo, en presencia de condiciones adversas como son la falta de humedad, temperaturas altas, con altos o bajos niveles de

nitrógeno, el establecimiento de la bacteria se dificulta perjudicando al proceso nodulativo.

## **2.7. Interacción planta – Bacteria.**

Existen varias etapas dentro del intercambio de señales entre *Rhizobium* y leguminosas, una de las primeras etapas es el crecimiento de las bacterias del género *Rhizobium* en la rizosfera de la planta huésped, donde se activarán los genes de nodulación por motivo de los exudados de la raíz, produciendo los factores de nodulación e infección de las células microbianas en la raíz, para dar paso a la inducción de la división celular en la planta para formar la simbiosoma donde proveerá el funcionamiento dentro del nódulo (Nápoles et al., 2015).

La excreción de metabolitos, flavonoides y chalconas que producen las leguminosas en la rizosfera son compuestos que darán la interacción con la bacteria, debido a que son señales inductoras de los genes Nod, este es primer nivel de especificidad que se da la interacción con la bacteria. Los genes de nodulación producen entonces una señal de retorno, donde el segundo nivel de la especificidad del hospedero constituye a los lipoquitinolisacáridos, comúnmente llamados Factores de nodulación o Factor Nod.

### **2.7.1. Infección.**

La infección empieza al momento que se forman los pelos radicales, es aquí el preámbulo de la infección, paso primordial en esta etapa que inicia con la acumulación de metabolitos en la bacteria, donde las enzimas proteolíticas intervienen en la pared, que se encargan de agrietar en la planta un orificio, lo que significa la entrada de la "invasión" (Catuto, 2013).

## **CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Metodología de investigación**

El desarrollo de este trabajo se efectuó mediante la búsqueda de información científica digital sobre el uso de *Bradyrhizobium* inoculado en el cultivo de soya, generando una base de datos.

#### **3.1.1. Método de investigación.**

Se planteó el método cualitativo para indagar sobre la interacción y funcionamiento mutualista que cumple la bacteria *Bradyrhizobium* en la leguminosa *Glycine max* L.

#### **3.1.2. Método cualitativo.**

Mediante la revisión bibliográfica se efectuó la búsqueda y análisis, que permitió obtener información de los resultados sobre la inoculación de *Bradyrhizobium* en soya.

#### **3.1.3. Fuentes de recopilación.**

Las fuentes utilizadas fueron las plataformas digitales, artículos científicos, libros y revistas científicas se recopiló información sobre el uso del género *Bradyrhizobium* en el cultivo de soya.

### **3.2. Metodología de análisis.**

De acuerdo a la recolección de información sobre el género *Bradyrhizobium* en la interacción planta-bacteria, se elaboraron tablas y gráficos comparando los resultados de varios autores durante los últimos 15 años.

### **3.3. Herramientas.**

- Equipos de oficina.
  - ✓ Computadora.
  - ✓ Libreta y esferográfico
- Herramientas de Microsoft office.
  - ✓ Word
  - ✓ Excel
- Plataforma de investigación
  - ✓ Google Academic.
  - ✓ Repositorios Digitales
  - ✓ Scielo.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

A continuación, se muestran los resultados encontrados de las diferentes bases de datos de artículos científicos, informes, manuales, etc, sobre la inoculación de *Bradyrhizobium* en el cultivo de soya.

### 4.1. *Uso de inoculante Bradyrhizobium en el cultivo de soya*

La Tabla 1 menciona los diez estudios realizados en varios países con el género *Bradyrhizobium* inoculado en soya, donde la especie más utilizada en campo abierto y laboratorio es *Bradyrhizobium japonicum*, cuyo efecto es el incremento del número de nódulos en las raíces; otros investigadores la utilizan la coinoculación con Hongos Micorrizicos, mencionando que las hifas captan con mayor facilidad ciertos nutrientes como calcio, potasio y fósforo. Sin embargo, el uso de otras bacterias como *Pseudomonas* spp. aumentan el número de vainas en el cultivo, por atribución de la formación de nódulos; en cambio, el género *Bacillus* aumenta la longitud de la raíz mejorando la nodulación. Mientras que la bacteria *Azospirillum* aumenta el tamaño de los nódulos.

La asociación simbiótica rizobio-leguminosa fija nitrógeno en el cultivo de soya, lo que permite mantener la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, beneficiando no solo los rendimientos del cultivo, sino también las condiciones físico químicas de los suelos cultivados (Palma, 2022).

Según las investigaciones analizadas, los estudios a mediano y largo plazo deben incorporar las interacciones con más microorganismos benéficos, por conocimiento estas bacterias promotoras de crecimientos contienen propiedades físicas, químicas y biológicas que se adaptan a diferentes tipos de suelos debido a su efectividad con el cultivo, priorizando la protección y restauración del suelo en ecosistemas agrícolas y forestales (Espinosa et al., 2022).

**Tabla 1.** Estudios realizados sobre la aplicación de *Bradyrhizobium* en diferentes países.

N.	TIPO	CONDICIONES	AÑO	PAÍS	TEMA	EFECTO			CITA
						Crecimiento	Producción	Nodulación	
1	Experimental	Campo abierto	2012	Etiopía	Evaluación de la coinoculación de <i>Bradyrhizobium japonicum</i> y <i>Pseudomonas</i> spp. Efecto sobre la soja ( <i>Glycine max</i> L.) en el área de Assossa.	El presente estudio indicó que la inoculación de <i>Bradyrhizobium japonicum</i> aumentó significativamente el número de nódulos, el volumen de nódulos por planta y el peso fresco de nódulos por planta en comparación con las plantas no inoculadas.			(Argaw, 2012)
2	Experimental	Laboratorio	2008	India	Mejora del crecimiento de las plantas de soja ( <i>Glycine max</i> L.) y nodulación por <i>Bradyrhizobium japonicum</i> -SB1 y <i>Bacillus thuringiensis</i> -KR1.	Coiniculacion de <i>Bacillus thuringiensis</i> -KR1 con <i>Bradyrhizobium japonicum</i> -SB1 resulto en aumento en números de nódulos, biomasa de la raíz, longitud de la raíz y brote de la biomasa en comparación con inoculados con <i>Bradyrhizobium japonicum</i> -SB1.			(Panka et al., 2009)
3	Experimental	Campo abierto	2021	Ecuador	Evaluación del crecimiento y nodulación de plantas de soja ( <i>Glycine max</i> L.), inoculadas con <i>Rhizobium</i> y <i>Bradyrhizobium japonicum</i> en Manglaralto, Santa Elena (Ecuador).	Presentaron diferencia significativa al contrario a los que no son inoculados. Presentaron diferencia significativa al contrario a los que no son inoculados En la variable de nodulación a los 30 y 60 DDG, los tratamientos destacados que lograron formar nódulos fueron el T7 (SSK + <i>Bradyrhizobium</i> Católica) y el T1 (INIAP 307+ <i>Bradyrhizobium</i> Católica), respectivamente.			(Soto et al., 2021)
4	Experimental	Campo abierto	2014	Ecuador	Importancia de la coinoculación de la bacteria <i>Bradyrhizobium japonicum</i> con Hongos Micorrizas Arbusculares en el cultivo de soja.	Se determinaron diferencias significativas.	No se determinó diferencias significativas.	Se determinó que el mayor rendimiento se obtuvo en Limoncito provincia de Santa Elena en el Tratamiento T5 (N, P, K) en la época lluviosa 2011 y el T4 ( <i>Bradyrhizobium</i> y Micorrizas nativas).	(Llerena y Castaño, 2014)
5	Experimental	Campo abierto	2019	Cuba	Respuesta de soja ( <i>Glycine max</i> L.) a la inoculación con <i>Azospirillum</i> y <i>Bradyrhizobium</i> .	No se determinó diferencia significativa.	Genera aspectos positivos en su rendimiento.	Se observó un aumento en el peso de los nódulos del 78,9 % en plantas inoculadas, conjuntamente con plantas inoculadas solamente con <i>Bradyrhizobium</i> .	(Casas et al., 2019)
6	Experimental	Invernadero	2014	Ecuador	<i>Bradyrhizobium liaoningense</i> sp. nov., aislado de los nódulos de la raíz de la soja.	Se detectó diferencia significativas dando como resultado positivamente en el desarrollo de las plantas.	No se determinó diferencias significativas.	La población de rizobios fue muy reducida y únicamente fueron infectivos, es decir formaron nódulos más no fueron efectivos.	(Xu et al., 1995)

7	Experimental	Invernadero y campo abierto.	2021	Ecuador	Efecto de la inoculación combinada de micorrizas y <i>Bradyrhizobium</i> en el crecimiento y absorción de nutrientes de la soja ( <i>Glycine max</i> L.).	El mayor rendimiento fue registrado en el tratamiento con hongo en la variedad INIAP-307.	Efectos positivos en el rendimiento bajo inoculación de bacteria y micorrizas.	Los tres tratamientos con inóculo (bacteria, hongo y bacteria con hongo) presentaron las mayores alturas de planta dentro de las dos variedades y superaron al testigo sin inóculo.	(Sabando y Bernal, 2021)
8	Experimental	Laboratorio	2016	Bulgaria	Comportamientos de crecimiento e infección competitivos de <i>Bradyrhizobium japonicum</i> y <i>Bradyrhizobium elkanii</i> en diferentes temperaturas.	No hubo diferencias significativas.	Las cepas afectaron significativamente e la longitud del brote y el peso de la raíz de la soja.	El número de nódulos no fue significativamente diferente entre las diferentes condiciones de temperatura.	(Hafiz et al., 2021)
9	Experimental	Campo abierto	2019	Cuba	Efecto de la aplicación de tres cepas de <i>Bradyrhizobium</i> en el desarrollo morfo agronómico de <i>Glycine max</i> L.	Presento diferencias significativas.	los tratamientos difirieron significativamente e inoculados.	Influye positivamente en el mejoramiento del proceso de fijación simbiótica y en el rendimiento del cultivo.	(Romero, 2019)
10	Experimental	Campo abierto	2013	Argentina	Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas.	Diferencias significativas entre los tratamientos.	Aportan un mayor rendimiento en los distintos factores evaluados.	Estimando el aporte de nitrógeno proveniente por FBN, el aporte de los nódulos por inoculación es del 22 al 52%.	(Paredes, 2013)

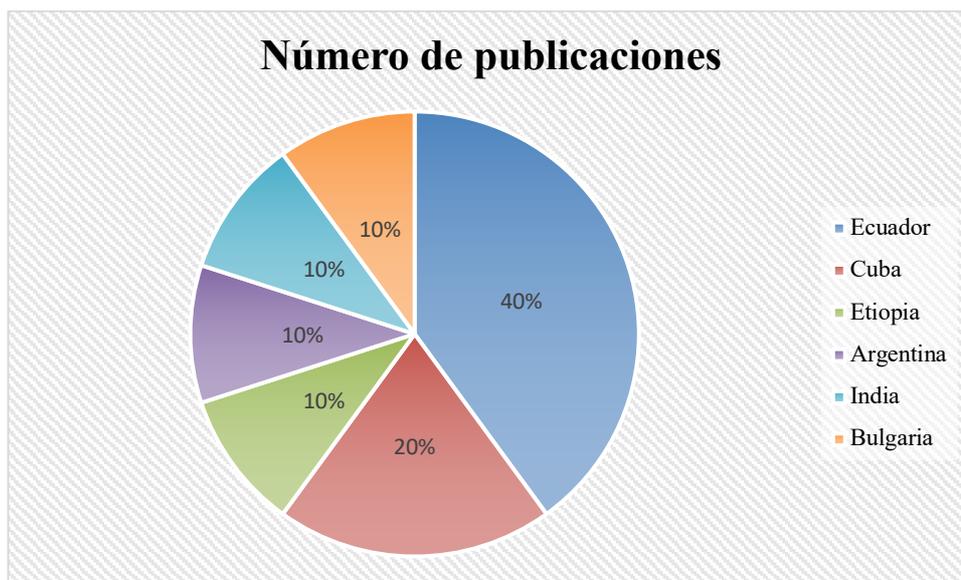
**Tabla 2.** Efectos de la asociación de microorganismo benéficos con *Bradyrhizobium* en el cultivo de soya.

Leguminosa	Asociaciones de microorganismos benéficos en la especie <i>Glycine max</i> L.					
<i>Glycine max</i> L.	<i>B. japonicum.</i>	<i>B. japonicum</i> / <i>Pseudomonas ssp</i>	<i>B. japonicum</i> / <i>Bacillus thurigiensis.</i>	<i>B. japonicum</i> / <i>HMA</i>	<i>B. japonicum</i> / <i>Azospirillum</i>	<i>B. elkanii</i>
Efectos	Transforman el N <sub>2</sub> atmosférico en compuestos nitrogenados disponibles para el crecimiento y desarrollo del vegetal un aumento del 50%	Absorción de nutrientes y la FBN.	Mejoró el crecimiento y la nodulación de la soja	Presentan un alto potencial para incrementar el rendimiento, fijación del nitrógeno	La coinoculación produjo un aumento del 11 %	Mejor crecimiento de <i>B. japonicum</i> a temperaturas más bajas y de <i>B. elkanii</i> a temperaturas más altas
Nodulación	Afecta positivamente a la nodulación y crecimiento de la soya	Mayor número de nodulación	Proporcionó el aumento más alto y constante en el número de nódulos	Promedio más alto de número de nódulos	Aumento de peso de nódulos del 78,9 %	Mientras que el número de nódulos no fue significativamente diferente entre las diferentes condiciones de temperatura
Crecimiento		Fue significativamente (P < 0,05) mayor que el control negativo y la parcela tratada con N solo.	Aumento de longitud de la raíz.	Presentan mayores alturas de planta superando al testigo sin inóculo.	No produjo cambios	No hubo diferencias significativas
Producción	Influye positivamente en el mejoramiento del proceso de fijación simbiótica y en el rendimiento del cultivo	Efecto positivo de la inoculación dual se observó claramente en el número de vainas por planta	Se efectuó bajo laboratorio en invitro	Efectos positivos en el rendimiento bajo inoculación de bacteria y micorrizas	Mejoró la nodulación y el rendimiento	Las cepas afectaron significativamente la longitud del brote y el peso de la raíz de la soja

La tabla 2 menciona los efectos de asociaciones microbianas entre el género *Bradyrhizobium* y la soya, donde se revelan cuatro características que se producen al momento de la inoculación con la bacteria, como el reconocimiento simbiótico, infección de la bacteria en la superficie radical, la formación de nódulos y el crecimiento del cultivo hasta la producción, revelando datos del rendimiento de la inoculación con bacterias en el cultivo de soya.

Acorde con las investigaciones científicas, los microorganismos benéficos son los principales actores claves para el mantenimiento y la recuperación de la calidad o rentabilidad del suelo, particularmente por el rol fundamental que proporcionan a los indicadores de perturbaciones o cambios en los ecosistemas agrícolas y forestales (Ávila et al., 2022).

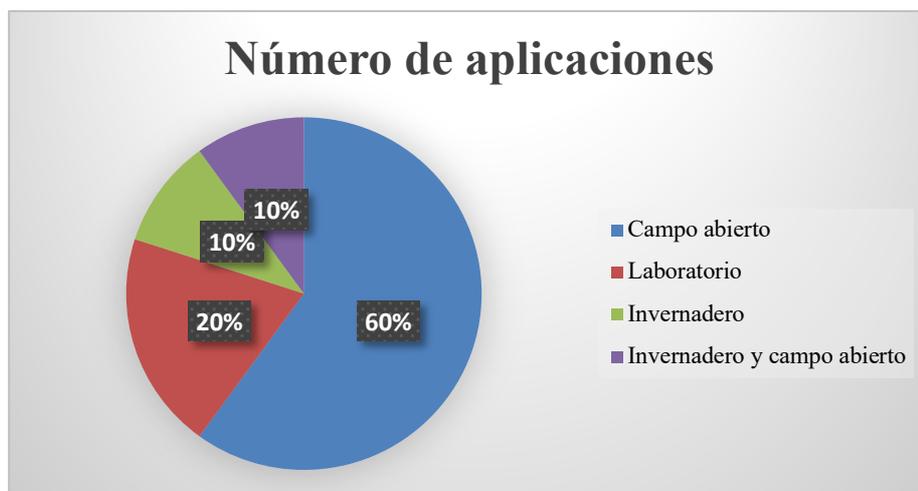
#### 4.2. Países con estudios de *Bradyrhizobium*



**Figura 1. Número de publicaciones por país.**

La figura 1, presenta los porcentajes del número de estudios realizados en diferentes países durante los 15 últimos años, en donde Ecuador aporta mayor investigación sobre el género *Bradyrhizobium* inoculados en el cultivo de soya, seguido de Cuba que muestra un porcentaje de estudios posicionándose en segundo lugar y por último se encuentran Etiopia, Argentina, India y Bulgaria realizando el 10% de análisis en de esta bacteria.

#### 4.3. **Porcentaje del número de aplicaciones dependiendo las condiciones**



**Figura 2. Número de aplicaciones de inóculos en diferentes condiciones.**

En la Figura 2, se observan los resultados obtenidos de la recopilación de datos, en donde se observan que las mayores investigaciones se las ha realizado a campo abierto en un 60%, seguido de los análisis realizados en laboratorio 20%, mientras que las de solo invernadero e invernadero y campo abierto se realizaron en 10 % para ambas.

Se puede señalar que, en las investigaciones realizadas a campo abierto, genera aspectos positivos al suelo y al material vegetativo, disminuyendo el uso de fertilizante, aumentando el rendimiento y producción del cultivo.

En este sentido, Palma (2022) coincide que, la asociación simbiótica de los rizobios con la soya, mantiene la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, generando aspectos positivos no solo al rendimiento del cultivo, sino también a las condiciones físico químicas de los suelos cultivados.

Así como también, Paredes (2013); Llerena y Castaño (2014); Romero (2019) y, Sabando y Bernal (2021) mencionan que *Bradyrhizobium* combinado con los Hongos Micorrizicos presentan un alto potencial dentro del rendimiento del cultivo de soya, debido al efecto de fijación de nitrógeno que ocasionan, estas cepas nativas pueden ser seleccionadas como una alternativa de biofertilizantes por su efectividad de rendimiento en el campo, donde muestran mejoras en las condiciones fisiológicas de las plantas debido al suministro de nitrógeno que se adquiere mediante la interacción

con *Bradyrhizobium*, mientras el segundo simbionte establece una red de hifas donde se solubilizaran elementos presentes en el suelo y transportara al cultivo, que a su vez cumple la función protectora contra microorganismos patógenos y que los biofertilizantes no degradan la capacidad productiva del suelo y regeneran la población microbiana.

Mientras que, Hafiz et al. (2021) indican que el crecimiento de los rizobios en la rizosfera se ve afectado por los diferentes niveles de temperatura en el suelo, la especie *Bradyrhizobium japonicum* manifiesta un crecimiento mayor a temperaturas bajas, mientras la especie *Bradyrhizobium elkanii* presenta un mejor crecimiento a temperaturas altas.

Por otra parte, Argaw (2012) aplicó la coinoculación de *Bradyrhizobium* y *Pseudomonas* reportando mayor absorción de nitrógeno y fósforo a diferencia de los fertilizantes que contienen estos elementos, mostrando un porcentaje mayor en rendimiento a comparación de los fertilizantes químicos, siendo un fertilizante biológico en la producción del cultivo soya.

A su vez, Casas et al. (2019) mencionan que la bacteria *Azospirillum brasilense* son capaces de colonizar las raíces de *Glycine max* L, tanto superficial como intercelular que dan formación a la matriz parenquimática donde facilitarían el intercambio entre bacteria y planta, mejorando el peso de las raíces y los nódulos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### ***Conclusiones***

Mediante la información encontrada sobre las investigaciones publicadas por varios autores, se realizó un análisis sobre el uso de microorganismos en el cultivo de soya, demostrando que hay mayor beneficio en cuanto a la co-inoculación con otras bacterias que favorecen al cultivo, tanto en rendimiento como sostenibilidad y rentabilidad de los suelos, evidenciando que el género *Bradyrhizobium* se adapta con mayor facilidad en el cultivo de soya y se asocia con mayor disposición con las otras bacterias benéficas. Además, forma un mayor número de nódulos e incrementa el rendimiento de la planta.

Se seleccionaron varios artículos y repositorios digitales, donde describen que la mayor asociación de leguminosas se realiza con la especie *B. japonicum*, aportando un 50% en crecimiento y producción, además de presentar un mayor porcentaje de nodulación.

De acuerdo con los documentos recopilados sobre *Bradyrhizobium* en el cultivo de soya en el Ecuador, se puede mencionar que estas bacterias aportan grandes beneficios en el cultivo, suelo y ambiente, disminuyendo el uso de fertilizantes químicos. Además de obtener una especificidad relativa que genera una alta probabilidad de obtener mayores porcentajes de producción.

### ***Recomendaciones***

- Se recomienda realizar investigaciones en nuestro medio, inoculando *Bradyrhizobium japonicum*, debido a que aportan mayores beneficios en el cultivo de soya.
- Se sugiere el uso de la coinoculación de *Bradyrhizobium* con hongos micorrízicos, debido a que genera los nutrientes principales que requieren las plantas de soya, además de asegurar un buen crecimiento y producción.
- Se recomienda la aplicación de *Bradyrhizobium* con otras bacterias PGPR, para generar mayor uso de todo el material vegetal como alimento para especies animales en cuanto a forraje.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Argaw, A., 2012. Evaluación de la coinoculación de *Bradyrhizobium japonicum* y *Pseudomonas* spp. Efecto sobre la soja (*Glycine max* L. (Merr.)) en el área de Assossa.. *Agro. Ciencia Tecnología*, Volumen 14, pp. 213-224.

Ávila, M., Gomez, N. & Armijos, P., 2022. *Microorganismos Benéficos en suelos de Ecosistemas Naturales del Ecuador*. Primera Edición ed. Loja: Departamento de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Técnica.

Baldomero, B., 2015. *Morfología Leguminosas*. [En línea] Available at: [http://www2.montes.upm.es/dptos/dsrn/SanMiguel/APUNTES\\_PRESENTACIONES/PASCICULTURA%20Y%20SAF/Benito/1.%20MORFOLOGIA%20LEGUMINOSAS.pdf](http://www2.montes.upm.es/dptos/dsrn/SanMiguel/APUNTES_PRESENTACIONES/PASCICULTURA%20Y%20SAF/Benito/1.%20MORFOLOGIA%20LEGUMINOSAS.pdf)

[Último acceso: 13 06 2022].

Casas, A. y otros, 2019. Repuesta de soja (*Glycine max* L.), a la inoculación con *Azospirillum* y *Bradyrhizobium*.. *Ediciones Inca, Cultivos tropicales.*, 40(1).

Catuto, A., 2013. *Efecto de Inoculación de Rhizobium en el Crecimiento y Nutrición de Plántulas de Soya, en la Zona de Manglaralto, Cantón SANTA ELENA.*, Santa Elena: Tesis de Grado.

CICEANA., 2007. *Ciclo del Nitrógeno.*, s.l.: GPL. Ghostscript.

Cruz, M., 2012. *Producción de Soya (Glycine max L.) con aplicación de Bradyrhizobium japonicum y Micorrizas arbusculares en la Granja Experimental Limoncito, provincia de Santa Elena*, Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Escobar, J., 2020. *Efecto de Inoculante Rizobium japonicum en el Crecimiento y Rendimiento del Cultivo de Soya (Glycine max L)*, Nicaragua : Desarrollo Agrario Integral y Sostenible.

Espinosa, J., Moreno, J. & Bernal, G., 2022. *Suelos del ECUADOR, Clasificación, uso y Manejo*. Primera Edición ed. Quito: Instituto Geografico Militar..

FAO, 2021. *Beneficios nutricionales de las Legumbres*, s.l.: Global Pulse Confederation .

Farre, R., 2010. Papel de la leguminosa en la alimentación actual. *Revista Española de nutrición humana y dietética*, 14(2), p. 76.

Graziano, J., 2016. *Legumbres: semillas nutritivas para un futuro sostenible..* Primera edición ed. USE: Síle O'Broin.

Hafiz, M., Salehin, A. & Itoh, K., 2021. Comportamientos competitivos de infección y crecimiento de *Bradyrhizobium japonicum* y *Bradyrhizobium elkanii* a diferentes temperaturas.. *Horticultura*, 41(7).

Llerena, A. y Castaño, R., 2014. Importancia de la coinoculación de la bacteria *Bradyrhizobium japonicum* con Hongos Micorrizas Arbusculares en el cultivo de soja. *Rev. Alternativas*, 15(1), pp. 3-9.

Mite, F. y Amores, F., 1993. *Inoculación Y Fertilización del Cultivo de Soja..* [En línea] Available at: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1578/1/Bolet%c3%adn%20t%c3%a9cnico%20N%c2%ba%2072.pdf>

[Último acceso: 5 06 2022].

Moreno, L., 2010. *Caracterización de las cepas ICA L9 e ICA J96, de bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno y pruebas de estabilidad de inoculantes elaborados para cultivos de soja y arveja.*, Bogota : Pontificia Universidad Javeriana.

Nápoles, M., Gómez, G. & Costales, D., 2015. FACTORES DE NODULACIÓN. EXPERIENCIA EN CUBA. *Cultivos Tropicales* , 29(2), pp. 71- 80.

Panka, K. y otros, 2009. Mejora del crecimiento de las plantas de soja (*Glycine max* L.) y nodulación por *Bradyrhizobium japonicum*-SB1 en presencia de *Bacillus thuringiensis*-KR1. *Tandfonline*, pp. 189-196.

Palma, Í., 2022. *Poblaciones de fijadores biológicos de nitrógeno en la producción del cultivo de soja en la zona de Los Ríos, Babahoyo - Los Ríos - Ecuador*: Universidad Técnica de Babahoyo.

Paredes, M., 2013. *Fijación biológica de nitrógeno en leguminosa y gramíneas*, Argentina: Universidad Católica Argentina.

Peña, C. y Arias, J., 2011. Las leguminosas amazónicas y su importancia en la recuperación de suelos. *Revista Colombiana Amazónica*, p. 12.

Peralta, E., 2017. *Cultivo, Fomento y Consumo de frijol*, Cañar - Ecuador: INIAP.

Peralta, J. y Esther., G., 2008. *Establecimiento de la Simbiosis*. [En línea] Available at: [https://www.unavarra.es/herbario/leguminosas/htm/simbiosis\\_L.htm](https://www.unavarra.es/herbario/leguminosas/htm/simbiosis_L.htm) [Último acceso: 04 06 2022].

Romero, A., 2019. Efecto de la aplicación de tres cepas de *Bradyrhizobium* en el desarrollo morfoagronómico de *Glycine max* L.. *Pastos y forrajes*, 42(4), pp. 290- 295.

Sabando, F. y Bernal, 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 ed. Guayaquil : Ecuador. : Editorial Grupo Compás.

Soto, J., Catuto, A. y Álvarez, M., 2021. Evaluación del crecimiento y nodulación de plantas de soya (*Glycine max* L.) inoculadas con *Rhizobium* y *Bradyrhizobium japonicum* en Manglaralto, Santa Elena (Ecuador). *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 8(2), pp. 27-32.

Valladolid, A., 2016. *Leguminosas de Grano*. Primera Edición ed. Perú: GALU GRAF S.A.C.

Vergara, N., 2016. *El cultivo de soya y su importancia para el Ecuador*. Guayaquil.: INNOVA Research Journal, ISSN 2477-9024.

Villón, K., 2017. *Comportamiento agronómico de genotipo de soya (Glycine max L.), provenientes de la variedad de INIAP 307 en manglaralto provincia de Santa Elena, La Libertad*: Universidad Estatal Península de Santa Elena.

XU, L. y otros, 1995. *Bradyrhizobium liaoningense* sp. nov., Isolated from the Root Nodules of Soybeans. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SYSTEMATIC BACTERIOLOGY*, 45(4), pp. 706- 711.