



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

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN DE CARÁCTER COMPLEXIVO  
MODALIDAD: "REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA"**

**ANÁLISIS DOCUMENTAL: USO DE INOCULANTES A  
BASE DE CONSORCIOS MICROBIANOS EN *Pisum sativum***

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**Autor:** Carla Elizabeth Veloz Camacho

**LA LIBERTAD, 2022**



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

**COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN DE CARÁCTER COMPLEXIVO  
MODALIDAD: “REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA”**

**ANÁLISIS DOCUMENTAL: USO DE INOCULANTES A  
BASE DE CONSORCIOS MICROBIANOS EN *Pisum Sativum***

Previo a la obtención del Título de:  
**INGENIERA AGROPECUARIA**

**Autor:** Carla Elizabeth Veloz Camacho

**Tutor:** Blgo. Javier Soto Valenzuela, MSc.

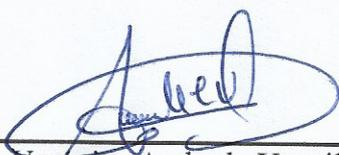
LA LIBERTAD, 2022

**UPSE**

## TRIBUNAL DE GRADO

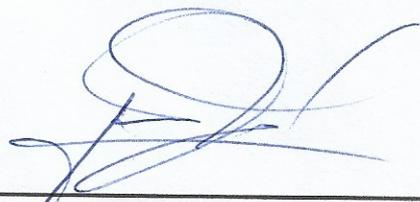
Componente práctico de examen complejo presentado por **CARLA ELIZABETH VELOZ CAMACHO** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniera Agropecuaria de la Carrera de Agropecuaria.

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



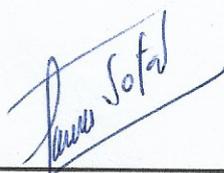
---

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



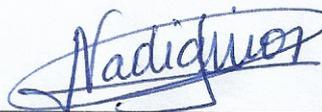
---

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**



---

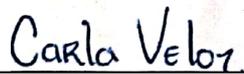
Lic. Ana Villalta Gómez, MSc.  
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO  
SECRETARIA**

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo Práctico de Examen de Grado de carácter complejo Titulado “ANÁLISIS DOCUMENTAL: USO DE INOCULANTES A BASE DE CONSORCIOS MICROBIANOS EN *Pisum sativum*” y elaborado por **Carla Elizabeth Veloz Camacho**, 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 presente trabajo da a conocer el análisis documental del uso de consorcios microbianos entre la bacteria *Rhizobium leguminosarum* y Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) inoculados en *Pisum sativum*. La recopilación de información se la realizó por medio de repositorios digitales, artículos, etc. Esta investigación recoge resultados de los últimos diez años en cinco países, incluido Ecuador, generando una base de datos que está compuesta por tipo de inoculante, año, país, título y efectos de crecimiento, producción y nodulación generados por el uso de bacterias y hongos micorrízicos.

El uso de consorcios microbianos genera aspectos positivos en las plantas y en la reducción del uso de fertilizantes. Lo cual implica el tipo de microorganismo que los conforman en bacteriano, fúngico y bacteriano-fúngico. La importancia de la relación bacteria - planta es ayudar en la fijación biológica de nitrógeno, mientras que hongos-plantas ayuda en la asimilación del fósforo en el suelo.

La asociación de HMA-planta-bacteria, es una de las alternativas que genera mayores aportaciones de nutrientes en la planta. Asegurando los dos nutrientes principales tales como N y P, generando beneficios en cuanto a mayor crecimiento, rendimiento, productividad, absorción de agua, mayor número de nódulos, absorción de nutrientes, biocontrol, inducción de resistencia sistémica (capacidad de la planta para defenderse de patógenos) y producción de reguladores de crecimiento.

**Palabras claves:** *Rhizobium Leguminosarum*, *Hongos Micorrízicos Arbusculares*, fijación biológica de nitrógeno, fijación del fósforo.

## ABSTRACT

This paper presents the documentary analysis of the use of microbial consortia between *Rhizobium leguminosarum* bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculated on *Pisum sativum*. The collection of information was done through digital repositories, articles, etc. This research gathers results from the last ten years in five countries, including Ecuador, generating a database that is composed by type of inoculant, year, country, title and effects of growth, production and nodulation generated by the use of bacteria and mycorrhizal fungi. The use of microbial consortia generates positive aspects in plants and in the reduction of fertilizer use. This implies the type of microorganisms that form them in bacterial, fungal and bacterial-fungal. The importance of the bacterial-plant relationship is to help in the biological fixation of nitrogen, while fungal-plant helps in the assimilation of phosphorus in the soil.

The AMF-plant-bacteria association is one of the alternatives that generates greater nutrient inputs in the plant. Ensuring the two main nutrients such as n and p, generating benefits in terms of increased growth, yield, productivity, water absorption, greater number of nodules, nutrient absorption, biocontrol, induction of systemic resistance (ability of the plant to defend itself against pathogens) and production of growth regulators.

**Key words:** *Rhizobium leguminosarum*, Arbuscular Mycorrhizal Fungi, biological nitrogen fixation, phosphorus fixation.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>Problema:</b> .....	<b>2</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>2</b>
<b>Objetivo general:</b> .....	<b>2</b>
<b>Objetivos Específicos:</b> .....	<b>2</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. Cultivo de Arveja</b> .....	<b>3</b>
2.1.1. Taxonomía .....	3
2.1.2. Morfología .....	3
<b>2.2. Inoculantes</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3. Consorcios microbianos</b> .....	<b>4</b>
2.3.1. Clasificación de los Consorcios Microbianos.....	4
2.3.2. Ventajas de la utilización de consorcios microbianos .....	4
<b>2.4. Beneficios de la aplicación de microorganismos en agricultura</b> .....	<b>5</b>
2.4.1. Absorción de nutrientes .....	5
2.4.2. Producción de reguladores de crecimiento .....	5
2.4.3. Biocontrol .....	6
2.4.4. Resistencia sistémica inducida.....	6
<b>2.5. Nitrógeno</b> .....	<b>6</b>
2.5.1. Ciclo de nitrógeno en sistemas agrícolas.....	6
2.5.2. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas.....	7
<b>2.6. Género Rhizobium</b> .....	<b>8</b>
2.6.1. Ecología de Rhizobium.....	8
2.6.2. Mecanismo químico de fijación biológica de nitrógeno por Rhizobium.....	8
<b>2.7. Hongos Micorrízicos arbusculares</b> .....	<b>9</b>
2.7.1. Beneficios para la planta .....	10
<b>3. MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1. Metodología</b> .....	<b>11</b>
3.1.1. Método de investigación.....	11
3.1.1.1. Método cualitativo.....	11
3.1.2. Fuentes de recopilación.....	11
3.1.3. Técnicas de análisis.....	11
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>4.1. Bacteria Rhizobium leguminosarum</b> .....	<b>12</b>

4.1.1.	Uso de inoculantes a base de la bacteria Rhizobium leguminosarum .....	12
4.1.2.	Países con mayor número de investigaciones de Rhizobium leguminosarum .....	13
4.1.3.	Otras leguminosas relacionadas con la bacteria Rhizobium leguminosarum.....	13
<b>4.2.</b>	<b>Hongos Micorrízicos Arbusculares .....</b>	<b>14</b>
4.2.1.	Uso de inoculantes a base del hongo .....	14
4.2.2.	Otras leguminosas relacionadas con Hongos Micorrízicos Arbusculares .....	15
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>18</b>
<b>Conclusiones .....</b>		<b>18</b>
<b>Recomendaciones .....</b>		<b>18</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>		<b>17</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>21</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1. Clasificación taxonómica .....</b>	<b>3</b>
--	----------

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ciclo del nitrógeno en diferentes formas en el suelo para ser asimilada por las plantas.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2. Países en donde se ha realizado investigaciones con Rhizobium leguminosarum en los últimos 10 años.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3. Otras leguminosas estudiadas con Rhizobium leguminosarum. ....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 4. Países en donde se ha realizado investigaciones con HMA en los últimos 10 años.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5. Otras leguminosas estudiadas con HMA. ....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6. Estudios realizados con consorcios microbianos.....</i>	<i>16</i>

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Tabla 2.** Recopilación de datos sobre el uso de consorcios microbianos.

**Tabla 3.** Otras leguminosas relacionadas con *Rhizobium leguminosarum*

**Tabla 4.** Recopilación de datos sobre el uso de HMA.

**Tabla 5.** Otras leguminosas relacionadas con HMA

## INTRODUCCIÓN

Las legumbres son semillas comestibles de plantas leguminosas, contienen una especial importancia económica y nutritiva por su presencia en la alimentación mundial. La importancia principal es por su elevado contenido en proteínas. También poseen una buena cantidad de minerales esenciales nutritivos, como hierro y calcio. Estas al combinarse con alimentos que contengan vitamina C, el gran contenido de hierro de las legumbres puede convertirlas en un alimento saludable para reabastecer las reservas de hierro (FAO, 2021).

Las leguminosas suelen ser cultivos sensibles a la aplicación de fertilizantes en línea de siembra, los cuales retrasan la emergencia, disminuyen el stand de plantas y perjudican el establecimiento de nódulos (Ferraris, 2015).

El cultivo de arveja (*Pisum sativum*) es parte integral de la seguridad alimentaria y soberanía de la población debido a sus propiedades nutritivas, ya que forma parte de su alimentación diaria y de los ingresos de su comercialización. Esta leguminosa posee un ciclo vegetativo corto en cuanto a siembra y en cosecha alrededor de 4 meses en tierno y 5 meses en seco. La arveja no solo se utiliza para la alimentación humana y animal, sino también en la parte agroindustrial, puede ser incluida en rotación de cultivos debido a que es una gran fijadora de nitrógeno atmosférico incorporándolo al suelo y sirviendo en sustentos nutricionales para otros cultivos (Chicaiza, 2017).

Actualmente, nuestro país se encuentra en un dilema por el alza de precios y mal uso de los productos químicos, lo cual genera preocupaciones y pérdidas para el agricultor, que a su vez disminuye la siembra y producción, ocasionando la escasez de productos. Sin embargo, esta problemática se podría considerar como una alternativa para la aplicación de consorcios microbianos.

El uso de consorcios microbianos en la producción generaría aspectos positivos como favorecer el crecimiento vegetal, absorción de nutrientes, protección de organismos patógenos, etc; lo que permitirá al agricultor ahorrar recursos como el uso de fertilizantes químicos, generando un crecimiento y desarrollo vegetal óptimo, mejorar las ganancias y producción de su cultivo.

Por tal motivo, esta investigación pretende realizar un análisis documental sobre estudios de aplicación de consorcios microbianos enfocados en *Pisum sativum*, como alternativa para obtener un buen desarrollo, crecimiento, producción del cultivo y minimizar los compuestos químicos en el suelo.

***Problema:***

Los consorcios microbianos generarían aspectos positivos en los cultivos. Sin embargo, existe una especificidad entre leguminosas-rizobios, ocasionando que no todas las bacterias generen simbiosis. Los consorcios microbianos son asociaciones de dos o más microorganismos, asumiendo las necesidades e incluso mayor producción vegetal.

***Objetivos***

***Objetivo general:***

- Realizar un análisis documental del uso de consorcios microbianos en *Pisum sativum*.

***Objetivos Específicos:***

- Indagar en bases de datos científicos, información relacionada al tema de consorcios microbianos.
- Seleccionar artículos científicos, repositorios, libros y archivos digitales sobre consorcios microbianos empleados en leguminosas.
- Recomendar los consorcios microbianos con mejores resultados en *Pisum sativum*.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. *Cultivo de Arveja*

Según Suquillo (2019), para el cultivo de arveja se ha establecido como centros de origen primarios a la región Mediterránea, Etiopía y Asia occidental y central. La FAO designó como centros de diversidad a Asia occidental y Etiopía, y ciertos puntos del sur Asia y la región Mediterráneo como centros secundarios. Asia occidental parece haber sido el primer punto del cultivo de arveja y se fue extendiendo por Europa, India y China.

#### 2.1.1. *Taxonomía*

El cultivo de arveja presenta la siguiente taxonomía (Tabla 2).

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Fabales
<b>Familia</b>	Fabaceae
<b>Tribu</b>	Fabeae
<b>Género</b>	<i>Pisum</i>
<b>Especie</b>	<i>sativum</i>
<b>Nombre científico</b>	<i>Pisum sativum</i>
<b>Nombre común</b>	Arveja, guisante, chícharo

Fuente: (Suquillo, 2019)

#### 2.1.2. *Morfología*

- Raíz: pivotante, con varias raíces secundarias y terciarias, presenta nódulos que poseen bacterias nitrificantes.
- Tallo: presenta tallos débiles, redondos o angulares y huecos, pueden ser de tipo enanos con una altura de 15 a 90 cm.
- Hojas: son compuestas y paripinnadas, presentan folíolos elípticos con margen entero.
- Inflorescencia: poseen inflorescencias axilares que contienen de una o más flores, que aparecen de forma escalonada.
- Fruto: son de color y forma variable dependiendo de las variedades. Su tamaño es de 5 a 10 cm de largo y poseen de 4 a 12 semillas.

- Semilla: pueden ser cúbicas, lisas rugosas o globulosas, en donde cada vaina posee de 4 a 12 semilla.

## **2.2. *Inoculantes***

Se entiende como inoculante aquel producto biológico que posibilita la introducción de microorganismos, con diversas funciones fisiológicas que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas. El inoculante posee diferentes presentaciones tanto en líquido como en sólido, empleando sustratos como: carbón activado, turba, aceites y otros componentes orgánicos e inorgánicos (Caron, 2015).

## **2.3. *Consortios microbianos***

Se lo define como una asociación de microorganismos que conforman dos o más miembros que interactúan entre sí. Los microorganismos que forman los consorcios son: bacterias, hongos arqueas, algas y virus; originando interacciones que potencian su actividad: división sinérgica de recursos, comensalismo con estimulación de crecimiento microbiano, remoción de sustancias inhibitoras o tóxicas, antagonismo que promueve la producción de metabolitos benéficos y forman vías de biotransformación (Morocho, 2020).

### **2.3.1. *Clasificación de los Consortios Microbianos***

Estos se clasifican dependiendo del tipo de microorganismos que los conforman: bacteriano, fúngico y bacteriano-fúngico. Se han establecidos vínculos entre bacterias promotoras de crecimiento vegetal PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria), bacterias fijadoras de nitrógeno, HMA y agentes controladores biológicos. También se realizan combinaciones entre sí, por ejemplo, consorcio entre HMA y bacterias fijadoras de nitrógeno como *Rhizobium* spp. Otra manera de clasificación es de acuerdo con la función que cumplen en la agricultura como: fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, control de patógenos (bacterias, hongos, nematodos, insectos y virus) y promotores de crecimiento vegetal (Morocho, 2020).

### **2.3.2. *Ventajas de la utilización de consorcios microbianos***

Una de las ventajas de los consorcios microbianos es que desempeñan funciones complicadas que poblaciones individuales no podrían, además la vida en asociaciones puede llegar a generar mayores resistencias a las fluctuaciones del ambiente y favorecer la

estabilidad de los miembros en el tiempo. Estos rasgos dependen de las características como los miembros de un consorcio se comunican el uno al otro, dependiendo si es por intercambio de sustancias o por señales moleculares, cada población es apta para detectar y responder la presencia de otros dentro del consorcio, generando un control positivo o negativo en crecimiento y metabolismo, por lo tanto, esta comunicación facilita la segunda ventaja que es la división del trabajo (Moreno, 2017).

## **2.4. Beneficios de la aplicación de microorganismos en agricultura**

Según Morocho (2020), los beneficios de la aplicación de microorganismos en plantas son: mejor absorción de nutrientes, biocontrol, inducción de resistencia sistémicas, producción de reguladores de crecimiento, etc.

### **2.4.1. Absorción de nutrientes**

Dentro de la agricultura convencional se utilizan grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados, que representan un 50% de costos de producción, sin embargo, el 50 a 60 % se pierde por lixiviación y volatilización. El fósforo y nitrógenos lixiviados contribuyen a la eutrofización de ambientes acuáticos, con perjuicios al organismo que habita en dicho lugar. La aplicación de consorcios microbianos que empleen bacterias fijadoras de N<sub>2</sub> ayudan a reducir o hasta incluso eliminar el uso de fertilizantes nitrogenados. Estas bacterias pueden ser nodulantes como las *Rhizobium* o las de vida libre que son *Azospirillum* y *Azobacter*.

El segundo elemento limitante dentro de la producción agrícola y que encarece los costos de producción es el fósforo. Aunque exista gran cantidad de fósforo de manera de fosfato en el suelo entre 400-1200 mg kg<sup>-1</sup> (mg kg<sup>-1</sup>), solamente 1 ppm está disponible para las plantas. De ciertos fertilizantes fosforados que son añadidos al suelo solo el 70 a 90% se convierte de manera insoluble lo que hace que la planta no pueda absorber. La absorción del fósforo se puede mejorar con el uso de microorganismos tales como micorrizas y bacterias solubilizadores de fosfato pertenecientes al género *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Rhizobium*.

### **2.4.2. Producción de reguladores de crecimiento**

Las fitohormonas o reguladores de crecimiento son aquellas hormonas que ayudan a regular el desarrollo de la planta, entre las principales tenemos: auxinas citoquininas, giberelinas, etileno ácido abscísico. Solo el 90% de los microorganismos que se encuentran en la rizosfera originan fitohormonas. La auxina es la principal fitohormona que regula el

crecimiento en la rizosfera promoviendo el desarrollo radicular. Los microorganismos también producen giberelinas, principalmente GA1 y 30 compuestos pertenecientes a la familia de las citoquininas (Isopenteniladenina, Zeatina, Kinetina, Isopenteniladenosina, entre otros) que ayudan en la estimulación de la división celular. Los encargados de mantener bajo el nivel de etileno y evitan la inhibición del crecimiento radicular que ocasiona exceso son los microorganismos.

#### **2.4.3. Biocontrol**

Durante el crecimiento y desarrollo los cultivos son afectados por plagas y enfermedades, donde se realiza un control con plaguicidas químicos lo cual generan efectos negativos en el medio ambiente y salud de las personas. Un biocontrol es un proceso en donde macroorganismos benéficos son desfavorables para la actividad o supervivencia de microorganismos patógenos de la planta. Dentro de los mecanismos de biocontrol se consideran lo siguiente: competencia por nutrientes y espacio, antibiosis, antagonismo, producción de sideróforos, entre otros. Para los microorganismos utilizados dentro del control biológico se destacan a los siguiente: *Trichoderma spp.*, *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana* (Morocho, 2020).

#### **2.4.4. Resistencia sistémica inducida**

Es la capacidad de la planta para la defensa contra patógenos. Ciertos microorganismos incitan a la resistencia sistémica mediante compuestos microbianos, moléculas y metabolitos antifúngicos, entre estos se destacan las *Pseudomonas fluorescens* y *Rhizobium spp.*

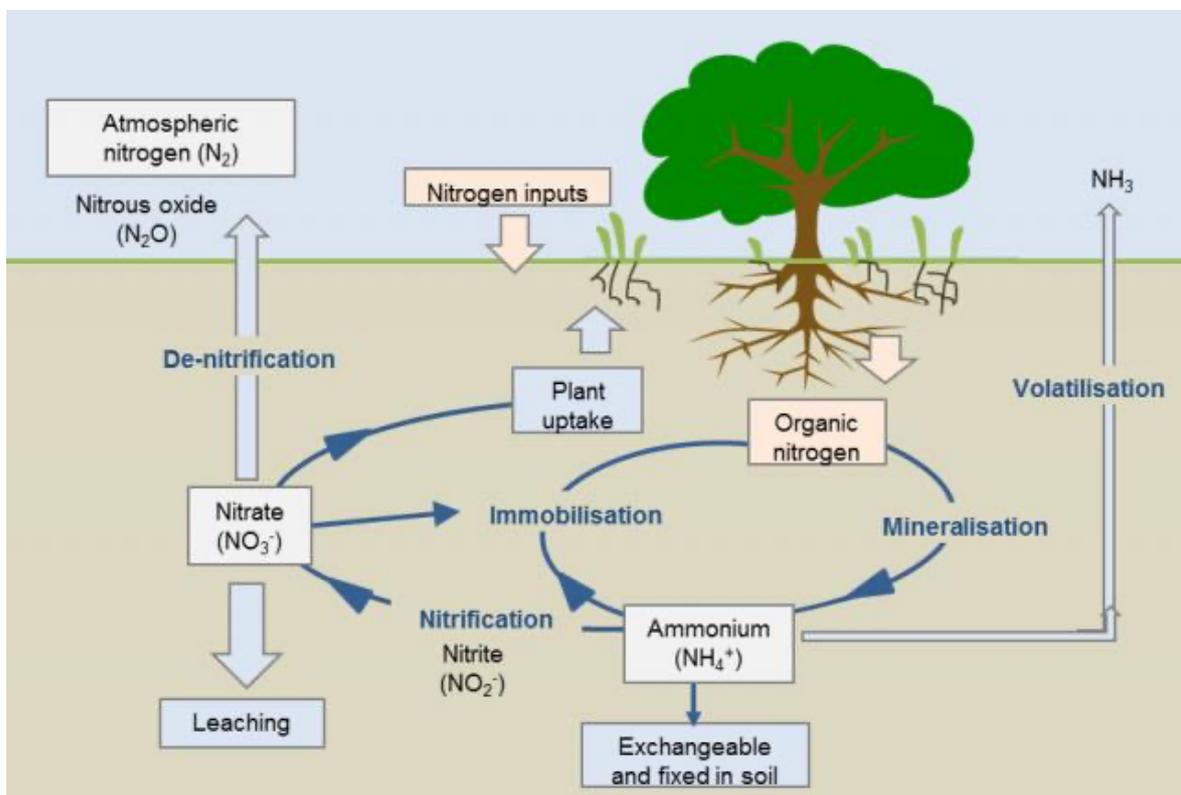
### **2.5. Nitrógeno**

#### **2.5.1. Ciclo de nitrógeno en sistemas agrícolas.**

Según Jiménez (2022), la atmósfera es considerada como reservorio de nitrógeno, en donde es removido por acciones de descargas eléctricas, y la fijación de N es originado por bacterias y algas. En las acciones de descargas eléctricas, grandes cantidades de nitrógeno son oxidadas a  $N_2O_5$ , que al momento de unirse con agua producen el ácido nítrico y es trasladado al suelo por medio de las lluvias.

Los compuestos de ácido nítrico son liberados por los seres vivos, en forma de productos de desechos tales como la orina y las heces, estos contienen altas cantidades de nitrógeno orgánico que es convertido en mayor parte en amonio debido a acciones de las bacterias

saprófitas mediante condiciones que pueden ser aeróbicas o anaeróbicas. Sin embargo una cierta cantidad de N no es digerible y forma parte del humos, el amonio que es liberado en este proceso puede ser aprovechados por la plantas, en caso de que exista una cantidad de amonio liberado, ese exceso es utilizado por las bacterias nitrificantes autótrofas del grupo Nitrosomas que lo convierten en nitritos, estos nitritos son oxidados a nitratos por medio de las bacterias Nitrobacter, los nitratos pueden ser usado como fertilizantes para las plantas y lo que es producido en exceso son llevados al agua por medio de la percolación en los suelos, otra parte por medio del proceso de desnitrificación se convierte en gas nitrógeno y regresa a la atmósfera otra parte por el proceso de desnitrificación que se convierte en gas nitrógeno ( $N_2$ ) y regresa a la atmosfera.



**Figura 1.** Ciclo del Nitrógeno en diferentes formas en el suelo para ser asimilada por las plantas (Jiménez, 2022).

### 2.5.2. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas

Para García (2015), las rizobiaceas son un grupo heterogéneo de bacterias que se dividen en cuatro familias: Rhizobiaceae, Phyllobacteriaceae, Hyphomicrobiaceae y Bradyrhizobiaceae. No todos son capaces de efectuar el proceso de fijación biológica de

nitrógeno como es el caso de *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Meshorizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium* y *Allorhizobium*.

El mismo autor menciona que, para la formación de nódulos, la planta y la bacteria realizan un mutualismo, en caso de no cumplir las condiciones establecidas, generará aspectos negativos en la formación de los mismos. El mutualismo incluye lo siguiente:

- ❖ Intercambio de señales químicas entre la planta y el microorganismo.
- ❖ Activación del ciclo celular en células del córtex e iniciación del nuevo órgano en la planta.
- ❖ Infección por parte de la bacteria, formación del canal de infección e invasión de los tejidos recién formados.
- ❖ Diferenciación de la bacteria a forma especializada.

Según Crespo (2012), las rizobiáceas no son capaces de generar un ambiente anaerobio o microaerobio, para realizar la fijación de nitrógeno por ellas mismas, en comparación a las cianobacterias y bacterias que pertenecen al género *Frankia*.

## **2.6. Género *Rhizobium***

### **2.6.1. Ecología de *Rhizobium***

El género *Rhizobium* está dividido en dos grupos:

**Grupo I:** de crecimiento rápido, productoras de ácido, contienen de dos a seis flagelos.

Este grupo está compuesto por: *Rhizobium leguminosarum*, *R. phaseoli*, *R. trifolii*, *R. meliloti*.

**Grupo II:** de crecimiento lento, son productores de bases, poseen flagelos. Está compuesta por: *R. japonicum* y *R. lupini*

### **2.6.2. Mecanismo químico de fijación biológica de nitrógeno por *Rhizobium*.**

Para Jara (2015), el proceso de fijación biológica de nitrógeno es utilizado por diferentes géneros bacterianos para la naturaleza. El beneficio de estas se da cuando las bacterias mueren y liberan el nitrógeno al suelo o cuando existe una asociación bacteria-planta. Existe una amplia gama de organismos y asociaciones vegetales capaces de fijar nitrógeno de la atmósfera, la relación simbiótica entre rizobios y leguminosas, es la responsable de aportar la mayor cantidad de nitrógeno fijado en especies agrícolas.

La FBN es un proceso en donde el  $N_2$  es convertido en amonio, siendo la única forma en que los organismos puedan adquirirlo de la atmósfera. El nitrógeno es uno de los principales componentes de la atmósfera (80%) siendo esta su mayor reservorio ambiental. El 60% de nitrógeno total se debe a la FBN, mientras que el 30% es generado por el proceso industrial de Haber-Bosh y el 10% se da por procesos no biológicos realizado en la atmósfera.

Estos organismos son procariontes, contienen el complejo enzimático nitrogenasa, es decir, son los responsables de convertir el nitrógeno atmosférico en amonio. Este complejo nitrogenasa está formado por 2 componentes proteicos: la dinitrogenasa que es aquella proteína que contiene hierro y molibdeno, y dinitrogenasa reductasa que es una proteína compuesta solamente por hierro.

Menciona que solo las leguminosas son capaces captar el nitrógeno en forma de amonio para la síntesis de compuestos nitrogenados como es el caso de los aminoácidos. Cuando se realiza la simbiosis de Rhizobium-planta se forman nódulos, en donde las bacterias fijan el nitrógeno atmosférico que le proporcionan a la planta. Por tal motivo, las leguminosas con presencia de estas bacterias simbióticas pueden crecer en suelos que no poseen altas cantidades de nitrato (Borbor, 2013).

## **2.7. *Hongos Micorrízicos arbusculares***

Para Sánchez (2015), los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son organismos simbióticos que se encuentran en gran cantidad en el subsuelo. Ciertas cantidades de vegetación mundial sus raíces están asociadas con HMA: el 83% dicotiledóneas, el 79% monocotiledóneas y las que pertenecen al grupo de gimnospermas forman asociaciones micorrízicas regularmente.

Los HMA poseen hifas que son filamentos tubulares y micelio el conjunto de hifas que forman el cuerpo de los hongos. Una de las características principales son los arbusculos, que son estructuras típicas de la colonización, que es desarrollado por el hongo en el interior de las células de la corteza de la raíz, por medio de las ramificaciones dicotómica repetida de sus hifas. Los MA son de mayor importancia que los del de colonización y a la cantidad de especies vegetales y fúngicas implicadas.

Las plantas, a través de sus raíces presentan una adquisición directa de minerales, sin embargo, es de importancia recalcar que este proceso puede llegar a ser modificado por la asociación de HMA con el sistema radical. Los HMA poseen un vínculo entre las raíces de las plantas y el suelo generando un intercambio de nutrientes como el fosfato y la absorción del agua para la planta. Así mismo los HMA adquieren carbohidratos de las plantas.

La simbiosis mutualista genera la mejora en productividad de la planta y la resistencia al estrés, lleva a cabo una transferencia bidireccional de nutrientes y genera una absorción de iones del suelo relativamente inmóviles como P, K, Ca, S, Fe, Zn, Cu y Mn, así como también un incremento de absorción y transporte de N.

#### ***2.7.1. Beneficios para la planta***

Las micorrizas aportan varios beneficios para las plantas, ayudan a que el estrés hídrico sea eficiente, facilita la absorción de agua, mejora la asimilación de nutrientes, crecimiento y desarrollo, en el caso de agentes patógenos facilita su adaptación a los suelos salinos, limita la absorción de los metales, ayuda a aumentar la retención de humedad. Estas aportaciones benéficas hacen que la planta se adapte al medio y puedan competir con otras plantas que no poseen micorrizas (Montenegro, 2021).

### **3. MÉTODOS**

#### **3.1. Metodología**

Para llevar a cabo el siguiente trabajo, se realizó una investigación bibliográfica, recolectando información de diferentes artículos encontrados en las bases de datos y repositorios de varias universidades donde se describen trabajos sobre la aplicación de consorcios microbianos.

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

Para la búsqueda de investigación se utilizó el método cualitativo.

###### **3.1.1.1. Método cualitativo**

Este método fue empleado para la recolección y análisis de información en la revisión bibliográfica.

##### **3.1.2. Fuentes de recopilación**

Para la recolección y análisis de información se revisaron artículos científicos, repositorios, libros y archivos digitales.

##### **3.1.3. Técnicas de análisis**

Una vez que se revisó la información sobre consorcios microbianos se elaboraron tablas y gráficos, que permitieron resumir la información planteada por los diferentes autores en los últimos 10 años.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación, se detalla la información adquirida de los diferentes repositorios digitales sobre inoculación de consorcios microbianos (bacteria *Rhizobium leguminosarum* y HMA) en el cultivo de arveja. El uso de bacterias y hongos en el cultivo genera aspectos positivos en el suelo y cultivo, ocasionando mayor número de nodulación, rendimiento y producción.

### **4.1. Bacteria *Rhizobium leguminosarum***

#### **4.1.1. Uso de inoculantes a base de la bacteria *Rhizobium leguminosarum***

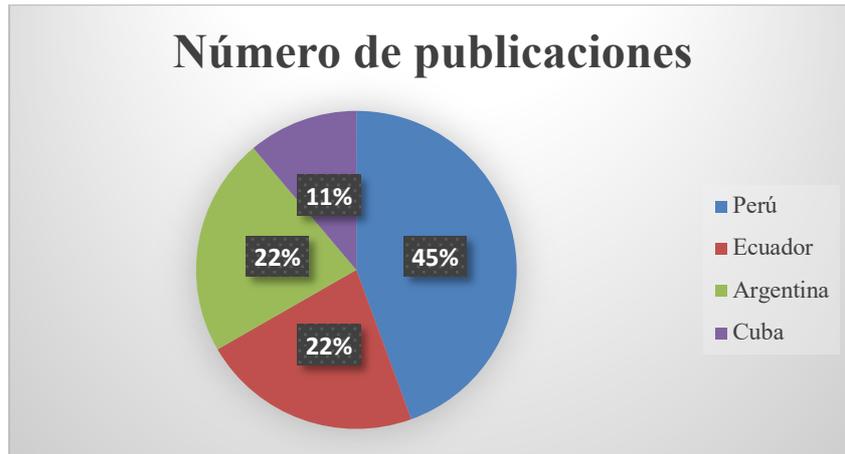
La recopilación y análisis de artículos científicos, repositorios, libros y archivos digitales sobre el uso de inoculantes a base de *Rhizobium leguminosarum* se muestran en el Anexo 1 (Tabla 2), en donde está categorizada por tipo de inoculante (experimental o comercial), condiciones, país, tema y efectos. Los documentos fueron recopilados de los últimos 10 años.

De acuerdo con la información encontrada, la bacteria *Rhizobium leguminosarum* aporta beneficios a la planta de arveja, siempre y cuando se realice un control en donde no afecten los factores ambientales. Estas bacterias aportan aspectos positivos tales como: mayor fijación de nitrógeno, mayor número de nódulos, absorción de nutrientes y agua, mayor rendimiento y producción.

El uso de la *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* provoca la síntesis y excreción de diferentes compuestos por la bacteria, lo que genera mayor nodulación y rendimiento en el cultivo de arveja. A su vez genera mejor simbiosis garantizando altos niveles de fijación de N (Nápoles, et al., 2021).

#### 4.1.2. Países con mayor número de investigaciones de *Rhizobium leguminosarum*

A continuación, en la Figura 2 se muestran los países con mayor número de estudios según los documentos recopilados, en donde se observa que Perú realiza investigaciones en bacterias benéficas para evaluar el efecto en cultivos de arveja, seguido de Ecuador y Argentina en segundo posición y Cuba en tercer lugar



**Figura 2.** Países en donde se ha realizado investigaciones con *Rhizobium leguminosarum* en los últimos 10 años.

#### 4.1.3. Otras leguminosas relacionadas con la bacteria *Rhizobium leguminosarum*

Se han realizado estudios con otros tipos de leguminosas inoculados con *Rhizobium leguminosarum*, encontrando 7 géneros en los que la bacteria tiene relación con estas plantas.

En la Figura 3, se describen los resultados de la bacteria *Rhizobium leguminosarum* inoculada en varias leguminosas hospedadoras de regiones tropicales con las que ha realizado la asociación simbiótica. Destacando que el mayor número de investigación encontrada fue *R. leguminosarum-Phaseolus vulgaris* (frejol).



**Figura 3.** Otras leguminosas estudiadas con *Rhizobium leguminosarum*.

## 4.2. Hongos Micorrízicos Arbusculares

### 4.2.1. Uso de inoculantes a base del hongo

Los resultados de la recopilación de documentos sobre el uso de Hongos Micorrízicos Arbusculares en el cultivo de arveja, se muestra en el Anexo 3 (Tabla 4), donde la tabla está categorizada por el tipo de inoculante utilizado (experimental o comercial), las condiciones, país, tema y efectos. Los documentos fueron recopilados de los últimos 10 años.

De acuerdo con los documentos recopilados, los HMA brindan aspectos positivos a las plantas, acorde a las condiciones óptimas, debido a que existen factores que alteran o intervienen en el crecimiento. Los aspectos positivos que generan son mayor absorción de agua y nutriente, mayores rendimientos, producción y crecimiento, altos niveles de fijación de fósforo.

Las arvejas cultivadas con HMA bajo condiciones óptimas, presentaron rendimientos superiores al 46% con respecto al tratamiento control (Romero, 2015).



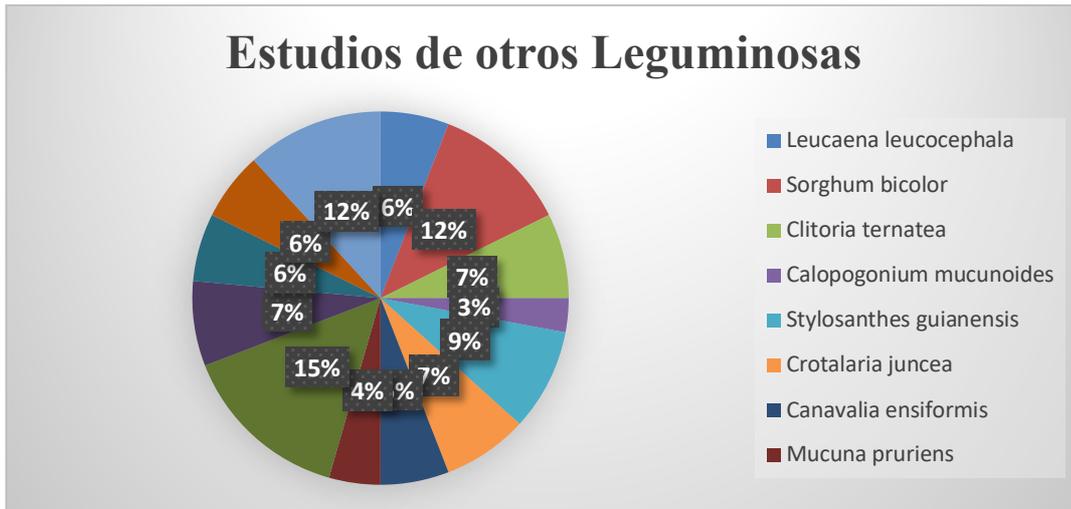
**Figura 4.** Países en donde se ha realizado investigaciones con HMA en los últimos 10 años.

En la Figura 4, se muestran los países con mayor número de estudios según los documentos recopilados, en donde se observa que India ocupa el primer lugar en realizar investigaciones en hongos benéficos para evaluar el efecto en cultivos de arveja, seguido de Colombia y Canadá con el mismo porcentaje de investigación durante los últimos 10 años.

#### **4.2.2. Otras leguminosas relacionadas con Hongos Micorrízicos Arbusculares**

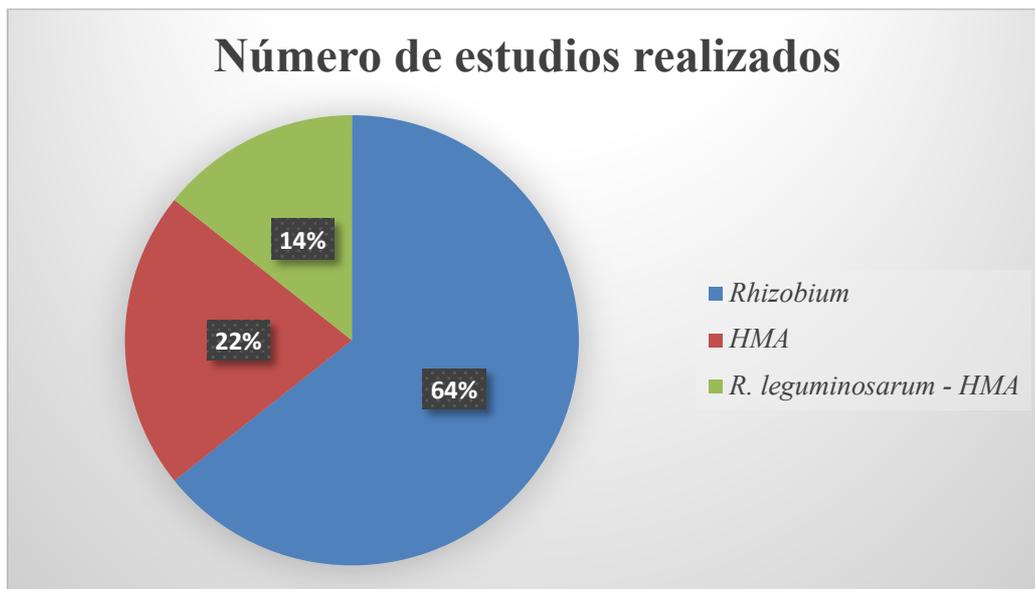
De acuerdo con las investigaciones realizadas existen 8 especies de leguminosas que se asocian a los Hongos Micorrízicos Arbusculares.

En la Figura 5, se muestran otras especies que han sido utilizadas para estudios con Hongos Micorrízicos Arbusculares. Destacando que el mayor número de investigación encontrada fue HMA-*Phaseolus vulgaris*.



**Figura 5.** Otras leguminosas estudiadas con HMA.

### Simbiosis *Rhizobium* – HMA – leguminosas



**Figura 6.** Estudios realizados con consorcios microbianos.

En la figura 6, se muestran los resultados de los documentos recopilados, en donde el 64 % representan a estudios realizados con *Rhizobium*, seguido de HMA con el 22% de investigaciones relacionadas a *Pisum sativum* y por último se encuentran la coinoculación de *R. leguminosarum* – HMA con un 14 %.

El uso de los consorcios HMA y *Rhizobium* como co-inoculación en el cultivo de arveja, es beneficioso para la planta y el suelo, debido a que ya no se utilizarían fertilizantes que afecten

la microfauna del suelo, y en el caso de la planta se cubren los requerimientos de fósforo y nitrógeno que mejoran el crecimiento, rendimiento y la productividad. Así como también, la absorción de nutrientes y agua; así como la formación de nódulos, indicando que, a mayor formación de nódulos, mayor rendimiento de la producción.

El consorcio *Rhizobium*-HMA-leguminosa es de gran importancia en el ámbito agronómico, ya que cubre los requerimientos de N y P que requiere la planta, mejorando el desarrollo de nódulos y la fijación de nitrógeno, incrementan el rendimiento del cultivo y la eficacia al uso de fertilizantes naturales. Al incrementar la absorción de fósforo por la micorriza, mejora el desarrollo radical, crecimiento de la planta y acelera la maduración de las cosechas. Esta asociación de microorganismos es de importancia para las leguminosas, debido a que la micorriza le suministra el fósforo necesario para el desarrollo y la fijación biológica de la planta (Tomayo, 2014).

Las leguminosas relacionadas en la co-inoculación de *Rhizobium* y micorrizas contienen un porcentaje mayor de carbono, fósforo, nitrógeno y materia seca superiores a leguminosas inoculadas con *Rhizobium* (Tomayo, 2014).

La inoculación dual de AMF y la aplicación de *Rhizobium* mejora el crecimiento, absorción de nutrientes y fijación biológica de N, y el efecto es significativamente mayor bajo P aplicación de fertilizantes (Shinde & Jaya, 2016).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### *Conclusiones*

- Se realizó la búsqueda de información sobre el uso de consorcios microbianos en el cultivo de arveja, aplicados como una alternativa para la disminución de fertilizantes químicos y generar beneficios en el crecimiento y producción. Confirmando que el uso de hongos y bacterias aseguran la fijación biológica de nitrógeno y la asimilación del fósforo.
- Se seleccionaron varios documentos digitales para la elaboración de una base de datos conformada con la información recopilada, registrando los lugares donde se realizó la investigación, durante los últimos 10 años y sus efectos en las leguminosas hospederas.
- Se generaron tablas de datos y gráficos con varias leguminosas analizadas durante las investigaciones sobre el beneficio de la aplicación de inoculantes a base de hongos y bacterias benéficas.
- Finalmente, se concluye que la aplicación de consorcios microbianos puede ser utilizado para los cultivos que requieran de la asimilación óptima de nitrógeno y fósforo, siendo también importante resaltar que minimizan el uso de fertilizantes químicos que causan daño al suelo y al ambiente.

### *Recomendaciones*

- De acuerdo con los estudios realizados, se recomienda el uso del consorcio microbiano *Rhizobium leguminosarum*, debido a que se encontraron mayor número de investigaciones asociadas a la leguminosa *Pisum sativum*, generando mejores efectos en su crecimiento y producción.
- Se sugiere el uso de coinoculación de bacteria y hongos, debido a que aseguran los requerimientos nutricionales de nitrógeno y fósforo.
- Se recomienda el uso de consorcios microbianos para minimizar el uso de fertilizantes químicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ayare, K. S. & Golatkar, V., 2015. Effect of Arbuscular Mycorrhizal interactions on chlorophyll content and per cent productivity of *Pisum sativum* L.. *Int. J. of Life Sciences, Special Issue A5*, Issue 27 – 31.

Biondoni, E., 2018. *Competencia por ocupación nodular de cepas introducidas de Rhizobium leguminosarum y su influencia en la producción del cultivo de arveja (Pisum sativum L.)*, Argentina: Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

Biswaray, A., 2015. *Effects of co-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and Rhizobium on the tripartite association with field Pea (Pisum sativum) and Lentil (Lens culinaris) under saskatchewan field conditions*, Canadá: University of Saskatchewan.

Borbor, G., 2013. *Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con Rhizobium sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena, La Libertad: UPSE*. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2245/1/UPSE-TIA-2015-028.pdf>

Camasca, A., García - Blasquez, M. & Quispe, E., 2018. *Abonamiento orgánico e inoculación en el rendimiento de variedades de arveja (Pisum sativum L.)*, Perú: Universidad Nacional De San Cristobal de Huamanga.

Caron, T., 2015. *Evaluación de la especificidad entre plantas e inóculos comerciales de micorrizas para el desarrollo y producción de arveja (Pisum sativum L.)*, Bogotá - Colombia: Cooperación Universitaria Minuto de Dios.

Casa, B., 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., Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

Castro, R., 2012. *Respuesta a la inoculación con tres dosis de Rhizobium en el cultivo de arveja variedad Rogger Temprana.*, Ibarra: Universidad Técnica Del Norte.

Chicaiza, J., 2017. *Evaluación de un biocatalizador con tres niveles de fertilización, en la producción de arveja (Pisum sativum) de crecimiento indeterminado var. San Isidro, en la Granja Experimental Docente Querochaca.*, Cevallos Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Crespo, L., 2012. *Identificación y caracterización de Rhizobium nativo para la producción de biofertilizantes en la provincia de Santa Elena, La Libertad - Ecuador: UPSE.* Available at:

<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/1870/1/CRESPO%20ARIZAGA%20LILIBETH-2012.pdf>

FAO, 2021. *Beneficios nutricionales de las Legumbres*, s.l.: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Ferraris, G., 2015. *Experimentos de nutrición en el cultivo de Arveja, Peyrano - Argentina: UCT Agrícola.*

García, D., 2015. *Validación de un bioinoculante a base de bacterias diatrófericas en el crecimiento, desarrollo y rendimiento agrícola de (Phaseolus vulgaris L.)*, Loja: Universidad Nacional De Loja.

Jara, S., 2015. *Caracterización e identificación de cepas nativas del género Azobacter y su efecto en co-inoculación con Rhizobium en tomate de mesa*, Loja: Universidad Nacional de Loja.

Jaya, T. & Shinde, B., 2020. Effect of water stress and AM fungi on the growth performance of pea plant. *International Journal of Applied Biology*, 4(2580-2119), p. 8.

Jiménez, J., 2022. *Potencial de fijación de nitrógeno de aislados de Rhizobium spp. endémicos del Ecuador en tres variedades de fréjol arbustivo*, Quito: Universidad Central Del Ecuador.

Montenegro, L., 2021. *Evaluación de los efectos de la inoculación micorrízicas sobre los parámetros morfológicos y productivos del cultivo de maíz*, La Libertad: UPSE. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/7586/1/UPSE-TIA-2022-0035.pdf>

- Moreno, C., 2017. *Evaluación del antagonismo y sinergismo de aislados de *Plukenetia Volúbilis* L para el establecimiento de un consorcio microbiano en condiciones in vitro*, Bucaramanga: Universidad de Santander.
- Morocho, A., 2020. *Evaluación de la aplicación de consorcios microbianos en un sistema de producción de plántulas de aguacate (*Persea americana* Mill.) cultivar 'criollo'*, Sangolquí: ESPE.
- Nápoles, M. y otros, 2021. *Inducción de señales en *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* y su actividad biológica en arveja (*Pisum sativum* L.)*, Argentina: INCA.
- Nardo, N., 2020. *Efecto de la inoculación con *Rhizobium leguminosarum* y fertilización sobre la nodulación y producción de arveja (*Pisum sativum*)*, Argentina: Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.
- Prado, G., 2021. *Efecto de la co-inoculación de *Burkholderia ubonensis* y *Rhizobium* spp. Sobre el rendimiento de *Pisum sativum**, Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Romero, J., 2015. *Las micorrizas arbúsculares: alternativa como biofertilizante para la conservación de la microbiota nativa de suelos Colombianos*, Bogotá: Universidad de los Andes.
- Sánchez, L., 2015. *Valoración de la población de hongos micorrízicos arbusculares en un suelo agrícola por efecto de la aplicación de vinaza de la industria del tequila*, Guadalajara: CIATE.
- Shinde, P. & Jaya, T., 2016. *The effect of co-inoculation of pea plants with arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium* on the nodulation, growth and productivity*. *International Journal of Bioassays*, 5(4954-4957), p. 4.
- Soriano, B., López, M. & Zavaleta, D., 2020. *Inoculante constituido por *Rhizobium leguminosarum*, *Burkholderia ubonensis* y *Trichoderma harzianum* incrementa el número de sitios activos para la nodulación de *Pisum sativum**., Perú: Universidad Nacional de Tumbes.

Suquillo, L. V., 2019. *Identificación morfológica de los hongos causantes de pudrición radicular en arveja (Pisum sativum) en el valle de Tumbaco*, Quito: Universidad Central del Ecuador.

Tomayo, Y., 2014. *Coinoculación de Rhizobium sp. y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en Canavalia ensiformis (L) D.C. cultivada sobre un suelo Pardo Sialítico Mullido Carbonatado*, San José de las Lajas, Mayabeque: Universidad de Guantánamo.

Zavaleta, E., 2021. *Efecto de un inoculante microbiano multicepa en los componentes del rendimiento de Pisum sativum cultivada en Mache, La Libertad.*, Trujillo - Perú: Universidad Nacional de Trujillo.

## ANEXOS

**Tabla 2.** Recopilación de datos sobre el uso de consorcios microbianos.

N.	TIPO	CONDICIONES	AÑO	PAÍS	TEMA	EFECTOS			CITA
						Crecimiento	Producción	Nodulación	
1	Experimental	Campo abierto	2020	Perú	<b>Inoculante constituido por <i>Rhizobium leguminosarum</i>, <i>Burkholderia ubonensis</i> y <i>Trichoderma harzianum</i> incrementa el número de sitios activos para la nodulación de <i>Pisum sativum</i>.</b>	Esta investigación no registra la evaluación de crecimiento.	En esta investigación no registra la evaluación de producción.	Aumento del número y peso seco de los nódulos debido a que favoreció la expansión de la longitud y masa de la raíz, por lo tanto, un mayor número de sitios activos para la nodulación.	(Soriano, et al., 2020)
2	Experimental	Campo abierto	2012	Ecuador	<b>Respuesta a la inoculación con tres dosis de <i>Rhizobium</i> en el cultivo de arveja variedad Rogger Temprana.</b>	El cuanto al rendimiento del tratamiento 3 se obtuvo el promedio más alto, aunque no difirió significativamente con los otros tratamientos en los parámetros de: altura, número de vainas, número de granos de la vaina y longitud de vaina.			(Castro, 2012)
3	Experimental	Campo abierto	2021	Perú	<b>Efecto de la co-inoculación de <i>Burkholderia ubonensis</i> y <i>Rhizobium spp.</i> Sobre el rendimiento de <i>Pisum sativum</i>.</b>	No se determinó diferencias significativas, sin embargo, mejora los factores de precocidad, incrementa masa seca en parte aérea y formación de vainas.	El que obtuvo mayor efecto fue el T3, en donde presentó mayor número de nódulos. Si hay mayor número de nódulos mayor es el rendimiento de la leguminosa.		(Prado, 2021)
4	Experimental	Invernadero	2018	Argentina	<b>Competencia por ocupación nodular de cepas introducidas de <i>Rhizobium leguminosarum</i> y su influencia en la producción del cultivo de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.).</b>	Genera un buen crecimiento.	Las cepas de <i>Rhizobium leguminosarum</i> modifica los parámetros del rendimiento y cada cepa posee una capacidad propia de formación de nódulos fijadores de nitrógeno.	En ciertos tratamientos generó mayor número de nódulos.	(Biondoni, 2018)
5	Experimental	Campo abierto	2020	Argentina	<b>Efecto de la inoculación con <i>Rhizobium leguminosarum</i> y fertilización sobre la nodulación y producción de arveja (<i>Pisum sativum</i>).</b>	Genera beneficios en el arranque del cultivo en los estadios primarios.	Genera aspectos positivos en su rendimiento.	La inoculación de <i>Rhizobium</i> y la fertilización fosforada genera impactos positivos en la nodulación.	(Nardo, 2020)
6	Experimental	Invernadero	2014	Ecuador	<b>Evaluación de la fijación de nitrógeno de cepas de <i>Rhizobium spp.</i> en invernadero, para arveja (<i>Pisum sativum</i>), chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>), fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>), haba (<i>Vicia faba</i>) y vicia (<i>Vicia sp.</i>), Cutuglagua-Pichincha.</b>	El crecimiento de la planta responde a las características varietales y no a las cepas de <i>Rhizobium</i> .	En esta investigación no registra la evaluación de producción.	En general existe una relación directa entre el número de nódulos y la población de rizobios, pues las cepas que mejor se adaptaron a este ambiente lograron consolidarse y en cierto grado aumentar su población desde su inoculación.	(Casa, 2014)

7	Experimental	Invernadero	2021	Cuba	<b>Inducción de señales en <i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. <i>viciae</i> y su actividad biológica en arveja (<i>Pisum sativum</i> L.).</b>	Esta investigación no registra la evaluación de crecimiento.	Efectos positivos en cuanto a mayor rendimiento de plantas de arveja.	Provoca la síntesis y excreción de diferentes compuestos por la bacteria, lo que repercute en una mayor nodulación.	(Nápoles, et al., 2021)
8	Experimental	Campo abierto	2018	Perú	<b>Abonamiento orgánico e inoculación en el rendimiento de variedades de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.).</b>	No se determinó diferencia en la aplicación de abono e inoculación.	Los tratamientos con estiércol de ovino e inoculante reportaron los mayores rendimientos en vaina verde.	En un tratamiento aplicado con estiércol de ovino e inoculante generó mayor número de nódulos.	(Camasca, et al., 2018)
9	Experimental	Campo abierto	2021	Perú	<b>Efecto de un inoculante microbiano multicepa en los componentes del rendimiento de <i>Pisum sativum</i> cultivada en Mache, La Libertad.</b>	En esta investigación no registra la evaluación de crecimiento.	El inoculante microbiano multicepa, tuvo un efecto positivo en los componentes del rendimiento.	En cuanto a los factores de precocidad evaluados fueron favorecidos con el respecto a la efectividad de la FN, incremento en número y masa seca de nódulos.	(Zavaleta, 2021)

**Tabla 3. Otras leguminosas relacionadas con *Rhizobium leguminosarum***

Bacteria	Nombre científico	Nombre común	Estudios en otras leguminosas
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	<i>Lens culinaris</i>	Lenteja	7
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frejol	13
	<i>Vicia faba</i>	Haba	6
	<i>Trifolium</i>	Trébol blanco	6
	<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa	2
	<i>Glycine max</i>	Soja	3

**Tabla 4. Recopilación de datos sobre el uso de HMA.**

N.	TIPO	CONDICIONES	AÑO	PAÍS	TEMA	EFECTO			CITA
						Crecimiento	Producción	Nodulación	
1	Comercial	Invernadero	2015	Colombia	<b>Evaluación de la especificidad entre plantas e inóculos comerciales de micorrizas para el desarrollo y producción de arveja (<i>Pisum sativum L.</i>).</b>	No presentó diferencias significativas para ninguno de los tratamientos evaluados.	El número de vainas presentó diferencias significativas entre el tratamiento de Sevilla (B) y el tratamiento de Micorrizar (A).	En esta investigación no registra la evaluación de nódulos.	(Caron, 2015)
2	Comercial	Campo	2015	Canadá	<b>Effects of co-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and <i>Rhizobium</i> on the tripartite association with field Pea (<i>Pisum sativum</i>) and Lentil (<i>Lens culinaris</i>) under saskatchewan field conditions.</b>	La aplicación de AMF y <i>Rhizobium</i> mejora la acumulación de N y P, el rendimiento de nutrientes de las semillas y FBN.			(Biswaray, 2015)
3	Experimental	Invernadero	2016	India	<b>The effect of co-inoculation of pea plants with arbuscular mycorrhizal fungi and <i>Rhizobium</i> on the nodulation, growth and productivity.</b>	La co-inoculación de <i>Rhizobium</i> y HMA generan niveles estadísticamente altos de masa seca de la planta, número de nódulos, peso fresco de los nódulos, peso de semillas, número máximo de semillas por vaina, alto rendimiento de semillas, número de vainas por planta, longitud máxima de vaina y peso de vaina.			(Shinde & Jaya, 2016)
4	Experimental	Macetas	2020	India	<b>Effect of water stress and AM fungi on the growth performance of pea plant.</b>	Generó efectos como: mayor longitud de brotes y raíces, mayor número hojas, peso fresco de la raíz y de los brotes.			(Jaya & Shinde, 2020)

5	Experimental	Macetas	2015	India	<b>Effect of Arbuscular Mycorrhizal interactions on chlorophyll content and per cent productivity of <i>Pisum sativum L.</i></b>	Aumenta la absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, cobre, manganeso, hierro y zinc, aumento de la tolerancia al estrés biótico pueden contribuir a la producción de más hojas y una mayor área foliar.	(Ayare & Golatkar, 2015)
---	--------------	---------	------	-------	--	--	--------------------------

**Tabla 5. Otras leguminosas relacionadas con HMA**

Hongo	Asociaciones	Nombre común	Número de publicación
Hongos Micorrícicos Arbusculares	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	4
	<i>Sorghum bicolor</i>	Sorgo	8
	<i>Clitoria ternatea</i>	Conchita azul	5
	<i>Calopogonium mucunoides</i>	Maní silvestre	2
	<i>Stylosanthes guianensis</i>	Alfalfa brasileña	6
	<i>Crotalaria juncea</i>	Maraquita, Cascabel	5
	<i>Canavalia ensiformis</i>	Frijol machete	4
	<i>Mucuna pruriens</i>	Frijol de terciopelo	3
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frejol	10
	<i>Vicia faba</i>	Haba	5
	<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa	4
	<i>Arachis hypogaea</i>	Cacahuete o maní	4
<i>Glycine max</i>	Soja	8	