

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE RHIZOBIUM EN LA
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) VARIEDAD
TEMPRANA PERFECTA”**

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO
PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERA AGRÓNOMA

AUTOR:

ANA MISHHELL COQUE CALVACHE

TUTOR:

ING. AGR JOSÉ HERNÁN ZURITA VASQUEZ, Mg.

CEVALLOS – ECUADOR

2021

APROBACIÓN

“EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE RHIZOBIUM EN LA
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) VARIEDAD
TEMPRANA PERFECTA”

REVISADO POR



Firmado electrónicamente por:
**JOSE HERNAN
ZURITA
VASQUEZ**

ING. AGR JOSÉ HERNÁN ZURITA VASQUEZ, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

El suscrito, ANA MISHELL COQUE CALVACHE, portador de la cédula de ciudadanía número 0503588477, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE RHIZOBIUM EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) VARIEDAD TEMPRANA PERFECTA” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



ANA MISHELL COQUE CALVACHE

DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este Informe Final de Investigación titulado **“EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE RHIZOBIUM EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) VARIEDAD TEMPRANA PERFECTA”**, como uno de los requisitos previos para la obtención de Título de Grado de ingeniería agrónoma, en la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no ponga una ganancia económica potencial y se respete los derechos de propiedad intelectual del proyecto al cual está asociado, así como del director mismo.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor y del proyecto al cual está adscrito, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la Publicación de este Informe Final, o de parte de él.



ANA MISHELL COQUE CALVACHE

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

“EVALUACIÓN DE UN BIOFERTILIZANTE A BASE DE
RHIZOBIUM EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARVEJA
(*Pisum sativum* L.) VARIEDAD TEMPRANA PERFECTA”

APROBADO POR:

FECHA:



Firmado electrónicamente por:
**MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS**

17/09/2021

.....
Ing. Mg. Marco Oswaldo Pérez Salinas, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
MICHEL LEIVA MORA

15/09/2021

.....
Dr. Michel Leiva
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**EDGAR LUCIANO
VALLE
VELASTEGUI**

16/09/2021

.....
Ing. Mg. Luciano Valle
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico con mucho amor y nostalgia a mi madre Anita Calvache, una mujer valiente y luchadora, ella es el ángel que siempre ha estado guiando mi camino y cuidando de mí día a día. No ha sido fácil llegar hasta este punto sin ella, sin embargo, con su bendición me ha dado la fortaleza para culminar con éxito este proyecto.

A mi padre Wilson Coque, pues él me ha enseñado acerca de la perseverancia y el valor. Me ha formado con reglas y con ciertas libertades, pero nunca ha dejado de motivarme hasta alcanzar mis anhelos.

A mi hermana Silvia Coque, por ser mi segunda madre y mejor amiga, por nunca rendirse conmigo, dándome palabras de aliento en cada etapa de mi formación, a ella por ser una parte esencial en mi vida.

A mi sobrino Danny, la más bonita inspiración para continuar este camino, que con sus risas, llantos y travesuras me ha incitado a ser cada día una mejor versión de mí.

AGRADECIMIENTOS

“La verdadera educación consiste en obtener lo mejor de uno mismo”

Mahatma Gandhi

Agradezco a Dios por darme salud y permitirme alcanzar una meta más en mi vida.

Agradezco a mi Padre Wilson Coque y hermana Silvia Coque, por brindarme su apoyo incondicional, su paciencia y su confianza, gracias por no permitir que desista en el camino, por cada palabra, acción y oración que me dedicaron durante esta travesía.

Doy gracias a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por abrirme sus puertas, permitiendo así formarme profesionalmente.

Agradezco a cada uno de los docentes, quienes dedicaron su tiempo y compartieron sus conocimientos contribuyendo de esta manera en cada uno de mis estudios.

A mi tutor Ing. Hernán Zurita por depositar su confianza y mucha paciencia en este proyecto.

A mis amigos Rocy, Pao y Jona quienes me han impulsado siempre a continuar, sabiendo estar en el momento exacto de un consejo o un regaño, aportando así un granito de arena en mi formación personal.

A todos mis compañeros de aula, colegas y familia por su comprensión y apoyo.

Un eterno agradecimiento a cada uno de ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
CAPÍTULO I	16
INTRODUCCIÓN	16
MARCO TEÓRICO	18
1.1. Antecedentes investigativos	18
1.2. Categorías fundamentales.....	20
1.2.1. Cultivo de arveja	20
1.2.2. Rhizobium.....	26
1.2.3. Fijación simbiótica del nitrógeno.....	28
1.2.4. Formación de los nódulos	28
1.2.5. Biofertilizante.....	29
HIPÓTESIS.....	31
1.3. OBJETIVOS	31
CAPÍTULO II.....	32
MÉTODOLOGÍA	32
2.1. Ubicación del experimento.....	32
2.2. Características de lugar.....	32
2.2.1. Clima.....	32
2.3. Equipos y materiales	32
2.3.1. Equipos.....	32
2.3.2. Insumos	32
2.3.3. Materiales.....	33
2.4. Factores en estudio	33
2.5. Tratamientos	34
2.6. Diseño experimental.....	34
2.6.1. Características del ensayo	34
2.6.2. Esquema de la disposición del ensayo	35
2.7. Manejo del experimento	35
2.7.1. <i>Elaboración del biofertilizante</i>	35
2.7.2. Establecimiento del cultivo	36
2.7.3. Recolección de datos.....	39

2.8. Variables respuestas	39
2.8.1. Longitud del tallo	39
2.8.2. Diámetro del tallo.....	39
2.8.3. Longitud de la raíz	40
2.8.4. Número de vainas por planta.....	40
2.8.5. Peso de vainas por planta	40
2.8.6. Rendimiento	40
2.9. Procesamiento de la información	40
CAPÍTULO III.....	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
3.1. Longitud del tallo	41
3.2. Diámetro del tallo	43
3.3. Longitud de Raíz	44
3.4. Número de Vainas	46
3.5. Peso de vainas.....	47
3.6. Rendimiento	49
3.7. Discusión	50
3.8. Verificación de hipótesis	51
CAPÍTULO IV	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de arveja (<i>P. sativum</i>)	20
Tabla 2. Requerimientos nutricionales de la arveja.....	24
Tabla 3. Clasificación taxonómica de <i>Rhizobium sp.</i>	27
Tabla 4. Tratamientos.....	34
Tabla 5. Componentes utilizados para la elaboración del biofertilizante	35
Tabla 6. Composición del sustrato.	36
Tabla 7. Aplicación del biofertilizante a base de <i>Rhizobium</i> en la producción del cultivo de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) variedad Temprana Perfecta	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Longitud del tallo expresado en centímetros, a los 45, 60 y 95 días después de la siembra	41
Figura 2. Diámetro del tallo expresado en milímetros, a los 45, 60 y 95 días después de la siembra	43
Figura 3. Longitud de la raíz expresada en centímetros	44
Figura 4. Número de vainas, 95 días después de la siembra	46
Figura 5. Tukey al 5%, número de vainas/tratamiento.....	47
Figura 6. Peso de vainas cosechadas a los 95 días después de la siembra.....	47
Figura 7. Tukey al 5%, peso de vainas/tratamiento.....	48
Figura 8. Rendimiento del cultivo expresado en kg/ha de vaina verde	49
Figura 9. Tukey al 5%, rendimiento del cultivo.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Biofertilizante a base de Rhizobium	60
Anexo 2. Establecimiento del cultivo de arveja.....	60
Anexo 3. Cultivo de arveja	60
Anexo 4. Raíces del cultivo de arveja.....	61
Anexo 5. Nodulación en raíces	61
Anexo 6. Análisis de Varianza, longitud del tallo 45 días.....	61
Anexo 7. Prueba de significación Tukey al 5%, longitud del tallo 45 días.....	62
Anexo 8. Análisis de Varianza, longitud del tallo 60 días.....	62
Anexo 9. Prueba de significación Tukey al 5%, longitud del tallo 60 días	62
Anexo 10. Análisis de Varianza, longitud del tallo 95 días	62
Anexo 11. Prueba de significación Tukey al 5%, longitud del tallo 95 días	63
Anexo 12. Análisis de Varianza, diámetro del tallo 45 días	63
Anexo 13. Prueba de significación Tukey al 5%, diámetro del tallo 45 días.....	63
Anexo 14. Análisis de Varianza, diámetro del tallo 60 días	63
Anexo 15. Prueba de significación Tukey al 5%, diámetro del tallo 60 días.....	64
Anexo 16. Análisis de Varianza, diámetro del tallo 95 días	64
Anexo 17. Prueba de significación Tukey al 5%, diámetro del tallo 95	64
Anexo 18. Análisis de Varianza, longitud de la raíz 45 días	64
Anexo 19. Prueba de significación Tukey al 5%, longitud de la raíz 45 días	65
Anexo 20. Análisis de Varianza, longitud de la raíz 60 días	65
Anexo 21. Prueba de significación Tukey al 5%, longitud de la raíz 60 días	65
Anexo 22. Análisis de Varianza, longitud de la raíz 95 días	65
Anexo 23. Prueba de significación Tukey al 5%, longitud de la raíz 95 días	66
Anexo 24. Análisis de Varianza, número de vainas 95 días	66

Anexo 25. Prueba de significación Tukey al 5%, número de vainas 95 días.....	66
Anexo 26. Análisis de Varianza, peso de vainas 95 días	66
Anexo 27. Prueba de significación Tukey al 5%, peso de vainas en verde 95 días....	67
Anexo 28. Análisis de Varianza, rendimiento del cultivo	67
Anexo 29. Prueba de significación Tukey al 5%, rendimiento del cultivo.....	67
Anexo 30. Cálculo del rendimiento del cultivo	68

RESUMEN

El cultivo de arveja es uno de los principales granos que se cultivan en el Ecuador, refiriéndose a leguminosas se encuentra en el tercer lugar en cuanto a producción y superficie sembrada. Con la presente investigación se buscó mejorar el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Temprana Perfecta, para ello, se elaboró un biofertilizante a base de *Rhizobium* y se evaluó la efectividad a través de tratamientos con dosis (25cc/L, 50cc/L y 100cc/L) y frecuencias (8 y 15 días) diferentes, el ensayo fue realizado en campo abierto, pero no netamente in situ, es decir el cultivo fue establecido en bolsas maceteras con sustrato comercial, debido a que al trabajar con un fertilizante cuya composición principal es una bacteria, fue necesario tener un suelo en el cual no se haya encontrado presencia de otro microorganismo, evitando de esta manera alguna alteración en cuanto a la rizosfera del cultivo.

Después de la aplicación del biofertilizante en el cultivo, se recolectaron los datos en tres diferentes etapas fenológicas de la planta, en desarrollo vegetativo (45 días), floración (60 días) y producción en verde (95 días), estos estadios van de acuerdo a la variedad (Temprana Perfecta), puesto que esta es precoz, es decir su producción se da antes del tiempo habitual.

El tratamiento con el que se encontraron mejores resultados fue variante, tanto en las etapas fenológica como en las características morfoagronómicas del cultivo, pero, con el que se obtuvo un excelente rendimiento fue D3F1 (100cc/L, 8 días), con una producción de 7920,40 kg/ha en verde. Siendo un resultado suficientemente favorable en la investigación.

Palabras clave: Biofertilizante, *Rhizobium*, rizosfera, rendimiento, producción.

SUMMARY

The pea crop is one of the main grains grown in Ecuador, and is the third most important legume crop in terms of production and area planted. The present research sought to improve the yield of the pea crop (*Pisum sativum* L.) variety Temprana Perfecta, for this purpose, a biofertilizer based on Rhizobium was developed and its effectiveness was evaluated through treatments with different doses (25cc/L, 50cc/L and 100cc/L) and frequencies (8 and 15 days), the trial was conducted in open field, but not clearly in situ, This is to say that the crop was established in potting bags with commercial substrate, because when working with a fertilizer whose main composition is a bacterium, a soil in which the presence of other microorganisms had not been found was needed, thus avoiding any alteration in the rhizosphere of the crop.

After the application of the biofertilizer on the crop, data were collected in three different phenological stages of the plant, vegetative development (45 days), flowering (60 days) and green production (95 days), these stages are according to the variety (Temprana Perfecta), since this is early, i.e. its production is before the usual time.

The treatment with which the best results were found was variant, both in the phenological stages and in the morphoagronomic characteristics of the crop, but the one with which an excellent yield was obtained was D3F1 (100cc/L, 8 days), with a green production of 7920.40 kg/ha. This was a sufficiently favorable result in the research.

Key words: Biofertilizer, Rhizobium, rhizosphere, yield, production.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), se constituye como un cultivo de alta importancia y gran demanda en el mercado nacional e internacional, debido al considerable número de familias que dependen de su producción, especialmente en el centro y sierra norte del Ecuador (**Subía 2007**). Es apreciado por su alto valor nutritivo, pues contiene mucha proteína y minerales como el calcio, fósforo, hierro y vitaminas.

La arveja es una leguminosa, esta es considerada como hortaliza o legumbre, de tipo herbáceo y de hábito rastrero o trepador, se desarrolla en climas templados y climas fríos (**Federación Nacional de Cafeteros de Colombia 1998**). En el Ecuador se consumen los granos tanto en estado maduro como tierno, puesto que cuenta con un alto contenido de proteína (24.1% en seco y 6.3% en verde), en el país las principales provincias que se encargan en producir el cultivo son: Pichincha, Azuay, Carchi, Cotopaxi, Imbabura, Tungurahua, Loja, Cañar y Bolívar, con un área de superficie cosechada en verde de 9,50 Ha, con una producción de 9,54 Tn; en grano seco cuenta con una superficie de 4,36 Ha, y 1,64 Tn (**Arévalo 2013**).

De acuerdo con la **Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (1998)**, las leguminosas cuentan con la capacidad de fijar el nitrógeno que se encuentra en la atmósfera, con el fin de aprovecharlo para su nutrición, es por ello que se consideran como una excelente opción en la estrategia de rotación de cultivos.

Esta asociación que existe entre microorganismos y plantas, denominada también simbiosis aporta varios beneficios, como la de promover el desarrollo de las plantas e incrementar la absorción de nutrientes que se encuentran en el suelo (**Kloepper y Schroth 1978**). Dentro de los microorganismos que se encuentran en la rizosfera, encontramos un especial tipo de bacterias, conocidas como *Rhizobium*, especialmente estas poseen la capacidad de incitar la formación de ciertas protuberancias en las raíces de las leguminosas, conocidos como nódulos, los cuales son parte del proceso de fijación del nitrógeno atmosférico, el cual posteriormente es aprovechado por la planta para su desarrollo. Se plantea que a través de este proceso el 60-80 % es parte de la fijación biológica de nitrógeno (**Wang et al. 2002**). Gracias a esta simbiosis entre la planta huésped y *Rhizobium* es posible la obtención de nutrientes nitrogenados,

ofreciendo además una fuente de carbono, permitiendo de esta manera que los cultivos crezcan sin fertilizantes nitrogenados sintéticos, evitando así empobrecer los suelos **(Santillana et al. 2012)**.

Por otro lado, un beneficio adicional que aporta esta simbiosis, es que ayuda en la solubilización del fósforo presente en el suelo. Con la presencia de estas bacterias (*Rhizobium*) en el suelo se incrementa la disponibilidad de otros nutrientes, siendo uno de los más importantes durante el crecimiento y desarrollo de las plantas el fósforo, este al sufrir un proceso de hidrolización a través de enzimas, proveen una mayor movilización de este macronutriente en el suelo, convirtiéndolo en un elemento accesible para su asimilación por parte de la planta, desempeñando funciones durante el metabolismo energético celular y además en procesos relacionados con la fotosíntesis, respiración, glucólisis y síntesis de ácidos grasos; se encuentra implicado en el desarrollo de las raíces, la brotación de nuevas yemas y floración de las plantas **(Corrales et al. 2014)**.

Durante el proceso de colonización de estos microorganismos (*Rhizobium*), este suele darse de manera natural, pero, en ocasiones resulta no ser del todo eficaz, puesto que el número de carga microbiana en los suelos en ocasiones es muy baja, uno de los principales factores es la erosión que se da con el pasar del tiempo. A través de los años se han ido estudiando métodos y/o técnicas con las cuales se buscan principalmente la reincorporación de estos microorganismos al suelo, ya sea aplicados directamente o adheridos en semillas que al conseguir contacto con el suelo empieza la relación simbiótica, beneficiando al crecimiento, desarrollo vegetativo y producción del cultivo.

Por lo anterior expuesto, a través de este ensayo se elaboró un biofertilizante a base de *Rhizobium*, del cual se realizó una evaluación del efecto consecuente en la producción del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Temprana Perfecta.

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

Es importante mencionar que todas las plantas necesitan siempre de nutrientes para su adecuado desarrollo y crecimiento, siendo uno de los más importantes el nitrógeno, considerándose como un elemento que se encuentra en grandes cantidades en la atmósfera, a pesar de ello, las plantas presentan una cierta dificultad en el aprovechamiento en su forma natural por lo que este debe ser transformado en amonio y/o nitrato (**Wang et al. 2002**).

Valle (2009) manifiesta que el tratamiento con *Rhizobium sp.*, aporta de forma positiva sobre el número de hojas y altura de las plantas debido a que se considera como un extraordinario fijador de nitrógeno atmosférico en cultivos hortícolas. Es importante señalar que las mencionadas bacterias se constituyen a través de un proceso enzimático llamado nitrogenasa, esta enzima es la encargada de producir la catálisis, parte fundamental de la reacción de fijación del nitrógeno, es decir, la transformación del nitrógeno que se encuentra presente en la atmósfera en amoníaco.

Loredo et al. (2004) han realizado un estudio mediante la utilización de bacterias del género *Rhizobium*, cuyo objetivo fue determinar el efecto que tienen estas bacterias sobre el crecimiento y desarrollo de leguminosas, cuyos resultados obtenidos en el trabajo de investigación fueron positivos, ya que se observaron cambios significativos en las variables agronómicas del cultivo evaluadas como: número de hojas, longitud del tallo y raíz, peso seco de la parte aérea y peso seco total de las plantas, asimismo fue significativo el índice de efectividad de la inoculación bacteriana en la planta. Teniendo en cuenta los datos reportados se considera como un excelente estimulante en leguminosas y en otros cultivos agrícolas para contribuir a una agricultura sustentable y amigable con el medio ambiente.

Sotomayor (2013) en su trabajo de investigación “Efecto que tiene la inoculación con *Rhizobium* sobre el rendimiento en producción de dos cultivares de haba (*Vicia faba L.*), establecidos en dos fechas diferentes de siembra” se determinó que en el beneficio obtenido no hubo diferencias significativas de acuerdo con las fuentes de nitrógeno

aplicadas (inoculante rizobiano), sin embargo, si se obtuvieron buenos rendimientos, en cuanto al número de vainas en verde y en grano.

Palate (2012) realizó un ensayo acerca de la utilización de *Rhizobium* en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el cual se ha demostrado la eficiencia de estas bacterias como promotores de la fijación de nitrógeno atmosférico, el producto fue aplicado en las semillas en tres dosis diferentes cuyo fin fue determinar la densidad de siembra más efectiva en la producción de plántulas de alfalfa en semilleros. En donde el mejor tratamiento fue 1,5g/m² de inoculante, con un valor medio de 0,36 metros. Por otro lado, las variables agronómicas como el largo y diámetro de la raíz y tallo mostraron resultados de diferencias significativas en comparación del testigo, que fueron semillas de alfalfa sin producto.

Chipana et al. (2017) en su investigación “Inoculación de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) mediante diferentes concentraciones de *Rhizobium etli* y la influencia que tiene sobre el rendimiento del cultivo” se determinó que el tratamiento de inoculación con una concentración de 2.5×10^9 cel g⁻¹ suelo generó el mayor número de nódulos totales con un promedio de 47.67 y con una efectividad de 84.02%. con este tratamiento se obtuvo una mayor influencia sobre el rendimiento por hectárea del cultivo y número de vainas por planta, al mismo tiempo que no tuvo diferencia significativa al ser comparado con el testigo fertilizado.

Cabrera et al. (2017) realizaron un estudio que comprendió principalmente en la utilización de *Rhizobium* como fertilizante, en el cual se obtuvo que la aplicación de este microorganismo y de un fertilizante químico en *P. vulgaris*, no arrojan diferencias significativas para la longitud y diámetro del tallo, número de hojas y fitomasa, a los 30 días después de la germinación, mientras que el número de nódulos sufrió un incremento en el tratamiento con *Rhizobium* respecto a su combinación con fertilización química, apreciándose que el tratamiento con fertilizante químico afectó la nodulación de *Rhizobium*. A los 60 días después de la germinación, se encontró diferencias significativas entre los tratamientos para la masa fresca y masa seca total, en esta variable se mostró valores superiores en las plantas tratadas con fertilizante químico y su combinación con *Rhizobium*.

1.2. Categorías fundamentales

1.2.1. Cultivo de arveja

La arveja es una leguminosa de la familia de las Fabáceas, subfamilia Faboideae. Posee un hábito de crecimiento indeterminable en la mayoría de las variedades cultivables, pero también existen variedades de crecimiento determinable, presenta una respuesta fotoperiódica cuantitativa positiva a días largos (**Prieto s/f**). Su origen se encuentra en la región del Mar Mediterráneo y el Oriente Medio (**Agricultura Técnica 2007**).

1.2.1.1. Clasificación taxonómica

Según el **Centro Internacional de Agricultura Tropical (1987) citado por Noboa (2010)**, la clasificación taxonómica es la siguiente:

Tabla 1. Clasificación taxonómica de arveja (*Pisum sativum* L.)

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Faboideae
Género:	Pisum
Especie:	<i>sativum</i>

1.2.1.2. Descripción botánica

Infoagro (s/f) describe a la planta de la siguiente manera:

- **Raíz:** Posee una raíz pivotante y con muchas raíces secundarias, a pesar de ello, cabe mencionar que su sistema radicular es muy poco desarrollado en conjunto.
- **Tallo:** Los tallos son de hábito trepador y anguloso; en relación al desarrollo vegetativo existen variedades de crecimiento determinado e indeterminado, siendo parte de estas, tres tipos de variedades: de enrame, de medio enrame y enanas.
- **Hojas:** Poseen hojas compuestas con pares de folíolos que terminan en zarcillos, gracias a estos tienen la capacidad de asirse a los tutores durante su crecimiento.
- **Inflorescencia:** La inflorescencia es racemosa que da lugar a pedúnculos foliares, estos se insertan en la axila de las hojas. Cada racimo posee generalmente de 1 o 2 inflorescencias, aunque en ocasiones existe casos de tres, e incluso 4 y 5, muy raramente se encuentran estos últimos. Las flores son de morfología papilionácea, y tienen simetría zigomorfa, es decir, poseen un soloplano de simetría.
- **Fruto:** Su fruto es una vaina, generalmente mide de 5 a 10 cm de largo y pueden tener de 4 a 10 semillas en su interior, es de color y forma variable de acuerdo a la variedad. La parte comestible de este fruto son sus semillas que se consumen en estado verde o seco.
- **Semillas:** Son pequeños granos de forma y color variante. Las semillas de esta leguminosa tienen una leve latencia; es por ello que posee un poder germinativo es de 3 años como límite máximo, siendo recomendable utilizar para la siembra semillas que tengan menos de 2 años de almacenamiento; en las variedades cuyo grano es arrugado la facultad germinativa es baja.

1.2.1.3. Etapas fenológicas

Pregerminación. Cuando se encuentran en condiciones aptas referente a humedad y temperatura, la semilla empieza a embeber agua mediante la testa y el micrópilo, aumentando sucesivamente su tamaño hasta el siguiente día, seguidamente inicia con un proceso de gran actividad con gasto energético (**Parra 2004**). Durante este proceso existe pérdida de la permeabilidad de las membranas, la que induce a que una serie de exudados compuestos de glucosa, fructosa, maltosa y sacarosa se disipen en la superficie y permitan la germinación (**Villareal 2006**).

Germinación. La germinación empieza a partir del cuarto a quinto día después de la siembra; inicia con el apareamiento del hipocótilo crecimiento hacia la superficie y radícula crecimiento en sentido opuesto. La germinación ese sentido hipógeo con la peculiaridad de que sus cotiledones no salen a la superficie puesto a que el hipocótilo no se alarga (**Parra 2004**).

Emergencia de hojas verdaderas. Luego de haber surgido la primera plántula, se despliega el primer par de hojas verdaderas de la planta, al mismo tiempo se desprenden las hojas falsas o cotiledones que aparecieron en la germinación; este proceso sucede entre los 10 y 15 días después de la siembra en donde la plúmula da lugar al primer par de hojas verdaderas haciéndose visible el epicótilo, estructura que conlleva dos hojas rudimentarias denominadas brácteas trífidas (**Parra 2004**).

Desarrollo vegetativo. Proceso que empieza mediante el desarrollo de las hojas verdaderas y consecutivamente el desarrollo de nudos vegetativos y tallo principal, este comienza a ramificarse a partir del segundo nudo. Mediante el crecimiento del tallo empiezan a aparecer las hojas, foliolos y zarcillos, las ramas se despliegan al igual que el tallo principal, pero son de menor proporción (**Villareal 2006**). Esta fase tarda entre tres y seis semanas de acuerdo con la variedad de arveja.

Floración. Este proceso inicia entre los 60 a 75 días de la siembra, dependiendo de variedades de arvejas, ya sea para consumo en verde o en seco. Los botones florales crecen encerrados por las hojas superiores, por lo que ocurre la fecundación poco antes de la apertura de flores. (**Villareal 2006**). El proceso de fecundación tarda de dos a tres días, constatándose únicamente en horas donde haya máxima intensidad de luz solar, la dehiscencia de las anteras se da antes de la apertura de la flor, por lo que el polen se

agrupa en los extremos de la quilla.

Fructificación. La formación de los frutos (vainas) empieza a partir de 8 a 10 días de la apertura de las flores. Después de la fecundación, los pétalos se vuelven al ovario ya fecundado, estos se marchitan y consecutivamente se desprenden, dejando en evidencia una pequeña vaina con rudimentos que fueron parte del estilo en su ápice. Por otro lado, los filamentos que constituían los estambres rodean inicialmente a la vaina, pero no permanecen siempre, puesto que rápidamente se secan y caen. Este hecho netamente morfológico inicia a los 70 - 90 días de la siembra dependiendo la variedad, es decir si es precoz o tardía y tiene una duración de 15 a 25 días como aproximado (**Villareal 2006; Parra 2004**).

Maduración de frutos. Los granos se desarrollan muy lentamente durante los primeros días, posteriormente entran prontamente en una fase de rápido crecimiento, el cual se manifiesta a través del engrose de las vainas; este cada vez va aumentando de tamaño, consecuencia del crecimiento progresivo de los granos. La cavidad interna de las vainas se llena hábilmente en forma completa cuando los granos alcanzan el estado de madurez para consumo en verde (**Parra 2004**). Esta madurez comercial se consigue con un contenido medio de humedad en los granos del 72 a 74 %. (**Parra 2004**). El tamaño de los granos en estado madurez va de acuerdo a la variedad de los cultivares (**Villareal 2006**).

1.2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos

Es un cultivo de clima templado y levemente húmedo. En donde para el correcto desarrollo vegetativo del cultivo se necesitan temperaturas comprendidas entre 16 y 20°C, siendo como mínimo 6 y 10°C y como máximo 35°C. Cuando las temperaturas se encuentran por debajo de 5 o 6°C la planta detiene su crecimiento.

El pH de suelo que mejor le va está comprendido entre 6 y 6.5 (**Infoagro s/f**).

1.2.1.5. Requerimientos nutricionales

La arveja al ser un cultivo con una vaina como fruto, es poco exigente en materia orgánica, por lo que es no es recomendable estercolar. Es también poco recomendable la aplicación de abonos minerales.

Al ser una leguminosa, posee la capacidad de asociarse con bacterias benéficas como el *Rhizobium*, esta simbiosis permite al cultivo la fijación del nitrógeno que se encuentra libre en la atmósfera, es por ello que se aconsejan un aporte mínimo de nitrógeno sintético por parte del productor (**Infoagro s/f**).

Por otra parte, como todo cultivo necesita de otro macro y micronutrientes para un correcto crecimiento y desarrollo, siendo uno de estos el fósforo, este es un elemento que beneficia la floración e influye de manera amplia en la formación de los frutos y su calidad.

El potasio, es otro de los elementos importantes en el cultivo, ya que favorece la resistencia a enfermedades y heladas, además contribuye con la translocación de otros nutrientes en la planta (**Cangas 2017**).

Tabla 2. Requerimientos nutricionales de la arveja.

Nutriente	kg/Tn producida
Nitrógeno	42
Fósforo	5
Potasio	24
Magnesio	4
Azufre	2

Fuente: Prieto (2010), citado por Ferraris y Couretot (2012)

1.2.1.6. *Plagas y enfermedades*

Según, **Cangas (2017) citado por Arévalo (2019)** las principales plagas y enfermedades son:

Plagas

Barrenador del tallo: (*Melanogromyza lini*) moscas en estadio de larva que barrenan el tallo, desde que la planta se encuentra en fase de emergencia inclusive hasta la

floración, lo cual provoca que la planta venga a amarillarse, secándola antes de la formación de los frutos.

Minador de la hoja: (*Liriomyza sp.*) larvas cuya alimentación se basa únicamente al parénquima de las hojas, consecuentemente forma cavidades en forma de túneles y las debilita, afectando de esta manera ciertos procesos que se realizan en las mismas, como la fotosíntesis.

Trozadores o tierreros: (*Agrotis sp.*) larvas que atacan durante la etapa de germinación y emergencia de la planta, se alimentan mayoritariamente de tejidos jóvenes y raíces.

Chupadores: (*Thrips palmi*), pequeños insectos, se sitúan en las flores y los frutos que se encuentran en formación, estos raspan los tejidos con el fin de chupar sus líquidos, provocando la caída de flores y deformaciones de frutos.

Áfidos: (*Aphis sp.*) insectos redondos u ovalados, atacan los brotes terminales, cogollos y botones florales de las plantas, además que son los principales transmisores de virus.

Enfermedades

Marchitamiento y pudrición del cuello y raíz: producido por *Fusarium pisi*, *Pythium sp.* y *Rhizoctonia sp.* provoca clorosis en forma ascendente en hojas, cuello y raíz, decolorándolos y terminando finalmente con la muerte de las plantas en casos severos.

Tizón bacteriano: procedente de *Pseudomonas pisi*, se manifiesta en manchas irregulares en cualquier órgano de la planta, en caso de expandirse por las hojas, estas toman un aspecto senescente y de color pardo. En los tallos se presenta en forma de estrías, en vainas y semillas produce magulladuras de aspecto grasoso.

Oidio: causado por *Erysiphe sp.*, se presenta con manchas pulverulentas especialmente sobre las hojas, estas son cubiertas con una fina capa similar a una cenicilla, las vainas que son afectadas muestran decoloración severa.

Mildiú: causado por *Peronospora pisi*, se producen en ambientes húmedos y frescos, los síntomas son la presencia de grandes manchas de color amarillo pálido sobre el haz de las hojas, especialmente las que se encuentran al inferior de la planta.

El Tizón: causado por *Mycosphaerella pinoides*, es el causante de lesiones de color pardo-rojizo con un borde claro, especialmente sobre los folíolos, cuando se extiende hacia el tallo, en este aparecen una especie de anillos bien definidos, este hongo es capaz de infectar flores y semillas, en las cuales se verá afecta la siguiente generación.

Antracnosis: agente causal *Ascochyta pisi*, ataca a los órganos superficiales de la planta, hojas, tallo y vainas. En las hojas y vainas producen manchas de color marrón con anillos concéntricos en su interior, mientras que en el tallo se presentan machas de forma alargada con puntuaciones en su interior de color grisáceo.

1.2.1.7. Variedad

Temprana Perfecta

Las plantas de esta variedad presentan un crecimiento indeterminado, es decir los meristemos apicales se mantienen en constante funcionamiento. Poseen inflorescencia racemosa produciendo dos vainas por racimo, cada una compuesta por 6 a 10 granos, estos presentan un diámetro uniforme de 7 a 8 mm, son de color verde y liso en fresco y verde pálido y arrugado en seco. El tiempo de floración oscila entre los 50 y 60 días desde la siembra. El tiempo de fructificación empieza desde la apertura de la flor y tarda aproximadamente 10 días hasta el apareamiento de vaina plana. Esta variedad alcanza su madurez comercial en verde a partir de los 85 a 90 días. Es recomendable cosechar siempre en verde, puesto que a medida que sigue madurando, los granos empiezan a endurecer. No tiene una época específica de siembra, es decir se puede sembrar durante todo el año, necesita una altura de 1800 a 3200 m.s.n.m. (**Agrosad s/f citado por Carapaz y Román 2012**).

1.2.2. *Rhizobium*

Rhizobium es uno de los principales microorganismos capaces de fijar el nitrógeno que se encuentra libre en la atmósfera a través de nódulos que se forman en la raíz de la planta huésped (leguminosa). Fue la primera bacteria producida a gran escala y se ha

vendo añadiendo como inoculante durante 105 años en diversos cultivos del sector agrícola (Cuadrado *et al.* 2009).

1.2.2.1. Clasificación taxonómica

Tabla 3. Clasificación taxonómica de *Rhizobium sp.*

Dominio:	Bacteria
Filo:	Proteobacteria
Clase:	Proteobacteria alfa
Orden:	Rhizobiales
Familia:	Rhizobiaceae
Género:	Rhizobium

Fuente: Ecured s/f

1.2.2.2. Descripción microscópica y macroscópica

Bacilos de 0.5-1.0 x 1.2-3.0 μm . Gram negativos y no formadores de esporas. Son móviles gracias a que poseen flagelos peritricos, habitualmente entre 1 y 6. Las colonias son generalmente de color blanco opaco o beige, de forma circular convexo, semitraslúcidas, en ocasiones mucoides y con un diámetro de 2-4 mm. Para la multiplicación de la bacteria, esta necesita una temperatura óptima de 27°C a 39°C. Para la reproducción de la bacteria bajo condiciones de laboratorio, es necesario un medio de carbohidratos, regularmente acompañado por una cuantiosa cantidad de exopolisacáridos extracelulares, además requieren de un pH entre 6 y 7, sin embargo, pueden desarrollarse en pH ligeramente ácido. El tiempo que tarda la generación de las cepas es entre 1.5-5.0 horas, pero las colonias empiezan a ser visibles a partir de 3 a 5 días de incubación (Cuadrado *et al.* 2009).

1.2.2.3. Metabolismo

Son microorganismos aeróbicos, es decir necesitan oxígeno para sobrevivir, estos conservan un metabolismo tipo respiratorio. *Rhizobium* es una bacteria quimiorganoheterótrofo, es decir, consiguen energía, equivalentes reductores y carbono para llevar a cabo reacciones biosintéticas de compuestos orgánicos, usan un extenso rango de carbohidratos y sales de ácidos orgánicos siendo está la única fuente

de carbono, sin la producción de gas. Además, utilizan sales de amonio, nitrato y aminoácidos como fuente de nitrógeno (**Cuadrado et al. 2009**).

1.2.3. Fijación simbiótica del nitrógeno

Las leguminosas o plantas pertenecientes a la familia de las Fabaceae, tienen la capacidad de asociarse con microorganismos de la rizosfera, específicamente con bacterias denominadas rizobias, rizobios o *Rhizobium*, es decir, crean una simbiosis entre los dos organismos, en donde, este bacilo radicícola obtiene carbohidratos que son su fuente de alimento de las raíces de la planta y como compensación transforma el nitrógeno de la atmósfera y lo hace asimilable para la planta huésped, inclusive es aprovechado por plantas vecinas (gramíneas). El lugar en donde ocurre este intercambio son en los engrosamientos o los nódulos radiculares (Anexo 5) que se aprecian en las raíces de las leguminosas (**López 1984**).

1.2.4. Formación de los nódulos

La interacción que ocurre entre el *Rhizobium* y la leguminosa es un fenómeno semejante a una infección, en donde, la bacteria ingresa por las raíces de la planta, se reproduce en su interior y crea un filamento, denominado también “hilo infeccioso”; este filamento progresa por el interior del pelo radicular, hasta alcanzar la corteza de la raíz.

Las leguminosas excretan metabolitos secundarios hacia la rizosfera, entre ellos los flavonoides y chalconas, dichos compuestos son señales inductoras de los genes de nodulación, estos producen una señal de retorno, los lipoquitinolisacáridos, o comúnmente denominados Factores de nodulación.

Por otro lado, las secreciones del *Rhizobium*, como el ácido indolacético, provoca que se origina una intensa multiplicación de células propias de la raíz creando así un nódulo radicular, propio de las leguminosas (**López 1984**).

1.2.4.1. Calidad de los nódulos

Es transcendental saber si las leguminosas están fijando con eficiencia el nitrógeno, es decir, si está consiguiendo beneficios de la asociación simbiótica.

Para ello, es necesario visualizar externamente la planta, pues esta debe presentar un aspecto vigoroso y saludable, un color verde intenso, y en las raíces deben hallarse

nódulos grandes no muy abundantes, más bien escasos, internamente y al realizar un corte de estos, deben presentar en su zona central un color rosado, por consecuencia de la presencia de leghemoglobina, de esta manera, se indican nódulos eficaces. Por el contrario, las plantas que se torna de un color amarillento, débiles, con muy poco crecimiento y sobretodo nódulos pequeños, que al corte se muestren blanco en su interior y alejados de las raíces centrales, indican nódulos ineficaces.

La leghemoglobina, es uno de los factores más importante en cuanto a la fijación del nitrógeno, puesto que para que este proceso se realice la bacteria necesita un gran gasto de energía y para ello debe existir una mayor concentración de oxígeno, pero las enzimas que contribuyen con la fijación resultan muy sensibles ante su presencia, es allí en donde interviene este compuesto (leghemoglobina), es decir funciona como amortiguador que permite para que la nitrogenasa funcione de manera correcta, y a su vez que haya una concentración de oxígeno total lo bastante alta para la respiración aeróbica que realizan estas bacterias (**López 1984**).

1.2.5. Biofertilizante

Se describen como biofertilizantes a cuyos productos que se encuentran elaborados y formulados a base de microorganismos benéficos propios del suelo, en específico hongos y/o bacterias, los mismos que se encuentran agrupados o en simbiosis con las plantas, ayudándolas de manera natural en su nutrición y desarrollo, además resultan ser una excelente opción como mejoradores de suelo (**Virgen 2013**).

Cabe mencionar que en el suelo existen varios microorganismos que contribuyen al crecimiento de las plantas, inclusive pueden hallarse especies y cepas adecuadas para cada cultivo, sin embargo, es conveniente incorporarlos manualmente con el propósito de asegurar una eficiente asociación microorganismo/planta y con ello mejorar el rendimiento y producción del cultivo (**López 1984**).

1.2.5.1. Biofertilizantes rizobianos

Los biofertilizantes rizobianos son compuestos en los que se a adicionado el microorganismo (Rhizobium), conteniendo así una gran población de la bacteria, estos necesitan un periodo de maduración con el fin de asegurar la reproducción y/o adaptación de las células en el medio. Para la elaboración de estos biofertilizante es

conveniente que la mayoría de los materiales sean recursos locales de alta disponibilidad y bajo precio, con el fin de proveer al agricultor tecnologías de bajo valor económico, pero de excelente calidad (**Cuadrado *et al.* 2009**).

Estos biofertilizantes son aplicados al suelo o directamente a la planta en forma de drench durante toda la etapa vegetativa y reproductiva. Existen en el mercado biofertilizantes que son usualmente comercializados en presentación sólida, en polvo como turba o líquidos, en forma de caldo (**Cuadrado *et al.* 2009**).

HIPÓTESIS

El biofertilizante a base de Rhizobium favorece el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) variedad Temprana Perfecta.

1.3. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el efecto del biofertilizante a base de Rhizobium en la producción del cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) variedad Temprana Perfecta.

Objetivos Específicos

- Determinar la mejor dosis de biofertilizante (Rhizobium) por litro de agua, en el comportamiento productivo de arveja variedad Temprana Perfecta.
- Establecer la frecuencia de aplicación más adecuada de biofertilizante (Rhizobium) por litro de agua, en la producción de arveja variedad Temprana Perfecta.
- Describir las características morfoagronómicas de las plantas de arveja variedad Temprana Perfecta.

CAPÍTULO II

MÉTODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

El presente ensayo se realizó en la propiedad del señor Wilson Coque, situado en la parroquia San Miguel del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi. Ubicado a una altitud de 2683 msnm, coordenadas geográficas 1°2'43.7" de Latitud Sur y 78°35'26.3" de Longitud Oeste.

2.2. Características de lugar

2.2.1. Clima

Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, el clima del cantón Salcedo se clasifica como cálido templado, posee una temperatura media de 14°C, humedad relativa media de 77% y precipitación anual de 539 mm (INAMHI 2019).

2.3. Equipos y materiales

2.3.1. Equipos

- Balanza digital marca Camry
- Balanza manual de Reloj marca Soyoda
- Calibrador de Vernier marca Tianling Cmarvin
- Flexómetro marca Stanley (30-626)
- Computador marca HP

2.3.2. Insumos

- Cepa de Rhizobium
- Melaza
- Sémola
- Suero de leche
- Levadura
- Agua
- Sustrato

2.3.3. *Materiales*

- Tanque de 100 L
- Bomba de pecera
- Baldes
- Tijeras
- Bolsas maceteras
- Lona
- Rótulos de identificación
- Bomba de mochila

2.4. Factores en estudio

A. Dosis de biofertilizante por litro de agua

25cc/Litro	D1
50cc/Litro	D2
100cc/Litro	D3

B. Frecuencia de aplicación

8 días	F1
15 días	F2

C. Testigo

Testigo absoluto (Sin aplicación)	T
-----------------------------------	---

D. Testigo químico

Urea (46-0-0)	T.Q.
---------------	------

2.5. Tratamientos

Los tratamientos a realizarse son 8, los mismos son expresados en la tabla 4.

Tabla 4. Tratamientos

Tratamiento	Símbolo	Dosis + Frecuencia de aplicación
1	D1F1	25cc/Litro de agua cada 8 días de aplicación
2	D1F2	25cc/Litro de agua cada 15 días de aplicación
3	D2F1	50cc/Litro de agua cada 8 días de aplicación
4	D2F2	50cc/Litro de agua cada 15 días de aplicación
5	D3F1	100cc/Litro de agua cada 8 días de aplicación
6	D3F2	100cc/Litro de agua cada 15 días de aplicación
7	T	Testigo (Sin aplicación)
8	T.Q.	Testigo químico (Urea 46-0-0)

Elaboración: Mishell Coque

2.6. Diseño experimental

Se aplicó el Diseño de Bloques al Azar (DBA) con un arreglo factorial de $3 \times 2 + 2$ con tres repeticiones. Se realizó el análisis de variancia (ADEVA), de acuerdo al diseño experimental planteado. Pruebas de significación Tukey al 5% para diferenciar los tratamientos.

2.6.1. Características del ensayo

Número de repeticiones: 3

Número de tratamientos: 8

Número total de unidades experimentales: 24

Número de plantas por unidad experimental: 10

Número total de plantas: 240

2.6.2. Esquema de la disposición del ensayo

BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
D1F1	D1F2	D2F1
D1F2	D2F1	D2F2
D2F1	D2F2	D3F1
D2F2	D3F1	D3F2
D3F1	D3F2	T
D3F2	T	T.Q.
T	T.Q.	D1F1
T.Q.	D1F1	D1F2

Elaboración: Mishell Coque

2.7. Manejo del experimento

2.7.1. Elaboración del biofertilizante

Para la elaboración del biofertilizante se utilizó:

Tabla 5. Componentes utilizados para la elaboración del biofertilizante.

INGREDIENTE	CANTIDAD
<i>Rhizobium spp.</i>	500cc
Melaza	4 L

Suero de leche	2 L
Sémola	454 g
Levadura	28 g
Agua	100 L

Fuente: INTA (2019)

Se empleó la metodología de (INTA 2019), la cual describe, en un tanque de 100 litros de capacidad añadir 20 L de agua, agregar 454 g de sémola, incorporar 2 litros de suero de leche, revolver bien y añadir 4 litros de melaza, activar 28 g de levadura con agua tibia e incorporar al tanque, finalmente aforar con agua hasta alcanzar los 100 litros. Se implementó una bomba de pecera al tanque, con el fin de airear constantemente al biofertilizante, importante para la multiplicación de la bacteria, puesto que el *Rhizobium spp.* es un microorganismo aerobio.

La cepa de la bacteria fue obtenida de los laboratorios del Consejo Provincial de Cotopaxi.

El biofertilizante fue almacenado bajo sombra durante el ciclo del cultivo (Anexo 1).

2.7.2. Establecimiento del cultivo

2.7.2.1. Obtención del sustrato

El sustrato que se utilizó fue PINDSTRUP PLUS NARANJA, pH corregido, abono de base, microelementos y humidificador, elaborado a base de turba rubia, el mismo que se obtuvo de una casa comercial. Posteriormente se colocó en bolsas maceteras con capacidad de 10 L y se realizó la siembra de las semillas.

Tabla 6. Composición del sustrato.

Cibrado	0 - 06 mm	Fertilizante NPK	1,0 kg
	0 - 10 mm	Microelementos	0,050 kg

pH	6,0 – 5,5	Nitrato - N	70 gr
Materia seca	55 – 75 g/l	Amonio - N	50 gr
Conductividad	2,0 – 4,0	Fósforo (P ₂ O ₅)	140 gr
		Potasio (K ₂ O)	240 gr
		Magnesio (MgO)	23 gr
Bag		Comprimido	300L

Fuente: Agrogenesis (2018)

2.7.2.2. *Obtención del material vegetal*

Las semillas fueron obtenidas en una casa comercial de insumos agrícolas “Agropecuarios Chicaiza”, en el cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi.

2.7.2.3. *Desinfección del material vegetal*

Para la desinfección de semillas es necesario utilizar fungicidas tanto de contacto como preventivos y sistémicos como curativos, además es importante que sean de amplio espectro (Agricultura Técnica 2007). De esta manera se desinfectaron las semillas con Carboxin + Captan, a razón de 1g de producto por 1 kg de semilla.

Carboxin: Fungicida sistémico. Grupo químico: Carboxamida.

Captan: Fungicida de contacto. Grupo químico: Pthalamida (Grupoandina 2019)

2.7.2.4. *Siembra y manejo del cultivo*

Con el sustrato húmedo las semillas se sembraron a una profundidad de 2 cm, a razón de tres semillas (equidistantes) por bolsa (Anexo 2).

Tutorado: Se realizó el tutorado en sentido vertical en el cultivo. Este consistió en ubicar postes de madera de 2 metros de altura al principio y final de la hilera, se cruzó un alambre desde el punto más alto entre poste y poste, finalmente se ató una piola delgada desde la base o cuello de la planta hasta el alambre, permitiendo así que la

planta sujete sus sarcillos a la piola y se guíe a través de este.

Fertilización: Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo se realizó una fertilización no nitrogenada con el fin de compensar las necesidades del cultivo (Tabla 2), nutrientes que no se aportan a través del biofertilizante.

- Fosfato mono potásico (KH₂PO₄)
- Sulfato de magnesio (MgSO₄)

Aplicación del biofertilizante: El biofertilizante a base de Rhizobium fue aplicado en forma de drench empleando una bomba de mochila con capacidad de 8 litros, endos frecuencias diferentes, con un total de 8 aplicaciones en la frecuencia 1 (8 días), y 5 aplicaciones en la frecuencia 2 (15 días).

Tabla 7. Aplicación del biofertilizante a base de Rhizobium en la producción del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Temprana Perfecta.

Frecuencia	Fecha	Estado fenológico
1 (8 días)	13/Nov/2020	Etapa Vegetativa (Enésimo nudo)
1 (8 días)	21/Nov/2020	Etapa Vegetativa (Enésimo nudo)
1 (8 días)	29/Nov/2020	Etapa Vegetativa (Flor abierta)
1 (8 días)	07/Dic/2020	Etapa Reproductiva (Flor abierta)
1 (8 días)	15/Dic/2020	Etapa Reproductiva (Fijación del grano)
1 (8 días)	23/Dic/2020	Etapa Reproductiva (Vaina plana)
1 (8 días)	31/Dic/2020	Etapa Reproductiva (Vaina engrosada)
1 (8 días)	08/Ene/2021	Etapa Reproductiva (Vaina engrosada)
1 (8 días)	16/Ene/2021	Etapa Reproductiva (Llenado del grano)
2 (15 días)	13/Nov/2020	Etapa Vegetativa (Enésimo nudo)

2 (15 días)	28/Nov/2020	Etapa Reproductiva (Flor abierta)
2 (15 días)	13/Dic/2020	Etapa Reproductiva (Vaina plana)
2 (15 días)	28/Dic/2020	Etapa Reproductiva (Vaina engrosada)
2 (15 días)	12/Ene/2021	Etapa Reproductiva (Llenado del grano)

Elaboración: Mishell Coque

Riego: el riego se lo realizó una vez por semana mediante regadera, el cultivo de arveja no demanda de gran cantidad de humedad en el suelo, razón por la cual fue un riego moderado.

Control fitosanitario: Se efectuó un control fitosanitario para el control de minadores de hoja (*Liriomyza sp.*), para ello se utilizó Lambda cyhalothrin 50g/l, a razón de 1 cc de producto en un litro de agua.

Lambda cyhalothrin: Insecticida piretroide, amplio espectro (Syngenta s/f.).

No se realizaron rascadillos y/o deshierbas puesto que el cultivo se estableció en bolsas maceteras con sustrato nuevo.

2.7.3. Recolección de datos

Los datos fueron tomados durante la Etapa Vegetativa (E.V.) y Etapa Reproductiva (E.R.), de acuerdo con la variedad establecida se recolectaron los datos a los 45, 60 y 95 días después de la siembra.

2.8. Variables respuestas

2.8.1. Longitud del tallo

La longitud del tallo fue medida empleando un flexómetro, la cual fue tomada desde el ápice del tallo hasta el cuello de la planta. Se realizaron tres mediciones, a los 45, 60 y 95 días.

2.8.2. Diámetro del tallo

El diámetro del tallo fue medido empleando el Calibrador de Vernier, se tomó la medida en el primer entrenudo de la planta. Se realizaron tres mediciones, a los 45, 60

y 95 días.

2.8.3. Longitud de la raíz

La longitud de la raíz se midió empleando un flexómetro, la cual fue tomada desde el cuello de la planta hasta la cofia de la raíz. Se realizaron tres mediciones, a los 45, 60 y 95 días.

2.8.4. Número de vainas por planta

Se contabilizará manualmente el número de vainas por planta, cuando éstas alcanzaron la madurez comercial en verde, de acuerdo con la variedad empleada se la realizó a los 95 días.

2.8.5. Peso de vainas por planta

Empleando una balanza digital se pesaron las vainas en madurez comercial en verde, teniendo en cuenta la variedad empleada se la realizó a los 95 días después de la siembra.

2.8.6. Rendimiento

El rendimiento se obtuvo a través de la suma del peso total de las vainas cosechadas de la parcela, expresando el valor total en kilogramos por hectárea.

Para ello, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento por hectárea (kg/ha)} &= \text{número de vainas por m}^2 \\ &\quad \times \text{número de grano por vaina} \\ &\quad \times \text{porcentaje de vainas engrosadas} \\ &\quad \times \text{peso de 1 000 granos (en g)} \\ &\quad \times 0,0001 \end{aligned}$$

Fuente: Chaudhary *et al.* (s/f)

2.9. Procesamiento de la información

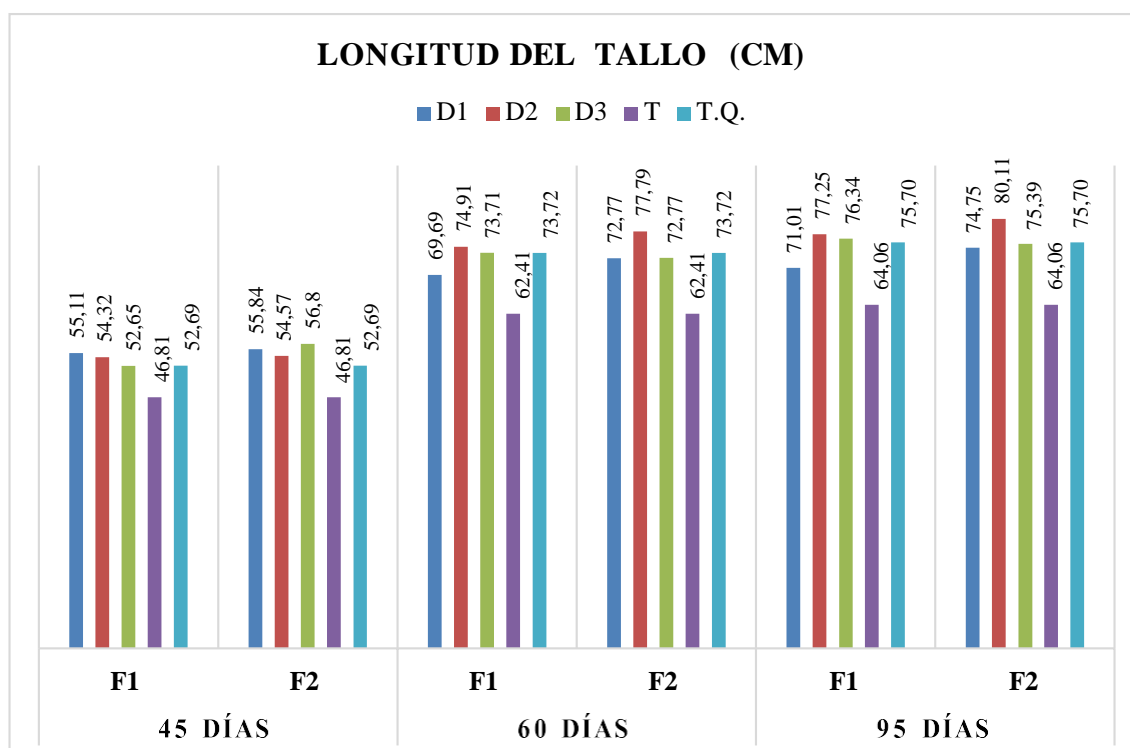
La información obtenida se procesó en el programa estadístico INFOSTAT, en el cual se efectuó Análisis de Varianza (ADEVA) y se realizaron pruebas de comparación de Medias Tukey al 5%.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Longitud del tallo

Figura 1. Longitud del tallo expresado en centímetros, a los 45, 60 y 95 días después de la siembra.



Elaboración: Mishell Coque

En la figura 1. Se puede observar la longitud del tallo expresado en centímetros, los datos fueron tomados a los 45, 60 y 95 días después de la siembra, cuando el cultivo se encontraba en diferentes etapas fenológicas de su ciclo (45 días desarrollo vegetal, 60 días floración, 95 días fructificación y cosecha).

A los 45 días después de la siembra (dds), se realizaron 3 aplicaciones del biofertilizante en frecuencia de 8 días y 2 aplicaciones en frecuencia de 15 días. De acuerdo con el análisis de Varianza (ADEVA), se indica que no existe diferencia significativa entre bloques, es decir que el campo presenta homogeneidad entre estos puesto que el cultivo fue establecido en bolsas maceteras con sustrato, mientras que entre tratamientos si existe diferencia significativa (Anexo 6). Posteriormente con la

prueba Tukey al 5%, se muestra que existe una mayor elongación del tallo en el tratamiento D3F2 (100cc/L, 15 días) (Anexo 7) con un valor de 56,8 cm en comparación tanto del testigo químico 52,69 cm, como del testigo absoluto 46,81 cm (Figura 1).

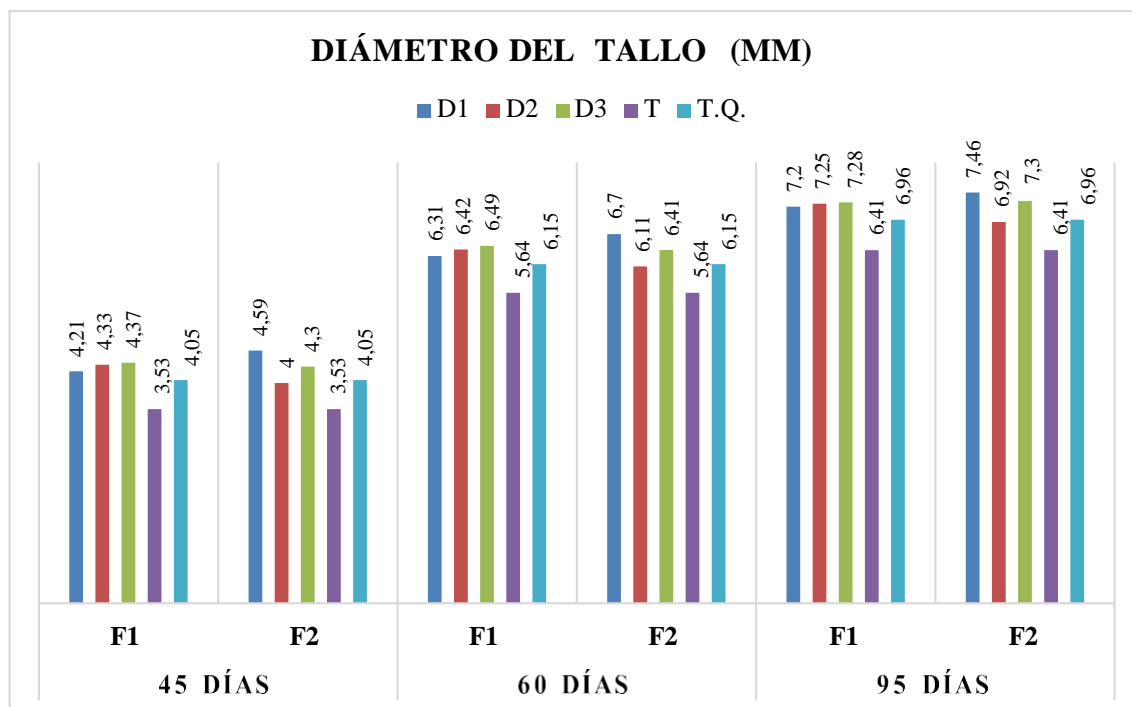
Para los 60 días después de la siembra (dds), se realizaron 5 aplicaciones del biofertilizante en frecuencia de 8 días y 3 aplicaciones en frecuencia de 15 días. De acuerdo con el ADEVA se muestra que no existe diferencia significativa entre bloques, es decir que este campo presenta homogeneidad, mientras que entre tratamientos si existe diferencia significativa (Anexo 8). A través de Tukey al 5% se presenta un mayor alcance del tallo en el tratamiento D2F2 (50cc/L, 15 días) (Anexo 9) con un valor de 77,79 cm difiriendo con los valores del testigo químico 73,72 cm, y del testigo absoluto 62,41 cm (Figura 1).

Seguidamente los datos tomados a los 95 días de ciclo del cultivo, siendo realizadas 8 aplicaciones del biofertilizante en frecuencia de 8 días y 5 aplicaciones en frecuencia de 15 días, mediante el ADEVA se indica que no existe diferencia significativa entre bloques, presentándose un campo con homogeneidad, mientras que entre tratamientos si existe diferencia significativa (Anexo 10). Con Tukey 5% se muestra que hay una mayor altura del tallo en el tratamiento D2F2 (50cc/L, 15 días) (Anexo 11), con un valor de 80,11 cm en comparación de los datos obtenidos del testigo químico 75,70 cm y del testigo absoluto 64,06 cm (Figura 1).

Se puede deducir que el mejor tratamiento en cuanto a elongación del tallo para los 45 dds es D3F2 (100cc/L, 15 días), mientras que en los 60 y 95 dds resultó ser mejor el tratamiento D2F2 (50cc/L, 15 días).

3.2. Diámetro del tallo

Figura 2. Diámetro del tallo expresado en milímetros, a los 45, 60 y 95 días después de la siembra.



Elaboración: Mishell Coque

En la figura 2. Se puede observar los datos obtenidos del diámetro del tallo expresado en milímetros a los 45, 60 y 95 días después de la siembra.

A los 45 dds, al realizar el ADEVA, se indica que no existe diferencia significativa entre bloques, se muestra homogeneidad en el campo, mientras que entre tratamientos si existe diferencia significativa (Anexo 12). A través de Tukey al 5%, se obtuvo que el grosor del tallo incrementó su tamaño en el tratamiento D1F2 (25cc/L, 15 días) (Anexo 13) con un valor de 4,59 mm, en comparación de los demás tratamientos y de los testigos (químico 4,05 mm y absoluto 3,53 mm) (Figura 2).

Para los 60 dds, a través de ADEVA, se demuestra que no existe diferencia significativa entre bloques, es decir se muestra homogeneidad en el campo, mientras que entre tratamientos si existe diferencia significativa (Anexo 14). A través de Tukey al 5%, se obtuvo que el diámetro del tallo incrementó su tamaño en el tratamiento D1F2 (25cc/L, 15 días) (Anexo 15) con un valor de 6,70 mm, en comparación de los

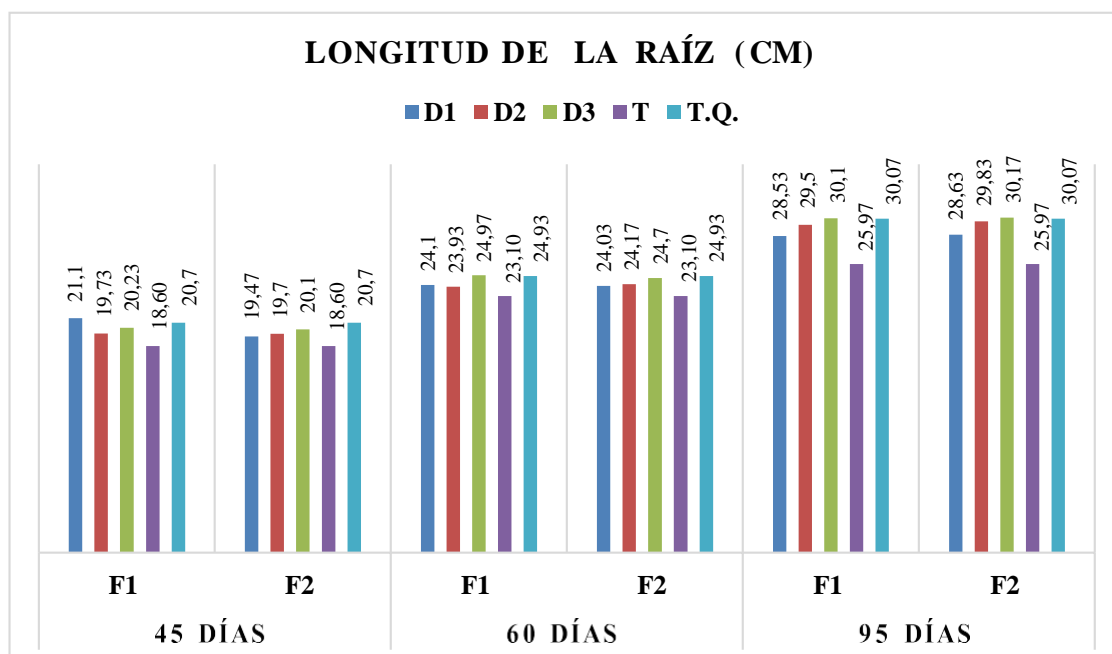
demás tratamientos y de los testigos (químico 6,15 mm y absoluto 5,64 mm) (Figura 2).

En los 95 dds, de acuerdo con el ADEVA no existe diferencia significativa entre bloques, es decir estos campos presentan homogeneidad, difiriendo con los tratamientos en los cuales si existe diferencia significativa (Anexo 16). Mediante la prueba de Tukey al 5% se menciona que el tratamiento con el que mejores resultados se tuvo en cuanto al diámetro del tallo fue D1F2 (25cc/L, 15 días), con un valor de 7,46 mm, difiriendo con el testigo químico que fue de 6,96 mm y en el testigo absoluto de 6,41 mm (Anexo 17).

En los diferentes periodos de la recolección de datos (45, 60 y 95 días después de la siembra), el mejor tratamiento fue el mismo para los 3 tiempos, siendo este D1F2 (25cc/L, 15 días).

3.3. Longitud de Raíz

Figura 3. Longitud de la raíz expresada en centímetros.



Elaboración: Mishell Coque

En la figura 3. Se puede observar la longitud de la raíz expresada en centímetros, los datos fueron tomados a los 45, 60 y 95 días después de la siembra.

En el análisis de varianza para longitud de raíz (cm) en 45 dds se determinó con el ADEVA que se no existe diferencia significativa entre bloques, puesto que se arrojan valores mayores a 0,05, es decir, se presenta homogeneidad en este campo, mientras que entre tratamientos si existen diferencias significativas (Anexo 18). Al realizar la prueba de Tukey al 5% el mejor tratamiento en donde se observó una mayor longitud de la raíz fue D1F1 (25cc/L, 8 días) con un valor de 21,43 cm, en comparación con el testigo químico 20,27 cm y testigo absoluto 18,60 cm (Anexo 19).

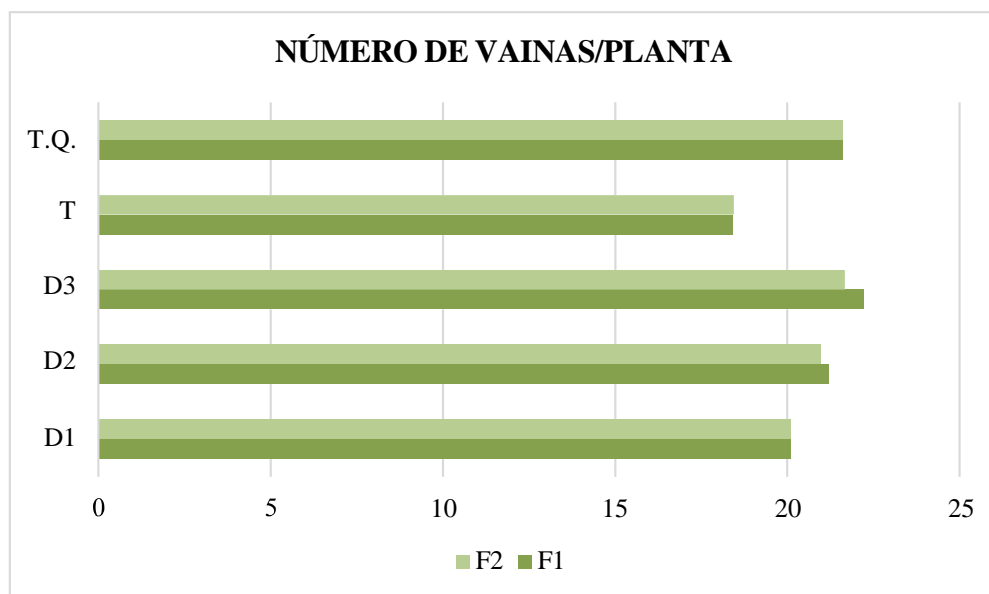
Para los 60 dds, habiendo realizado 5 aplicaciones (8 días de frecuencia) y 3 aplicaciones (15 días de frecuencia), a través del ADEVA se indica que no existe diferencia significativa entre bloques, es decir, el campo presenta homogeneidad, mientras que entre tratamientos si existe diferencia significativa (Anexo 20). De acuerdo con la prueba de comparación de medias Tukey al 5%, el mejor tratamiento con el cual se demostró una mayor longitud de la raíz fue D3F1 (100cc/L, 8 días) con un valor de 24,97 cm, difiriendo mínimamente con el testigo químico que fue de 24,93 cm, mientras que el testigo absoluto fue de 23,10 cm (Anexo 21).

En los 95 dds, habiendo realizado 8 aplicaciones (8 días de frecuencia) y 5 aplicaciones (15 días de frecuencia), mediante el ADEVA se estableció que no existe diferencia significativa entre bloques, es decir que este campo presenta homogeneidad, mientras que entre tratamientos si existe diferencia significativa (Anexo 22). El tratamiento con el que mejores resultados se obtuvieron de acuerdo con la prueba de Tukey al 5% fue D3F2 (100cc/L, 15 días), con un valor de 30,17 cm, teniendo un minúsculo balance con los valores del testigo químico que fue de 30,07 cm, mientras que con el testigo absoluto si difirieron sus valores, siendo este de 25,97 cm (Anexo 23).

Por otro lado, se visualizaron nódulos de gran tamaño en las raíces del cultivo (Anexo 5), además que se presentaron diferencias cualitativas entre las raíces de los distintos tratamientos (Anexo 4).

3.4. Número de Vainas

Figura 4. Número de vainas, 95 días después de la siembra.



Elaboración: Mishell Coque

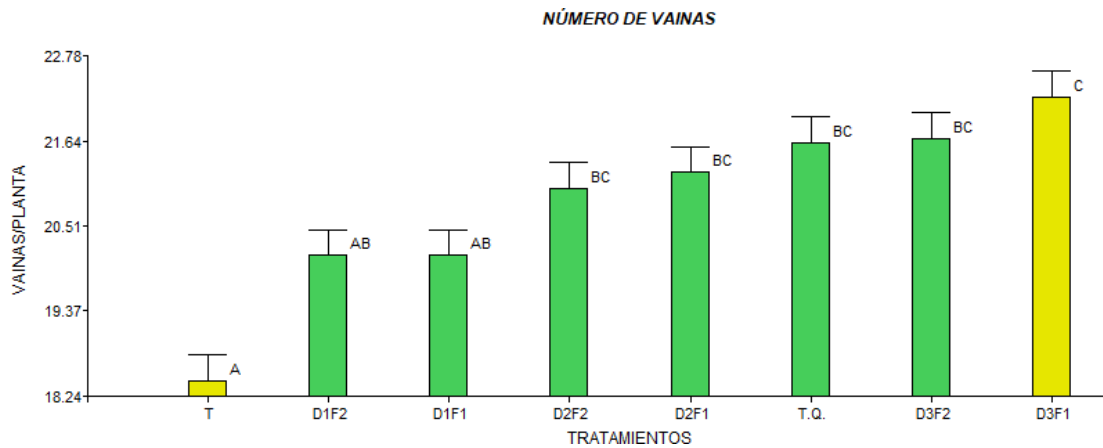
En la figura 4, se puede observar la media del número de vainas/planta por tratamiento, estas fueron cosechadas a los 95 días después de la siembra.

En el análisis de varianza se determinó que no existe diferencia significativa entre bloques, es decir, este campo presenta homogeneidad, mientras que entre tratamientos si existe diferencia significativa (Anexo 24).

Mediante la prueba de comparación de Medias Tukey al 5% se comprobó que el mejor tratamiento fue D3F1 (100cc/L, 8 días) con un número de vainas/planta en verde de 22,22 difiriendo del testigo químico que fue de 21,61 y del testigo absoluto de 18,44 (Anexo 25).

Como se puede observar en la figura 1, los tratamientos que se encuentran en columnas con una misma letra en común no son significativamente diferentes entre sí, sin embargo, los tratamientos con letras diferentes si presentan diferencias, siendo el T el tratamiento con más bajos resultados y D3F1 con los mejores.

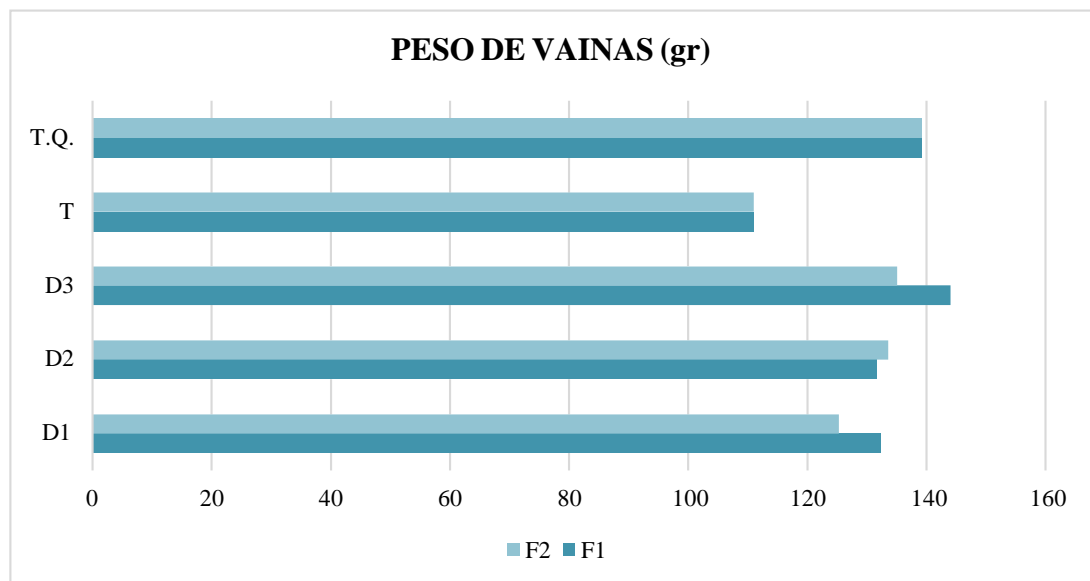
Figura 5. Tukey al 5%, número de vainas/tratamiento, 95 días después de la siembra.



Elaboración: Mishell Coque

3.5. Peso de vainas

Figura 6. Peso de vainas cosechadas a los 95 días después de la siembra.



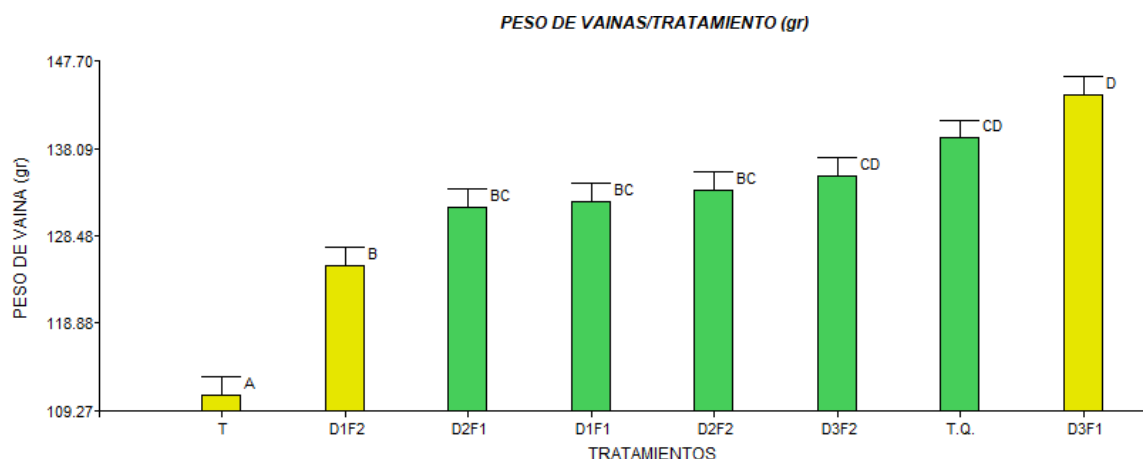
Elaboración: Mishell Coque

En la figura 6. Se puede observar los datos obtenidos del peso de las vainas por tratamiento cosechadas a los 95 días después de la siembra.

En el análisis de varianza se determinó que existe diferencias significativas entre tratamientos, mientras que, entre bloques no se presentan, por lo tanto, se muestra homogeneidad en este campo (Anexo 24). De acuerdo con la prueba de comparación de Medias Tukey al 5% se demostró que el mejor tratamiento fue D3F1 (100cc/L, 8 días) proyectando un peso de vainas/planta de 144,03 gr, en comparación con los demás tratamientos y testigos (Químico 139,24 gr y Absoluto 111,01 gr) (Anexo 25).

Sin embargo, en la figura 7 se visualizan los tratamientos que no son significativamente diferentes entre sí, los mismos que tienen una letra en común entre sí, mientras que el tratamiento T, si presenta diferencias significativas en contraste con los demás tratamientos.

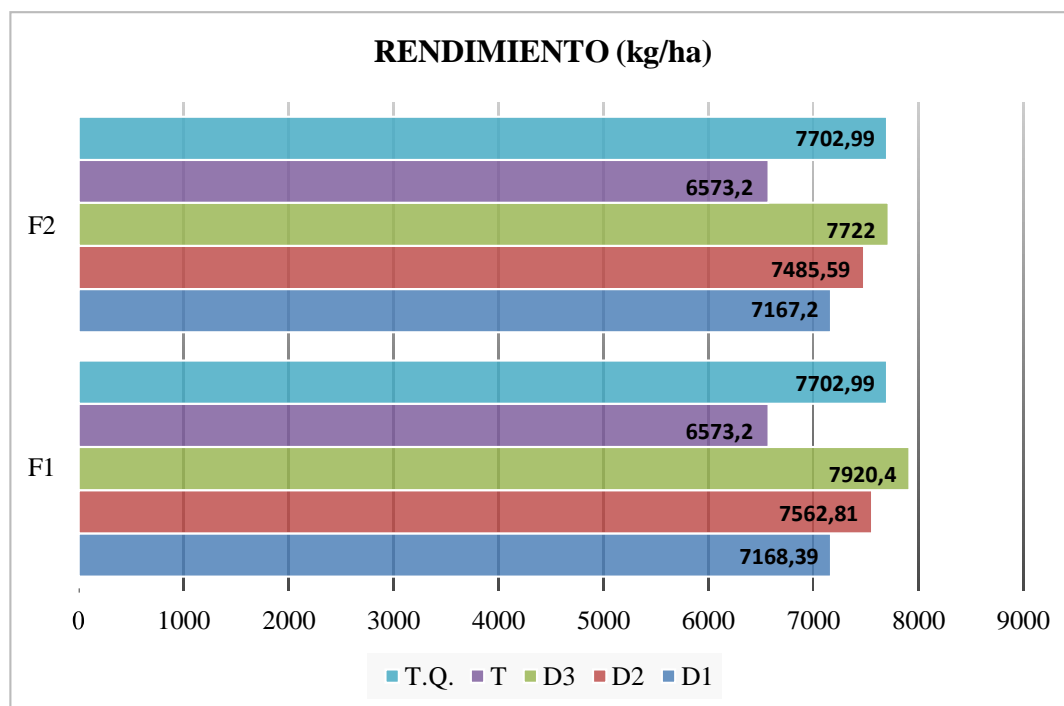
Figura 7. Tukey al 5%, peso de vainas/tratamiento, 95 días después de la siembra.



Elaboración: Mishell Coque

3.6. Rendimiento

Figura 8. Rendimiento del cultivo expresado en kg/ha de vaina verde.



Elaboración: Mishell Coque

En la figura 8 se puede observar el rendimiento del cultivo, expresado en kilogramos por hectárea (Kg/ha), los datos fueron recolectados a los 95 días después de la siembra.

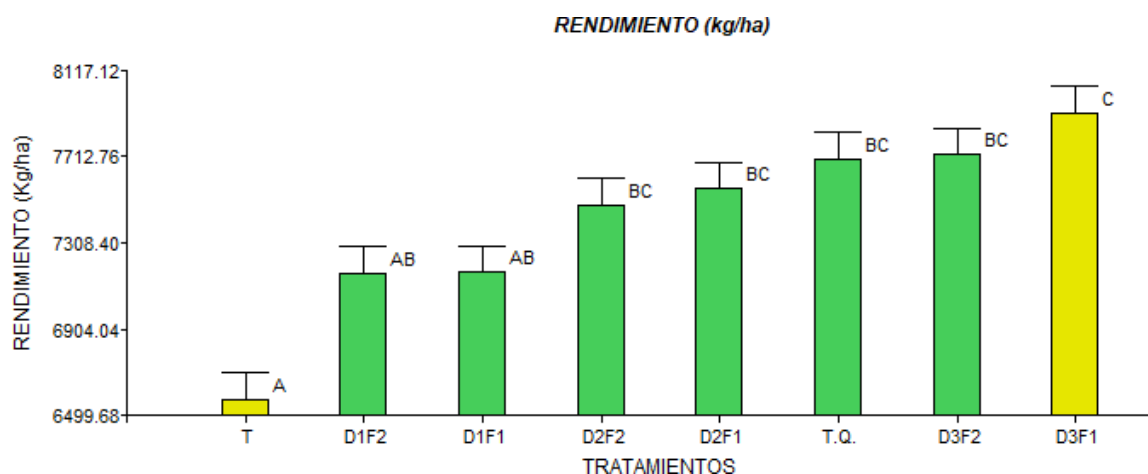
Se determinó el rendimiento de los distintos tratamientos mediante la fórmula descrita por FAO (s/f), tomando en cuenta cada uno de los valores obtenidos con anterioridad (Anexo 30).

Con el Análisis de Varianza se obtuvo una significación estadística para todos los tratamientos, en donde se indica que no existe diferencia significativa entre bloques, es decir este campo presenta homogeneidad, mientras que entre tratamiento si existe diferencia significativa (Anexo 28).

Mediante Tukey al 5% se determinó que el mejor tratamiento fue D3F1 (100cc/L, 8 días) con un rendimiento de 7920,40 kg/ha en vaina verde, difiriendo del testigo químico que fue de 7702,99 kg/ha y del testigo absoluto que fue de 6573,20 kg/ha (Anexo 29).

Por otro lado, en la figura 9, se puede observar que el tratamiento menos eficiente fue el Testigo Absoluto (T), mientras que el tratamiento D3F1 presentó una tendencia alta en rendimiento, resultando ser la mejor opción para alcanzar una excelente producción en verde del cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) variedad Temprana Perfecta.

Figura 9. Tukey al 5%, rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) variedad Temprana Perfecta, 95 días después de la siembra.



Elaboración: Mishell Coque

3.7. Discusión

Narváez (2005), a través de su investigación “Evaluación de tres variedades de arveja (*Pisum sativum L.*) en Pichincha”, menciona que el rendimiento del cultivo de arveja variedad Temprana Perfecta fue de 6134 kg/ha, corroborando de esta manera los resultados obtenidos con la culminación de este ensayo, alcanzando un rendimiento de 7920,40 kg/ha de producción en verde. Para ello, se elaboró un biofertilizante a base de Rhizobium, este fue el responsable de alimentar a la planta con fuentes de nitrógeno, puesto que posee la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico y hacerlo asimilable, además que contribuye con la solubilización del fósforo presente en el suelo lo cual beneficia al enraizamiento y floración del cultivo; este fue aplicado en el cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*), en diferentes dosis (25cc/L, 50cc/Ly 100cc/L) y frecuencias (8 y 15 días), además se utilizaron dos testigos, químico (urea46-0-0) y absoluto (sin aplicación), en los cuales los valores conseguidos, fueron de 7702,99 kg/ha testigo químico y 6573,20 kg/ha testigo absoluto. Resultando como el

mejor tratamiento D3F1 (100cc/L, 8 días), con el cual se obtuvieron diferencias significativas en comparación a los demás tratamientos.

En la actualidad, se busca una manera eficiente de reemplazar o reducir el uso de fertilizantes químicos en la agricultura, de tal manera que beneficie la producción de los cultivos. A través de biofertilizantes y/o bioinoculantes poco a poco se ha conseguido llegar a este objetivo, a más de buscar una alternativa que reduzca costos en la producción de alimentos se busca beneficios medio ambientales, pues con el tiempo los suelos se han venido deteriorado por el excesivo uso de materiales químicamente elaborados, además de contaminar suelo, agua y aire, la salud humana de quienes consumimos productos se ve afectada, por ello los productos elaborados o formulados a base de microorganismos resultan ser una alternativa tanto sustentable como sostenible, ya que el agricultor podrá seguir utilizando el suelo para la producción de alimentos por muchos años más, sin que este se vea afectado por los químicos.

3.8. Verificación de hipótesis

De acuerdo con los resultados obtenidos y la interpretación de los mismos, la aplicación del biofertilizante a base de *Rhizobium* en el cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) variedad Temprana Perfecta, nos da paso a aceptar la hipótesis planteada, puesto que el empleo del biofertilizante favoreció el rendimiento del cultivo, arrojando valores de 7920,40 kg/ha en vaina verde, excelentes resultados siendo esta una variedad precoz.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- En base a los resultados obtenidos tanto en las características morfoagronómicas como en la producción del cultivo, se concluye que el biofertilizante a base de *Rhizobium* contribuye beneficiosamente en el comportamiento del mismo, puesto que al realizar el ensayo conjuntamente con el análisis de varianza correspondiente, los valores obtenidos se muestran positivos tal y como lo esperado.
- Se establecieron 8 tratamientos en la ejecución del ensayo, los mismos que constaron de diferentes dosis (25cc, 50cc y 100cc) y frecuencias (8 y 15 días) de aplicación del biofertilizante elaborado. Al culminar con la investigación y alcanzando un rendimiento en producción de 7920,40 kg/ha en vaina verde, se determinó que la mejor dosis de aplicación fue de 100cc de biofertilizante por litro de agua.
- De acuerdo con los resultados obtenidos del rendimiento de cultivo expresado en kg/ha se estableció que la frecuencia óptima de aplicación del biofertilizante por litro de agua fue de 8 días, corroborando con **(Boraste et al. 2009)**, el cual menciona que el uso correcto y aplicación de fertilizantes elaborados a base de microorganismos (bacterias y/u hongos), deben ser periodos no mayores a 8 días entre aplicaciones, puesto que con ello se pretende la aceleración de procesos microbianos en el suelo.
- A través del ensayo realizado, se describieron las características morfoagronómicas del cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) variedad Temprana Perfecta, de acuerdo con los tratamientos aplicados (D1F1, D1F2, D2F1, D2F2, D3F1, D3F1, T, TQ), los mejores resultados visiblemente fueron, en

longitud de tallo 56,80 cm (45 dds), 77,79 cm (60 días), 80,11 cm (95 dds), diámetro de tallo 4,59 mm (45 dds), 6,94 mm (60 días), 7,15 mm (95 dds), longitud de raíz 20,93 cm (45 dds), 24,97 cm (60 días), 30,17 cm (95 dds), número de vainas promedio 22,22/tratamiento (95 dds), peso de vainas en verde promedio 144,03 gr/tratamiento (95 dds), en cuanto a la etapa vegetativa y reproductiva del cultivo.

Recomendaciones

- Promover el uso de biofertilizantes elaborados con microorganismos benéficos, con la finalidad de obtener un suelo apto para la producción de cultivos, proteger la diversidad microbiana existente en el mismo y reducir el uso de fertilizantes sintéticos que afectan la rizosfera.
- Aplicar el biofertilizante directamente en el suelo, con el fin de comprobar si existe la misma o mayor efectividad en comparación del ensayo, cuya aplicación fue en sustrato comercial.
- Elaborar biofertilizantes con diferente tipo de microorganismos, con el propósito de cubrir todas las necesidades nutricionales de los cultivos, puesto que existen gran diversidad de microorganismos que cumplen diferente función dentro de la rizosfera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agricultura Técnica. 2007. Publicación de Investigaciones Agropecuarias, INIA. En línea. Consultado el 20 jun. 2019. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php/script_sci_serial/pid_0718-5839/Ing_es/nrm_is.
- Agrogenesis. 2018. Sustrato Pindstrup naranja Plus. En línea. Consultado 2 de abril del 2021. Disponible en <http://www.agrogenesis.com/wp-content/uploads/2018/03/FICHA-SUSTRATO.pdf>
- Arévalo, A. 2019. Evaluación de un biofertilizante líquido a base de excretas de cerdo en la producción de arveja (*Pisum sativum L.*) var. Quantum. Ambato, Ecuador. Tesis de grado previo a la obtención del título del Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato.
- Arévalo, H. 2013. Evaluación de cinco variedades de arveja (*Pisum sativum*) bajo condiciones de invernadero en Tumbaco-Pichincha. Quito, Ecuador. Tesis de grado previo a la obtención del título del Ingeniero en Agroempresa. Universidad San Francisco de Quito.
- Boraste, A.; Vamsi, K.K.; Jhadav, A.; Khairnar, Y.; Gupta, N.; Trivedi, S.; Joshi, B. 2009. Biofertilizers: A novel tool for agriculture. En línea. Consultado 26 de mayo del 2021. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/uso-de-biofertilizantes-en-la-agricultura-ecologica>
- Cabrera, Y.; Santana, Y.; Miranda, E. 2017. Efecto de la inoculación de *Rhizobium* sobre el crecimiento de *Phaseolus vulgaris* (frijol) en condiciones semicontroladas. En línea. Consultado 26 de mayo del 2021. Disponible en <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/226>
- Cangas, K. 2017. Efectos de la aplicación de fungicidas elicitores químicos y biológicos en el control de Mildiu vellosa (*Peronospora sp*) en dos variedades de arveja (*Pisum sativum L.*), en la zona de Canchaguano, cantón Montufar, provincia del Carchi. Tesis Ing. Agr. Carchi, Ecuador, Universidad Técnica de Babahoyo.

- Carapaz, N.; Román, N. 2012. Respuesta de tres variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) a cuatro aplicaciones de biofertilizantes en Bolívar provincia del Carchi. En línea. Consultado 26 de mayo del 2021. Disponible en https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTN_1c2eaaab37bc1f608338f8be502b94c8
- Chaudhary, R.; Nanda, J.; Tran, D. s/f. Estimación de rendimiento de cultivos. En línea. Consultado 14 de marzo 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/y2778s/y2778s01.htm#TopOfPage>
- Chipana, V.; Clavijo, C.; Medina, P.; Castillo, D.; 2017. Inoculación de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes concentraciones de *Rhizobium etli* y su influencia sobre el rendimiento del cultivo. En línea. Consultado 26 de mayo del 2021. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162017000200003
- Corrales, L.; Arévalo, Z.; Moreno, V. 2014. Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal. En línea. Consultado 26 de octubre 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v12n21/v12n21a06.pdf>
- Cuadrado, B.; Rubio, G.; Santos, W. 2009. Caracterización de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (con habilidad de nodulación) seleccionados de los cultivos de fríjol caupi (*Vigna unguiculata*) como potenciales bioinóculos. En línea. Consultado el 25 de mayo 2019. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74182009000100006
- Ecured, s/f. *Rhizobium sp.*, taxonomía. En línea. Consultado el 25 de septiembre 2019. Disponible en <https://www.ecured.cu/Rhizobium>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 1998. El cultivo de la habichuela. 3ª ed Cali Litoncecoa. pp. 2-21.
- Ferrara, L.; Toledo, P.; López, L. 1993. *Rhizobium sp.* En línea. Consultado el 25 de mayo 2019. Disponible en

<http://ri.ues.edu.sv/2785/1/TRABAJO%20FINAL%20ELABORACION%20DE%20MICROESFERAS%20MATRICIALES%20DE%20ASA.pdf>

Ferraris, G.; Couretot, L. 2012. Experimento de nutrición en el cultivo de arveja. En línea. Consultado el 20 de junio del 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_experimentos_de_nutricin_en_el_cultivo_de_arveja.pdf

Grupoandina. 2019. Ficha técnica Carbonyl. Consultado el 03 de agosto del 2021. En línea. Consultado 26 de octubre del 2019. Disponible en http://grupoandina.com.pe/media/uploads/ficha_tecnica/ficha_tecnica_carbonyl.pdf

Herrera A.; Acevedo M.; Castro, M.; Marrugo, L., 2012. Preparación de nanopartículas de quitosano modificadas con alginato de sodio con potencial para la liberación controlada de medicamentos. En línea. Consultado 26 de octubre del 2019. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106786/TOLSÁ%20-%20Diseño%20de%20un%20sistema%20de%20doble%20encapsulación%20para%20la%20liberación%20selectiva%20de%20compuestos%20ac...pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Infoagro. s/f. Cultivo del Guisante. En línea. Consultado el 9 julio 2020. Disponible en <https://www.infoagro.com/hortalizas/guisantes.htm>

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL ECUADOR (INAMHI), 2016. Boletín Climatológico Semestral 2016. Quito, Ecuador.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA). 2019. Biofertilizante de Rhizobium. Consultado el 17 septiembre 2020. Disponible en www.inta.es

Kloepper J.; Schroth, M. 1978. Plant growth-promoting Rhizobacteria on radishes. En línea. Consultado 26 de octubre 2019. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=5758175&pid=S0187-7380201300010000700020&lng=es

- López, J. 1984. Inoculación de leguminosas forrajeras. En línea. Consultado el 06 julio 2020. Disponible en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR02985.pdf>
- López, L.; Torres, C. 2006. Estudio cuantitativo de bacterias. En línea. Consultado el 26 de octubre 2019. Disponible en <http://www.biologia.edu.ar/microgeneral/tp5.pdf>
- Loredo, C.; López, L.; Espinosa D. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: una revisión. En línea. Consultado el 26 de enero 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/573/57322211.pdf>
- Narváez, H. 2005. Evaluación de la productividad de tres variedades de arveja (*Pisum sativum* L.), parroquia Yaruquí - provincia de Pichincha. Tesis de grado previo a la obtención del título del Ingeniero en Administración y Producción Agropecuaria. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja.
- Novoa, L. 2010. *Pisum sativum*. En línea. Consultado el 06 julio 2020. Disponible en <https://www.sinavimo.gob.ar/cultivo/pisum-sativum>
- Palate, F. 2012. Densidad de siembra e inoculación de Rhizobium (*Rhizobium meliloti*) en semillas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.) en semilleros. Tesis de grado previo a la obtención del título del Ingeniero Agrónomo. Ambato, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato.
- Parra, P. 2004. Cultivo de arveja. En línea. Consultado el 26 de octubre 2019. Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2038/2/03%20AGP%20147%20TESIS.pdf>
- Peralta, E. 2007. Manual Agrícola de Leguminosas Editorial INIAP Quito, Ecuador.
- Rivera, D. 2012. Formulación de un prototipo de biofertilizante con base en *Rhizobium* sp. En línea. Consultado 15 mayo 2019. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/7026/1/01192544.2012.pdf>
- Rojas, D. 2009. Estandarización de un medio de cultivo complejo para la multiplicación de la cepa C50 de *Rhizobium* sp. En línea. Consultado 15 mayo

2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/306022781_Estandarizacion_de_un_medio_de_cultivo_complejo_para_la_multiplicacion_de_la_cepa_C50_de_Rhizobium_sp
- Santillana, N.; Zúñiga, D.; Arellano, C. 2012. Capacidad promotora del crecimiento en cebada (*Hordeum vulgare*) y potencial antagónico de *Rhizobium leguminosarum* y *Rhizobium etli*. En línea. Consultado el 26 de octubre 2019. Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162005000100007&script=sci_arttext&tlng=en
- Syngenta. s/f. Ficha técnica Karate zeón. En línea. Consultado el 03 de agosto del 2021. Disponible en https://www.syngenta.com.ar/sites/g/files/zhg331/f/media/2020/08/15/karate_con_tecnologia_zeon_etiqueta.pdf?token=1597498045
- Sotomayor, P. 2013. Efecto de la inoculación con *Rhizobium* sobre el rendimiento de dos cultivares de haba (*Vicia faba* L.) de crecimiento determinado, establecidos en dos fechas de siembra. Santiago, Chile. Tesis de grado previa a la obtención del título del Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile.
- Subía, C.; Peralta, E.; Falconí, E.; Pinzón, J.; Mooney, D.; Swinton, S. 2007. Diagnóstico sobre el cultivo de fréjol arbustivo y el uso de pesticidas en el sistema de producción, en los valles del Chota y Mira. Provincias Imbabura y Carchi, Ecuador.
- Valle, S. 2009. Alternativas de fertilización en los cultivos del maíz (*Zea mays*) y la papa china (*Colocasia esculenta*) en suelos del orden Inceptisoles del cantón Pastaza. En línea. Consultado 21 mayo 2019. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/62/TESIS%20DE%20SEGUNDO%20BENEDICTO%20VALLE%20RAM%C3%8DR%20EZ.pdf?sequence=1>
- Vessey, J. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. En línea. Consultado 26 de octubre 2019. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=5758215&pid=S0187-7380201300010000700040&lng=es

- Villareal, F. 2006. Determinación del efecto en la productividad de cinco dosis del bio-estimulante “Florone” en tres variedades de arveja (*Pisum sativum*) aplicado en dos épocas. San José-Carchi. Tesis de grado previo a la obtención del título del Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Virgen, L. 2013. Biofertilizante, En línea. Consultado el 17 de septiembre 2020. Disponible en: <https://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/biofertilizantes>
- Wang, T.; Martínez, J.; López, I. 2002. Rhizobium y su destacada simbiosis con plantas. Universidad Nacional Autónoma de México. En línea. Consultado el 15 mayo 2019. Disponible en <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap8/>

ANEXOS

Anexo 1. Biofertilizante a base de Rhizobium



Anexo 2. Establecimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Temprana Perfecta, 30 dds.



Anexo 3. Cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Temprana Perfecta en fructificación.



Anexo 4. Raíces del cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*) variedad Temprana Perfecta, diferentes tratamientos, 95 dds.



Anexo 5. Nodulación en raíces, simbiosis con *Rhizobium* (95dds).



Anexo 6. Análisis de Varianza, longitud del tallo 45 días dds

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	210,90	9	23,43	4,22	0,0082
BLOQUES	10,28	2	5,14	0,92	0,4195 ns
TRATAMIENTOS	200,62	7	28,66	5,16	0,0045 *
Error	77,83	14	5,56		
Total	288,74	23			

Leyenda: P-valor >0,05 no hay diferencias; p <0,05 si hay diferencias

* significativo al 5%; ns: no significativo

Anexo 7. Prueba de significación Tukey al 5%, longitud del tallo 45 días dds

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,79341
Error: 5,5596 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T	46,81	3	1,36	A	
D3F1	52,65	3	1,36	A	B
T.Q.	52,69	3	1,36	A	B
D2F1	54,32	3	1,36		B
D2F2	54,57	3	1,36		B
D1F1	55,11	3	1,36		B
D1F2	55,84	3	1,36		B
D3F2	56,80	3	1,36		B

Anexo 8. Análisis de Varianza, longitud del tallo 60 días dds

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	467,91	9	51,99	4,36	0,0071	
BLOQUES	29,88	2	14,94	1,25	0,3162	ns
TRATAMIENTOS	438,04	7	62,58	5,24	0,0042	*
Error	167,08	14	11,93			
Total	635,00	23				

* significativo al 5%; ns: no significativo

Anexo 9. Prueba de significación Tukey al 5%, longitud del tallo 60 días dds

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,95328
Error: 11,9344 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T	62,41	3	1,99	A	
D1F1	69,69	3	1,99	A	B
D1F2	72,77	3	1,99		B
D3F2	72,77	3	1,99		B
D3F1	73,71	3	1,99		B
T.Q.	73,72	3	1,99		B
D2F1	74,91	3	1,99		B
D2F2	77,79	3	1,99		B

Anexo 10. Análisis de Varianza, longitud del tallo 95 días dds

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	522,50	9	58,06	4,83	0,0045	
BLOQUES	25,68	2	12,84	1,07	0,3702	ns
TRATAMIENTOS	496,82	7	70,97	5,90	0,0024	*
Error	168,38	14	12,03			
Total	690,89	23				

* significativo al 5%; ns: no significativo

Anexo 11. Prueba de significación Tukey al 5%, longitud del tallo 95 días dds

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,99195
Error: 12,0274 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T	64,06	3	2,00	A	
D1F1	71,01	3	2,00	A	B
D1F2	74,75	3	2,00		B
D3F2	75,39	3	2,00		B
T.Q.	75,70	3	2,00		B
D3F1	76,34	3	2,00		B
D2F1	77,25	3	2,00		B
D2F2	80,11	3	2,00		B

Anexo 12. Análisis de Varianza, diámetro del tallo 45 días dds

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2,31	9	0,26	4,02	0,0101	
BLOQUES	0,17	2	0,09	1,35	0,2909	ns
TRATAMIENTOS	2,14	7	0,31	4,78	0,0062	*
Error	0,89	14	0,06			
Total	3,20	23				

* significativo al 5%; ns: no significativo

Anexo 13. Prueba de significación Tukey al 5%, diámetro del tallo 45 días dds

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,72805
Error: 0,0639 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T	3,53	3	0,15	A	
D2F2	4,00	3	0,15	A	B
T.Q.	4,05	3	0,15	A	B
D1F1	4,21	3	0,15	A	B
D3F2	4,30	3	0,15		B
D2F1	4,33	3	0,15		B
D3F1	4,37	3	0,15		B
D1F2	4,59	3	0,15		B

Anexo 14. Análisis de Varianza, diámetro del tallo 60 días dds

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2.34	9	0.26	3.76	0.0134	
BLOQUES	0.17	2	0.08	1.20	0.3296	ns
TRATAMIENTOS	2.17	7	0.31	4.49	0.0082	*
Error	0.97	14	0.07			
Total	3.30	23				

* significativo al 5%; ns: no significativo

Anexo 15. Prueba de significación Tukey al 5%, diámetro del tallo 60 días dds

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.75728
 Error: 0.0691 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
D1F2	6.70	3	0.15	A
D3F1	6.49	3	0.15	A
D2F1	6.42	3	0.15	A
D3F2	6.41	3	0.15	A
D1F1	6.31	3	0.15	A B
T.Q.	6.15	3	0.15	A B
D2F2	6.11	3	0.15	A B
T	5.64	3	0.15	B

Anexo 16. Análisis de Varianza, diámetro del tallo 95 días dds

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2.36	9	0.26	4.73	0.0050	
BLOQUES	0.07	2	0.04	0.67	0.5271	ns
TRATAMIENTOS	2.28	7	0.33	5.89	0.0024	*
Error	0.78	14	0.06			
Total	3.13	23				

* significativo al 5%; ns: no significativo

Anexo 17. Prueba de significación Tukey al 5%, diámetro del tallo 95 días dds

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.67794
 Error: 0.0554 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
D1F2	7.46	3	0.14	A
D3F2	7.30	3	0.14	A
D3F1	7.28	3	0.14	A
D2F1	7.25	3	0.14	A
D1F1	7.20	3	0.14	A
T.Q.	6.96	3	0.14	A B
D2F2	6.92	3	0.14	A B
T	6.41	3	0.14	B

Anexo 18. Análisis de Varianza, longitud de la raíz 45 días dds

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	13,77	9	1,53	6,13	0,0014	
BLOQUES	0,06	2	0,03	0,12	0,8861	ns
TRATAMIENTOS	13,71	7	1,96	7,85	0,0006	*
Error	3,49	14	0,25			
Total	17,26	23				

* significativo al 5%; ns: no significativo

Anexo 19. Prueba de significación Tukey al 5%, longitud de la raíz 45 días dds

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,43903
Error: 0,2495 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
D1F1	21,43	3	0,29	A	
T.Q.	20,27	3	0,29	A	B
D3F1	20,23	3	0,29	A	B
D3F2	20,10	3	0,29	A	B
D2F1	19,73	3	0,29	B	C
D2F2	19,70	3	0,29	B	C
D1F2	19,47	3	0,29	B	C
T	18,60	3	0,29		C

Anexo 20. Análisis de Varianza, longitud de la raíz 60 días dds

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8,28	9	0,92	8,92	0,0002
BLOQUES	0,23	2	0,12	1,12	0,3538 ns
TRATAMIENTOS	8,05	7	1,15	11,15	0,0001 *
Error	1,44	14	0,10		
Total	9,72	23			

* significativo al 5%; ns: no significativo

Anexo 21. Prueba de significación Tukey al 5%, longitud de la raíz 60 días dds

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,92482
Error: 0,1030 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
D3F1	24,97	3	0,19	A	
T.Q.	24,93	3	0,19	A	B
D3F2	24,70	3	0,19	A	B C
D2F2	24,17	3	0,19	A	B C
D1F1	24,10	3	0,19	A	B C
D1F2	24,03	3	0,19	B	C
D2F1	23,93	3	0,19		C D
T	23,10	3	0,19		D

Anexo 22. Análisis de Varianza, longitud de la raíz 95 días dds

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	42,53	9	4,73	17,20	<0,0001
BLOQUES	0,15	2	0,08	0,28	0,7618 ns
TRATAMIENTOS	42,38	7	6,05	22,03	<0,0001 *
Error	3,85	14	0,27		
Total	46,38	23			

* significativo al 5%; ns: no significativo

Anexo 23. Prueba de significación Tukey al 5%, longitud de la raíz 95 días dds

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,51040
Error: 0,2748 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
D3F2	30,17	3	0,30	A	
D3F1	30,10	3	0,30	A	B
T.Q.	30,07	3	0,30	A	B
D2F2	29,83	3	0,30	A	B C
D2F1	29,50	3	0,30	A	B C
D1F2	28,63	3	0,30		B C
D1F1	28,53	3	0,30		C
T	25,97	3	0,30		D

Anexo 24. Análisis de Varianza, número de vainas 95 días dds

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30.73	9	3.41	9.52	0.0001
BLOQUES	0.25	2	0.13	0.35	0.7096 ns
TRATAMIENTOS	30.47	7	4.35	12.14	0.0001 *
Error	5.02	14	0.36		
Total	35.74	23			

* significativo al 5%; ns: no significativo

Anexo 25. Prueba de significación Tukey al 5%, número de vainas 95 días dds

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.72509
Error: 0.3585 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
D3F1	22.22	3	0.35	A	
D3F2	21.67	3	0.35	A	B
T.Q.	21.61	3	0.35	A	B
D2F1	21.22	3	0.35	A	B
D2F2	21.00	3	0.35	A	B
D1F1	20.11	3	0.35		B C
D1F2	20.11	3	0.35		B C
T	18.44	3	0.35		C

Anexo 26. Análisis de Varianza, peso de vainas 95 días dds

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2101.51	9	233.50	20.91	<0.0001
BLOQUES	21.75	2	10.87	0.97	0.4018 ns
TRATAMIENTOS	2079.77	7	297.11	26.61	<0.0001 *
Error	156.32	14	11.17		
Total	2257.84	23			

* significativo al 5%; ns: no significativo

Anexo 27. Prueba de significación Tukey al 5%, peso de vainas en verde 95 días dds

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=9.62746
 Error: 11.1659 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
D3F1	144.03	3	1.93	A	
T.Q.	139.24	3	1.93	A	B
D3F2	135.09	3	1.93	A	B
D2F2	133.56	3	1.93		B C
D1F1	132.29	3	1.93		B C
D2F1	131.68	3	1.93		B C
D1F2	125.26	3	1.93		C
T	111.01	3	1.93		D

Anexo 28. Análisis de Varianza, rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Temprana Perfecta 95 días después de la siembra

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3902759.22	9	433639.91	9.52	0.0001 ns
BLOQUES	32026.22	2	16013.11	0.35	0.7096 *
TRATAMIENTOS	3870733.00	7	552961.86	12.14	0.0001
Error	637526.67	14	45537.62		
Total	4540285.89	23			

* significativo al 5%; ns: no significativo

Anexo 29. Prueba de significación Tukey al 5%, rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Temprana Perfecta 95 días después de la siembra.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=614.82355
 Error: 45537.6190 gl: 14

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
D3F1	7920.40	3	123.20	A	
D3F2	7722.00	3	123.20	A	B
T.Q.	7702.99	3	123.20	A	B
D2F1	7562.81	3	123.20	A	B
D2F2	7485.59	3	123.20	A	B
D1F1	7168.39	3	123.20		B C
D1F2	7167.20	3	123.20		B C
T	6573.20	3	123.20		C

Anexo 30. Cálculo del rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Temprana Perfecta, 95 días después de la siembra.

BLOQUES	TRAT.	VAINAS/ PLANTA	PESO VAINA	PESO VAINA/PLANTA	GRANO/ VAINA	GRANOS/ PLANTA	PESO 1000 SEMILLAS	VAINA M2	PORCENTAJE DE ENGROSE	RENDIMIENTO
I	D1F1	20	6.6	132	7.9	158.00	835.44	120	90	7128.00
II	D1F1	20.67	6.6	136.422	7.9	163.29	835.44	124.02	90	7366.79
III	D1F1	19.67	6.6	129.822	7.9	155.39	835.44	118.02	90	7010.39
I	D1F2	20.33	6.6	134.178	7.9	160.61	835.44	121.98	90	7245.61
II	D1F2	19.33	6.6	127.578	7.9	152.71	835.44	115.98	90	6889.21
III	D1F2	20.67	6.6	136.422	7.9	163.29	835.44	124.02	90	7366.79
I	D2F1	21	6.6	138.6	7.9	165.90	835.44	126	90	7484.40
II	D2F1	21.33	6.6	140.778	7.9	168.51	835.44	127.98	90	7602.01
III	D2F1	21.33	6.6	140.778	7.9	168.51	835.44	127.98	90	7602.01
I	D2F2	20.67	6.6	136.422	7.9	163.29	835.44	124.02	90	7366.79
II	D2F2	21.67	6.6	143.022	7.9	171.19	835.44	130.02	90	7723.19
III	D2F2	20.67	6.6	136.422	7.9	163.29	835.44	124.02	90	7366.79
I	D3F1	22	6.6	145.2	7.9	173.80	835.44	132	90	7840.80
II	D3F1	21.67	6.6	143.022	7.9	171.19	835.44	130.02	90	7723.19
III	D3F1	23	6.6	151.8	7.9	181.70	835.44	138	90	8197.20
I	D3F2	21.67	6.6	143.022	7.9	171.19	835.44	130.02	90	7723.19
II	D3F2	21	6.6	138.6	7.9	165.90	835.44	126	90	7484.40
III	D3F2	22.33	6.6	147.378	7.9	176.41	835.44	133.98	90	7958.41
I	T	18	6.6	118.8	7.9	142.20	835.44	108	90	6415.20
II	T	19.33	6.6	127.578	7.9	152.71	835.44	115.98	90	6889.21
III	T	18	6.6	118.8	7.9	142.20	835.44	108	90	6415.20
I	T.Q.	21.67	6.6	143.022	7.9	171.19	835.44	130.02	90	7723.19
II	T.Q.	21.5	6.6	141.9	7.9	169.85	835.44	129	90	7662.60
III	T.Q.	21.67	6.6	143.022	7.9	171.19	835.44	130.02	90	7723.19