

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO**

FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTÉCNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



**“INOCULACIÓN DE SEMILLAS CON *Rhizobium phaseoli*. EN LA
PRODUCCIÓN DE FRIJOL CANARIO (*Phaseolus vulgaris* L.),
OCOBAMBA, CHINCHEROS, APURÍMAC 2019.”**

**TESIS PRESENTADA POR LA
BACHILLER:**

Ángela Sofía Rivera Garamendi

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Agropecuario

ASESORES:

M.sc. Luis Justino Lizárraga Valencia

Dr. Cayo García Blasquez Morote

Andahuaylas – Apurímac

2023

DEDICATORIA

A Dios por permitirme realizar esta tesis.

A mis amados padres Rogelio Rivera y Timotea Garamendi, a mi hermana Cristina por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera y creer en mi para lograrlo.

A mis asesores de tesis M.Sc. Luis Lizárraga y Dr. Blázquez Cayo.

A todos aquellos que sin pensarlo fueron motivo de mi anhelo y superación.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad San Antonio de Abad de Cusco, por abrirme sus espacios para mi formación.

A mis maestros quienes han sido líderes en mi formación para transmitirme sus conocimientos, por ellos he logrado el desarrollo de esta tesis con éxito.

A la Universidad San Cristóbal de Huamanga, que a través de sus laboratorios colaboró en el desarrollo de esta tesis.

RESUMEN

El frijol *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae), es el más conocido por la población, su fácil cultivo, bajo costo y aportes nutricionales lo hacen indispensable en los platos de los peruanos. Son muchos los beneficios que se obtienen de este alimento, el aporte proteico, vitamínico y de algunos minerales, sin dejar de mencionar su origen vegetal que lo hace carecer de las grasas saturadas animales con 0% en colesterol. Su siembra se adapta fácilmente a las condiciones climáticas y propiedades del suelo de nuestro país. En este cultivo la Fijación Biológica de Nitrógeno es una opción a la fertilización con nitrógeno, ya que puede disminuir muchos de los efectos adversos causados al hábitat por químicos comerciales. El objeto general de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes dosis de *Rhizobium phaseoli* (7, 14 y 21 gr de inoculante/320 gr en semillas de frijol) sobre el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Canario en condiciones de campo, en el distrito de Ocobamba Provincia de Chincheros. Para la comprobación de hipótesis y el logro de objetivos planteados se evaluó: Dosificación del inoculo, Peso fresco del follaje (gr), Peso fresco del follaje (gr), Peso fresco de la raíz (gr), Numero de nódulos, Peso seco de nódulos (gr), % de N de los granos y Características del suelo. Los componentes antes mencionados fueron notablemente estimulados con la inoculación de *Rhizobium*, y aun cuando desde el punto de vista estadístico no hubo diferencias significativas, mejoró el crecimiento vegetativo y el rendimiento, aunque el tratamiento con fertilización nitrogenada fue el mejor. Se observó una importante nodulación en las parcelas sin inocular, demostrando que estas plantas fueron noduladas por cepas nativas, adaptadas a las condiciones del suelo. Se concluye que la inoculación con *R. phaseoli* podría servir como alternativa a los fertilizantes comunes, o disminuir la cantidad de fertilizante nitrogenado que contaminan el ambiente, todos los tratamientos alcanzaron rendimientos similares a lo obtenido con la fertilización nitrogenada.

Palabras claves. *Rhizobium*, *Phaseolus vulgaris*, rendimiento, fertilización.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ÍNDICE.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXO	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
I. PROBLEMAS OBJETO DE ESTUDIO.....	1
1.1. Identificación del problema de investigación.....	1
1.2. Planteamiento del Problema	3
1.1.1. Problema general	3
1.1.2. Problemas específicos.....	3
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	4
2.1. Objetivos.....	4
2.1.1. Objetivo general	4
2.1.2. Objetivos específicos.....	4
2.2. Justificación.....	4
III. HIPÓTESIS	7
3.1. Hipótesis	7
3.1.1. Hipótesis general	7
3.1.2. Hipótesis específicas.....	7
IV. MARCO TEÓRICO	8
4.1. Origen del frijol	8
4.2. Distribución, importancia y situación actual	9
4.3. Botánica	11
4.3.1. Clasificación	11
4.3.2. Características Agronómicas del Canario.....	11
4.3.3. Morfología	12
4.3.4. Fisiología	13
4.3.5. Especies de Importancia en el género Phaseolus.....	14
4.3.6. Desarrollo de la planta.....	14
4.4. Hábito de crecimiento.....	15

4.5.	Factores ambientales que inciden en la producción	16
4.5.1.	Humedad.....	17
4.5.2.	Luminosidad	17
4.5.3.	Suelo	17
4.6.	Sanidad del Cultivo	18
4.6.1.	Malezas.....	18
4.6.2.	Plagas.....	18
4.6.3.	Enfermedades	19
4.7.	Microbiología del suelo	21
4.8.	Descripción del género rhizobium.....	22
4.9.	Propiedades para un buen inoculante	23
4.10.	Factores que influyen en el resultado de una inoculación	25
4.11.	Relación entre los Rhizobium y las plantas.....	25
4.12.	Factores que afectan la fijación de nitrógeno	27
4.12.1.	Factores genéticos.....	27
4.12.2.	Factores nutritivos	27
4.13.	Factores físicos que influyen en la nodulación.....	28
4.14.	Métodos, procedimientos, estrategias o insumos	28
4.12.3.	Inoculación de Rhizobium.....	28
4.15.	Siembra de las semillas inoculadas	29
4.16.	Ventajas de la inoculación con rizobios	29
V.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	30
5.1.	Tipo de investigación.....	30
5.2.	Ubicación espacial.....	30
5.2.1.	Ubicación política.....	30
5.2.2.	Ubicación hidrográfica	30
5.2.3.	Ubicación ecológica	31
5.3.	Ubicación temporal.....	31
5.4.	Materiales y métodos.....	31
5.5.	Descripción de los métodos.....	32
5.5.1.	Material biológico.....	32
5.5.2.	Población	32
5.5.3.	Muestra	33
5.5.4.	Identificación de variables.....	33

5.5.5.	Diseño Experimental	34
5.5.6.	Formulación de la hipótesis experimental	35
5.5.7.	Preparación de las parcelas experimentales.....	36
5.5.8.	Prueba de germinación	37
5.5.9.	Preparación de la inoculación en forma de Pellets	37
5.5.10.	Determinación de las variables biométricas	38
5.5.11.	Control fitosanitario.....	40
5.5.12.	Manejo del riego.....	40
5.5.13.	Análisis del suelo.....	40
VI.	RESULTADOS	44
6.1.	Altura de la planta.....	44
6.2.	Longitud de la raíz.....	45
6.3.	Peso fresco de la parte aérea de la planta	47
6.4.	Peso seco de la parte aérea de la planta	49
6.5.	Peso fresco de la raíz de la planta.....	51
6.6.	Peso seco de la raíz de la planta	52
6.7.	Peso seco del nódulo de la planta	54
6.8.	Peso de la raíz más nódulos de la planta	56
6.9.	Número de nódulos de la raíz.....	57
6.10.	Longitud de la vaina	59
6.11.	Número de granos por vaina.....	61
6.12.	Números de vaina por planta	63
6.13.	Longitud de las vainas	64
	TRATAMIENTOS	65
6.14.	Número de granos.....	66
6.15.	Rendimiento de granos de frijol por tratamiento.....	68
6.16.	Variación del nitrógeno total en grano	69
VII.	DISCUSIÓN.....	73
VIII.	CONCLUSIONES.....	77
IX.	RECOMENDACIONES	78
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
XI.	ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características fenotípicas, genotípicas y simbióticas de <i>Rhizobia</i>	22
Tabla 2 Materiales de campo empleados en el estudio.....	31
Tabla 3 Materiales de oficina empleados en el estudio	32
Tabla 4 Material biológico empleados en el estudio	33
Tabla 5 Operacionalización de variables.....	33
Tabla 6 Tratamientos experimentales empleados en el estudio.....	36
Tabla 7 Prueba porcentaje de germinación.....	37
Tabla 8 Cantidad de inoculante, semilla y agua, solución adhesiva y material de revestimiento para la inoculación en pellet, para una repetición.....	38
Tabla 9 Coeficientes hídricos del suelo	41
Tabla 10 Análisis químico del suelo de la réplica 1	41
Tabla 11 Análisis químico del suelo de la réplica 2	42
Tabla 12 Análisis químico del suelo de la réplica 3	42
Tabla 13 Análisis químico del suelo de la réplica 4	43
Tabla 14 Valores de la altura de la planta (cm) de la especie (<i>Phaseolus vulgaris</i>) var. Canario.....	44
Tabla 15 Análisis de varianza para la variable altura/planta en centímetros (cm) de la especie (<i>Phaseolus vulgaris</i>) var. Canario a los distintos tratamientos	45
Tabla 16 Valores de longitud de la raíz (cm) de la especie (<i>Phaseolus vulgaris</i>)s var. Canario.....	46
Tabla 17 Análisis de varianza para la variable longitud de la raíz (cm) de la especie <i>Phaseolus vulgaris</i> var. Canario a los distintos tratamientos.....	47
Tabla 18 Valores del peso fresco de la parte aérea (gr) de la especie (<i>Phaseolus vulgaris</i>) var. Canario	48
Tabla 19 Análisis de varianza para la variable peso fresco de la parte aérea (gr) de la especie (<i>Phaseolus vulgaris</i>) var. Canario a los distintos tratamientos	49
Tabla 20 Peso seco de la parte aérea de la planta de la especie (<i>Phaseolus vulgaris</i>) var. Canario.....	50
Tabla 21 Análisis de varianza para peso seco de la parte aérea de la planta de (<i>Phaseolus vulgaris</i>) var. Canario a los distintos tratamientos	50
Tabla 22 Valores del peso fresco de raíz (gr) de la especie (<i>Phaseolus vulgaris</i>) var. Canario.....	51

Tabla 23 Análisis de varianza para la variable peso fresco de la raíz (gr) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos	52
Tabla 24 Variación en el peso seco de la raíz de la planta (gr) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario	53
Tabla 25 Análisis de varianza para el peso seco de la raíz de la planta (gr) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos	54
Tabla 26 Valores del peso seco del nódulo (gr) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos.....	55
Tabla 27 Análisis de varianza para la variable peso seco del nódulo (gr) de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos.....	55
Tabla 28 Valores del peso de la raíz más nódulos (gr) de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos.....	56
Tabla 29 Análisis de varianza para la variable del peso de la raíz más nódulos (gr) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos	57
Tabla 30 Valores del número nódulos por raíz de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario.....	58
Tabla 31 Análisis de varianza para la variable del número nódulos por raíz de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos	59
Tabla 32 Valores de la longitud de la vaina (cm) de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos.....	60
Tabla 33 Análisis de varianza para la variable longitud de la vaina (cm) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos	61
Tabla 34 Valores del número de granos por vaina de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos.....	62
Tabla 35 Análisis de varianza para la variable del número de granos por vaina de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos	62
Tabla 36 Números de vaina por planta de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario ...	63
Tabla 37 Análisis de varianza para números de vaina de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos.....	64
Tabla 38 Valores de longitud de las vainas (cm) de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario.....	65
Tabla 39 Análisis de varianza para la variable longitud de las vainas (cm) de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos.....	66
Tabla 40 Valores del número de granos de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario	67

Tabla 41 Análisis de varianza para la variable número de granos de la especie (<i>Phaseolus vulgaris</i>) var. Canario a los distintos tratamientos	67
Tabla 42 Valores del rendimiento de granos de frijol (gr) por planta de <i>Phaseolus vulgaris</i> var. Canario a los distintos tratamientos.....	68
Tabla 43 Valores de los porcentajes de nitrógeno total en fruto en la especie <i>Phaseolus vulgaris</i> var. Canario.....	70
Tabla 44 Análisis de varianza para la variable porcentaje de nitrógeno total en fruto de la especie (<i>Phaseolus vulgaris</i>) var. Canario a los distintos tratamientos	71
Tabla 45 Respuesta de <i>Phaseolus vulgaris</i> var. Canario a los distintos tratamientos, inoculado con <i>Rhizobium phaseoli</i>	71
Tabla 46 Evidencia del resultado de las diferentes dosis de inoculación y su aporte al rendimiento en la planta de (<i>Phaseolus vulgaris</i>) var. Canario	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Croquis de la parcela.....	35
Figura 2 Variación de la altura de la planta ante los distintos tratamientos	45
Figura 3 Variación de longitud de la raíz ante los distintos tratamientos	47
Figura 4 Variación en el peso fresco de la parte aérea (gr) ante los distintos tratamientos	48
Figura 5 Variación del peso seco de la parte aérea de la planta (gr) ante los distintos tratamientos	50
Figura 6 Variación en el peso fresco de la raíz (gr) ante los distintos tratamientos	52
Figura 7 Variación en el peso seco de la raíz de la planta (gr) ante los distintos tratamientos	53
Figura 8 Variación en el peso de los nódulos (gr) ante los distintos tratamientos	55
Figura 9 Variación en el peso de la raíz más los nódulos (gr) ante los distintos tratamientos	57
Figura 10 Variación en número de nódulos ante los distintos tratamientos.....	59
Figura 11 Variación en la longitud de la vaina ante los distintos tratamientos.....	60
Figura 12 Variación en el número de granos por vaina ante los distintos tratamientos.....	62
Figura 13 Números de vainas por la planta ante los distintos tratamientos	64
Figura 14 Variación de longitud de las vainas ante los distintos tratamientos.....	65
Figura 15 Variación del número de granos ante los distintos tratamientos.....	67
Figura 16 Variación en rendimiento de granos de frijol (gr) por planta de (<i>Phaseolus vulgaris</i>) var. Canario a los distintos tratamientos	69
Figura 17 Variación en el porcentaje de nitrógeno total en fruto ante los distintos tratamientos	70

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1 Matriz de consistencia	84
Anexo 2 Fotografía satelital del sector de la parcela de investigación	86
Anexo 3 Fotografía de la variedad Frijol Canario.....	86

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el rubro del frijol es altamente producido en diversos países puesto que aporta proteína económica de calidad, de fácil almacenamiento, con un largo lapso de caducidad, fácil digestibilidad, rápida preparación y agradable sabor, de modo similar, los productores de esta leguminosa tienden a necesitar un mínimo manejo agronómico para producirla, lo cual se traduce en un considerable margen de ganancia. El nivel proteico del frijol oscila entre 22 y 28%, además, es rico en vitaminas, carbohidratos y minerales como el hierro, los frijoles son considerados un alimento el cual suple las necesidades proteicas de la población en general, previene el cáncer y es altamente sugerido por médicos y nutriólogos para prevenir distintas enfermedades bien sea cardiovasculares, obesidad, prevención de anemias (Mesa, 2022).

La leguminosa (*Phaseolus vulgaris L.*) es el frijol más común de su variedad, por tal motivo es el de mayor presencia en la mesa de los peruanos, su alto contenido en vitaminas (complejo B), minerales (zinc, fósforo, potasio, magnesio y calcio), y su riqueza en fibra dietética, carbohidratos y proteínas, lo hacen un alimento imprescindible ya que contiene los nutrientes necesarios para el cuerpo humano (Carmanera et al., 2009). Este importante alimento por su origen vegetal es una proteína que carece de las grasas saturadas que tienen de origen las grasas animales por lo que su composición tiene un porcentaje 0 en colesterol.

Cabe destacar que el frijol es uno de los alimentos más económicos del mercado, sus cualidades nutricionales permiten que sea sustituto de la carne lo que para algunas familias resulta importante ya que baja los costos de la cesta básica.

Esta leguminosa se da con mayor facilidad que otros granos por su gran capacidad de adaptación a varios tipos de suelos y climas. Una de sus cualidades especiales es que no necesita de tanta agua para vivir, sus sembradíos son vulnerables a las sobresaturaciones,

por lo que grandes extensiones de cultivos en edad media pueden sobrevivir solo con el rocío de la mañana (cultivos campo traviesa para granos de consumo y no semilla de siembra).

Los sistemas productivos mayormente utilizados para este tipo de siembra son el monocultivo o agriculturas asociadas. Es importante destacar que esta planta se usa como inyector de N₂ entre plantaciones, lo que indica su capacidad de dejar suelos aptos para otros sembradíos, en conclusión, otros cultivos gozan de la capacidad de esta leguminosa para abonar las tierras.

En Perú, el frijol se cultiva a lo largo de toda la geografía del país, el alto contenido proteico de este rubro suple las necesidades nutricionales de los habitantes de las regiones vulnerables, esto por diferentes factores entre los cuales se pueden mencionar: el acceso a proteína de calidad con bajo valor económico, rápido ingreso al mercado por el corto ciclo del cultivo, durabilidad del producto en los mostradores. Se puede considerar que el cultivo del (*Phaseolus vulgaris*.) es una alternativa de producción para el desarrollo económico de localidades rurales, debido que los agricultores pueden optar por sacar al mercado cosechas con manejo agronómicos a bajo costo sin que se vea comprometido la calidad del producto (Soto, 2022).

A pesar de lo antes expuesto y que el (*Phaseolus vulgaris L*) es uno de los granos más cultivados en el territorio peruano, su siembra se enfrenta a algunas limitantes como la deficiencia de nutrientes del suelo y la incidencia de algunos factores bióticos y abióticos en su crecimiento. Los suelos presentan niveles bajos de fósforo y nitrógeno, pH ácido, sin dejar de considerar las prolongadas sequías y los pocos sistemas de riego, lo cual disminuye la productividad y los atributos del grano de manera significativa; por su lado los otros factores que representan el tiempo, saturación, pH, etc., son protagonistas en este proceso ya que sin sus niveles requeridos es posible que la simbiosis no llegue al término esperado (Ravelo, 1988).

Otro elemento importante que se suma a lo antes señalado es la limitada adquisición de materiales y la falta de preparativo de los agrónomos para el debido uso de fertilizantes e implantación de sistemas de riego, esto trae como consecuencia un muy bajo nivel tecnológico. Otra situación considerable es el uso de fertilizantes sintéticos, ayudan en su momento a la siembra, pero desnutren los suelos, se aplican cada vez en mayores cantidades originando fuertes daños y causando estragos con el agua y el suelo (Gonzales, 2013).

Obtener los fertilizantes comerciales resulta bastante costoso, nutrir los cultivos durante el periodo que dura la siembra acarrea un gasto bastante significativo para el productor, esta particularidad eleva los precios de venta del grano, sin dejar de mencionar la fractura nutricional y muerte de organismos vivos que suma la composición química de estos compuestos. Para ello las alternativas fertilizadoras naturales son una opción considerable para bajar los costos de producción, aunado a los beneficios que genera al ambiente el uso de productos que permitan mantener un equilibrio en este.

Esta investigación muestra el beneficio de estos fertilizantes alternos, se comprueba a través de estudios previos la influencia que ejerce la inoculación en la producción equilibrada del N₂, además un trabajo de campo real donde la inyección del elemento y la proporción necesaria se logró a través de la simbiosis bacteria-planta cuyos resultados fueron similares a los nutrientes de uso común y el ahorro económico totalmente significativo.

En la provincia de Chincheros, la agricultura es la actividad económica predominante de la zona, estas incluyen las actividades con especies animales y vegetales, así como la producción del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) como fuente de generación de ingresos económicos a las familias de la zona y disponibilidad de proteína a bajo costo a los habitantes de la provincia.

En referencia a la localidad de Ocobamba, esta se caracteriza por poseer principalmente un sistema económico dependiente de la producción agrícola para la subsistencia, con signos evidentes de pobreza y desigualdad en la distribución de las riquezas, es por ello que la producción de frijoles constituye una alternativa económica factible para el consumo de alimentos con proteína de calidad por sus bajos costos, de modo similar, el cultivo de frijol es una vía para generar ingresos económicos familiares para mejorar la calidad de vida de los distintos habitantes del sector (Chique et al., 2020).

I. PROBLEMAS OBJETO DE ESTUDIO

1.1. Identificación del problema de investigación

La Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) funciona como una opción importante en la fertilización. Es una alternativa que contribuye a la disminución de los efectos adversos que intervienen en la siembra presentándose en el ambiente y en los controles sanitarios, así mismo; incrementa los rendimientos y disminuye los costos de producción, debido a que; es una estrategia natural de bajo costo y de considerable efectividad. En la siembra de leguminosas, el nitrógeno que se fija a las plantas se hace a través de la asociación simbiótica de bacterias de la familia Rhizobium, destacando los géneros: Rhizobium, Mesorhizobium, Bradyrhizobium, Sinorhizobium y Azorhizobium (Fernández-Pascual et al., 2002). La implementación de este recurso ha sido considerada por muchos productores, y ha sido notable el incremento del rendimiento en los cultivos del FNB esta última década, sin embargo, se debe estar atento la fijación biológica ya que va a depender de aspectos metodológicos, biológicos, ambientales y productivos y sus limitaciones.

Para esta investigación el punto focal es el análisis del efecto de los factores en la fijación del nitrógeno y la calidad del grano final, así como; el desarrollo bioquímico, estructural y fisiológico producto de la inoculación (simbiosis Rhizobium – Leguminosa). Esta asociación es la numero uno en proporcionar N₂ al ecosistema, impactando ecológica y agronómicamente de forma sustancial. Este proceso consiste en reducir el nitrógeno de los nódulos de la planta, función que hace la cepa de bacteria indicada inoculada en las raíces de las leguminosas. Esta sociedad (microsimbionte-IRhizobium-leguminosa) es específica y sólo se implanta cuando en el suelo existe el rizobio o rizobios o se realiza la inoculación. Los valores medios de fijación de nitrógeno en cultivos de veza (*Vicia sativa L.*) en simbiosis con R. Leguminosa rum bv. Viciae es de 100 a 120 kg/ha/año (Fernández-Pascual et al., 2002).

A juicio de Castillo (1989) el objeto de esta inoculación es proporcionar la bacteria específica de *Rhizobium* para la planta. Este proceso recibe el nombre de “inoculante de leguminosas” donde de forma básica y sencilla se contamina la semilla con las cepas seleccionadas para que una vez sembradas formen colonias en las raíces y comiencen el proceso de inyección de nitrógeno necesario para la tierra y cultivo, por tal motivo; este punto es sin dudas elemental en la recuperación un suelo deteriorado. Al sembrar las semillas ya inoculadas con *Rhizobium* es un aporte a los cultivos, ya que asociados fijan nitrógeno suficiente para el progreso de la siembra y dejan además un remanente importante de este elemento para que sea utilizado por un cultivo posterior.

Las leguminosas como el frijol y toda su variedad tienen la particularidad de fijar simbióticamente el nitrógeno si se dispone de la cepa adecuada como la *Rhizobium*. Sin embargo, suelen presentarse dificultades de inoculación, edáficas o varietales que pueden llegar a impedir la adherencia bacteriana, esto obliga a que la leguminosa dependa del N_2 que le pueda proporcionar el suelo o mediante fertilizantes comerciales. Su deficiencia es más frecuente en suelos ácidos, bajos en contenidos de materia orgánica y con niveles tóxicos de algunos minerales como aluminio, magnesio, calcio y manganeso.

1.2. Planteamiento del Problema

1.1.1. Problema general

¿Qué resultados se obtendrá al evaluar el efecto de diferentes dosis de *Rhizobium phaseoli* (7, 14 y 21 gr de inoculante/320 gr en semillas de frijol) sobre el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris L* Var. Canario.) en condiciones de campo, en el distrito de Ocobamba Provincia de Chincheros?

1.1.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál será el efecto de la aplicación del inoculante *Rhizobium phaseoli* en dosis de 7gr., 14 gr. y 21 gr. de inoculante/320 gr. de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Var. Canario, en cuanto a las características agronómicas del cultivo en el Distrito de Ocobamba, Provincia de Chincheros, Región Apurímac?
- b. ¿Cuál será el efecto de la aplicación del inoculante *Rhizobium phaseoli* en dosis de 7gr., 14 gr. y 21 gr. de inoculante/320 gr. de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Var. Canario, en el rendimiento del cultivo, en el Distrito de Ocobamba, Provincia de Chincheros, Región Apurímac?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivos

2.1.1. *Objetivo general*

Evaluar el efecto de diferentes dosis de *Rhizobium phaseoli* (7, 14 y 21 gr de inoculante/320 gr en semillas de frijol) sobre el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Canario en condiciones de campo, en el distrito de Ocobamba Provincia de Chincheros.

2.1.2. *Objetivos específicos*

- a. Evaluar el efecto de la aplicación del inoculante *Rhizobium phaseoli* en dosis de 7gr., 14 gr. y 21 gr. de inoculante/320 gr. de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Canario, en cuanto a las características agronómicas del cultivo en el Distrito de Ocobamba, Provincia de Chincheros, Región Apurímac.
- b. Evaluar el efecto de la aplicación del inoculante *Rhizobium phaseoli* en dosis de 7gr., 14 gr. y 21 gr. de inoculante/320 gr. de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Canario, en el rendimiento del cultivo, en el Distrito de Ocobamba, Provincia de Chincheros, Región Apurímac.

2.2. Justificación

Para la adecuada fijación biológica de nitrógeno (FBN), es necesario que se den las condiciones óptimas y así suceda la fijación deseada, por ello, se requieren cantidades óptimas de cal y fósforo. El encalado se puede realizar de forma manual o mecánica, considerando la dosificación exacta, por otro lado, en los suelos donde el fósforo es el principal factor restrictivo, la planta no asimilará el componente, hasta que se apliquen suficientes cantidades de este mineral (Schwartz y Gálvez, 1980).

Para que este mineral se encuentre presente en el suelo deben aplicarse abonos previos a la siembra, debe darse especial cuidado a su dosificación ya que este componente es elemental para la fijación del N₂ en las plantas.

Los beneficios de este proceso son tales que se ha convertido en una alternativa primordial para los actuales productores. Además de una distribución adecuada del elemento en planta-suelo, proporciona nitrógeno adicional para futuros cultivos, equilibra junto a otros factores las condiciones nutricionales de la superficie, es una opción económica, no degenera las propiedades orgánicas de la tierra, entre otras particularidades no menos importantes.

De la misma forma Schwartz y Gálvez (1980) determinan que las bacterias *Rhizobium* son especies con cierta sensibilidad a niveles altos de aluminio o manganeso y bajos niveles de calcio y fósforo y; por consiguiente, encalar los suelos garantizan la eficacia de los fertilizantes nitrogenados. Cuando la fijación del N₂ es por la contribución de la temperatura y el suelo, es recomendable la inoculación con *Rhizobium*, antes del uso de cualquier químico fertilizante.

Aun cuando la simbiosis se presenta en la actualidad como parte de un progreso trascendental, aplicable a la agricultura y que asegura un aprovechamiento racional de los recursos naturales, para que la producción de frijol sea sostenible y segura se requieren de pesticidas efectivos que contrarresten, bloqueen y contengan la aparición de los insectos-plaga y enfermedades, además que no afecten la actividad beneficiosa del *Rhizobium* (Alexander, 1977), por tanto, es importante el uso de dosis adecuadas de inoculantes de calidad con el propósito de disminuir los efectos negativos sobre los microorganismos, plantas y suelo.

Es una realidad que los bio-fertilizantes naturales son factores contribuyentes al mantenimiento y preservación de la bio-diversidad. Por lo que resulta imperativo dilatar el

uso de fertilizantes minerales junto a sus efectos dañinos. Las *Rhizobium* como inoculantes son una opción fertilizadora natural sin impacto negativo solo beneficios (Nkot et al., 2015).

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis general*

Al evaluar el efecto del *Rhizobium sp* se obtendrá los mismos resultados en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Canario en condiciones de campo en el distrito de Ocobamba Provincia de Chincheros.

3.1.2. *Hipótesis específicas*

- a. El efecto de la aplicación del inoculante *Rhizobium phaseoli* en dosis de 7gr., 14 gr. y 21 gr. de inoculante/320 gr. de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Canario, no manifestara variación significativa en cuanto a las características agronómicas del cultivo en el Distrito de Ocobamba, Provincia de Chincheros, Región Apurímac.
- b. El efecto de la aplicación del inoculante *Rhizobium phaseoli* en dosis de 7gr., 14 gr. y 21 gr. de inoculante/320 gr. de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Canario, no manifestara variación significativa en el rendimiento del cultivo, en el Distrito de Ocobamba, Provincia de Chincheros, Región Apurímac.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Origen del frijol

Históricamente se sabe que nuestros antepasados eran culturas nómadas recolectoras que vagaban por sus tierras en busca de sustento. Más adelante unos miles de años a.c. (se estiman de 3 a 8 mil años), se establecen geográficamente y comienzan a cultivar las tierras y a criar animales. Este proceso da inicio a la domesticación de plantas y animales, donde el frijol formaba parte de estos nuevos cultivos. Es en este momento que el mundo sufre un cambio de vital importancia, el hombre descubre la posibilidad de generar sus propios alimentos y es entonces donde la agricultura se convierte en pionera de la economía productiva (Smith, 2006).

Resulta interesante conocer la forma como los investigadores concluyen el origen de esta leguminosa. Aspectos como la lingüística son considerados para determinar su principio, palabras que caractericen esta planta y quedaron como evidencia sirve de bibliografía pre-histórica. Hay un estudio arqueológico especial llamado arqueobotánicas que sitúa su origen en el tiempo y espacio. Los otros dos aspectos faltantes son el botánico e histórico, ambos proporcionan evidencias verdaderas para determinación de origen (Candolle ,1882 citado por Gets ,1999). Su variedad o tipos varían su estructura en función a la posición geográfica. Su origen mesoamericano y andino tiene composición genética diferente. Del frijol común que se cosecha a lo largo de la región unas 150 especies. Datos arqueológicos testifican los primeros usos de abonos y fertilizantes.

El frijol común, cuyo nombre científico es *Phaseolus vulgaris L.*, pertenece a dominios americanos. Su origen recorre las tierras hispanas y latinas, iniciando en el país Azteca hasta La Patagonia, así señala Valladolid (1993), quien a su vez refiere que a lo largo de esta geografía se crearon dos grandes puntos de almacenamiento y distribución, dándole sentido a la gran importancia del frijol en la alimentación de las familias latinas. Disfruta

entonces de las maravillas y la nobleza de esta proteína toda la geografía latinoamericana. No es extraño escuchar de México sus famosos platos internacionales basados en este grano y que allá casi en el polo sur, alguien este cenando cualquier variedad de este frejol. Para los Maya el consumo del frijol no es diferente, de hecho, Perú forma parte de toda esa región donde esta leguminosa es uno de los cultivos principales.

Por su parte Debouck (1986), considera con argumentos basados en la botánica, morfología, ecología, arqueología y bioquímica, que el origen de esta alubia es americano y se ubica en tres regiones distintas: La primera que contiene la región Mesoamericana, la segunda región que arroja al ande oriental de Colombia y la última región que se pasea por la zona andina Perú/Chile/Argentina.

Al escudriñar la Web se encontró en la página gov.mx, que el cultivo de este grano data de 8000 años atrás, esto permitía a nuestra cultura antigua incorporar en su comida diaria esta habichuela. Un dato curioso es que de esta planta se aprovechan la flor, los granos y la vaina, en su forma verde o madura. Este alimento cuya demanda es casi universal es cultivado en grandes extensiones de tierra por toda la geografía latina, sus sembradíos aparecen en tiempos no lluviosos ya que es una planta susceptible al exceso de humedad.

4.2. Distribución, importancia y situación actual

El género *Phaseolus* se muestra en 180 tipos de especies aproximadamente (Voyses ,1983), los estudiosos ubican su origen hasta cinco mil trescientos años antes de Cristo. (Camarena et al., 2000), indican que la extensión más grande de cultivos esta entre tres regiones: la sierra, la costa y la selva con un 46%, 36% y 18% respectivamente. En cuanto al rendimiento unitario es la costa quien protagoniza la producción nacional con un 47,7%, seguido de un 34,4% y un 18% de la sierra y la selva correspondientemente.

Grandes territorios agrícolas son dispuestos para la siembra del grano, estudios hechos por Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MINAG] (2000) citado en Camarena et al.,

(2000), arrojan que las cantidades cosechadas ascienden a 3 mil kilogramos por hectárea, de plantas tipo arbustos y 4 mil kilogramos por hectáreas de plantas indeterminadas. De la misma manera Faostat (2003), indica que las extensiones cultivadas alcanzan 70 mil ha, generando 65 mil Tm de producción y 928.6 kilogramos por hectárea.

El cultivo de esta habichuela como también se le conoce ha impactado positivamente de forma económica y social, sus propiedades nutritivas son una excelente opción culinaria además de ser relativamente económico y de fácil acceso. Este arbusto o trepadora tiene la capacidad de fijar nitrógeno, su planta tiene la propiedad de mejorar la calidad del suelo y su fácil acceso en los mercados locales lo hace indispensable especialmente en los almuerzos donde la proteína resulta indispensable para la subsistencia. Este grano es tan importante como cultivo como para la alimentación de los pobladores. Esto es tan cierto que 8 millones de años atrás lo demuestran. Su cultivo para las civilizaciones nativas fue de gran importancia porque cumplió un papel protagónico en la economía productiva de aquellos tiempos. Ha sobrevivido esta leguminosa todos los tiempos, su beneficio es tal que se considera un alimento universal. Sus cualidades proteicas y nutricionales ayudan grandemente a que el hombre tenga una dieta sustancial y sana.

No solo para nuestras culturas anteriores es importante el frijol común y sus tipos, también lo es para el hombre actual. Años de recorrido, transformaciones híbridas e infinidad de cambios lo trajeron a nuestros tiempos, así como su forma de ser cultivado. Otro aspecto relevante es que este alimento es de fácil acceso y económico, innumerables familias de bajos y medianos recursos lo llevan a su mesa como plato diario principal. Se puede servir solo, acompañado, en sopa, caldos, entre otros platos, ya que es en sí es una solución proteica indispensable.

4.3. Botánica

4.3.1. Clasificación

A juicio de Marechal (1988) existen 10 clasificaciones del frijol común: Plantae/reino, *Dicotiledonea*/clase, *Rosidae*/sub-clase, *Fabales*/orden, Fabaceae/familia, *Litoidea-papilionoidas*/Sub – familia, *Phaseoleae*/tribu, *Phaseolinae* /Sub-tribu, *Phaseolus*/género y *Phaseolus vulgaris* L./especie. Los Nombres comunes que reciben son (Vernacular): Frijol/frejol/caraota/poroto/friosol, fagiol/feijao/judía/bean/habichuela/alubia.

De la misma forma Delgado (1985) estudioso de la agronomía basa su clasificación en la distribución geográfica del grano:

El frijol *aborigenus* (Busk) Baudet, es una planta silvestre/semi-silvestre, que se consigue a largo de la serranía andina, específicamente la región nor-Argentina y colombiana entre 1500/2000msnm.

El mexicano; Es una planta silvestre que recorre una larga geografía desde el oeste del país azteca México y Centroamérica, ente 800/1900msnm. Esta planta fue descubierta de forma independiente en Argentina (Burkart, 1941) y Guatemala (MCBRYDE, 1945) (DEBOUCK, D, 1986).

Según el Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT] (1994) el *Phaseolus* dotado de 35 variedades aproximadamente, de las cuales destacan cinco cultivables: *Phaseolus vulgaris* L./frijol, *Phaseolus coccineus* L./frijol ayocote, *Phaseolus acutifolius* A/Gray var, *Latifolius* Freemanm/frijol tepary, *Phaseolus polyanthus* Greenman/frijol de toda la vida, *Phaseolus lunatus* L./pallar.

4.3.2. Características Agronómicas del Canario

Esta leguminosa tiene una humedad relativa máxima de 14%, es un grano de primera gracias a los controles que cuidadosamente se atienden en los sembradíos, Los procesos

sanitarios son llevados con especial cuidado y rigurosidad. Posee un calibre de aproximadamente 260 granos/100 gramos.

4.3.3. Morfología

El frijol, es una planta anual, herbácea, con el sistema radicular bien desarrollado y de rápido crecimiento. Se puede decir que esta leguminosa en su edad adulta logra alcanzar desde los cincuenta a noventa centímetros de alto. Puede desarrollarse de forma arbustiva semiprostrada y la calidad de su evolución es directamente proporcional al cuidado, variedad y propiedad del suelo. Su arquitectura la define la posición del tallo. Cabe destacar que el frijol es la leguminosa más importante para el consumo humano, en países de Latinoamérica, es la fuente principal de proteína (Broughton et al., 2003).

a. Raíz

En el caso de la raíz del frijol, tiende a ser pivotante y fasciculada, además, posee unos nódulos característicos de la familia de las plantas leguminosas ocupados por bacterias del género *Rhizobium*, los cuales se encargan de fijar nitrógeno atmosférico al suelo. La raíz está en la parte final de la planta, su función es la absorción de nutrientes, es decir, ella es la encargada de suministrar los alimentos que nutrirán la planta hasta su cosecha. El sistema radicular es donde se encuentra la bacteria propósito de este estudio, que se aloja bien sea por contaminación directa del suelo o inoculación hecha por el hombre.

b. Tallos y ramas

El tallo es de forma cilíndrica-angulosa, funciona como eje principal de la planta, (nudos, entrenudos y yemas axilares). Pueden ser erecto, semi-postrado y postrado, su crecimiento está determinado por la especie o variedad de la mata, por lo que sí es de tipo trepadora/guiadora el crecimiento de su tallo se presenta de forma indeterminada. El otro tipo de rama es del crecimiento determinado ya que presentan una inflorescencia terminal.

c. Hojas

Esta planta presenta dos tipos de hojas cada una con sus características especiales. Se muestran primarias/unifoliadas de tipo simple y alternas/trifoliadas y pubescente en forma de corazón.

d. La inflorescencia

Este evento suele darse en las axilas o terminales de las ramas o brazos de los arbustos/trepadoras. Una particularidad del brote en esta leguminosa es su aparición en racimo.

e. La flor

Su flor tiene características hermafroditas, esto significa que contiene tanto el órgano femenino como el masculino, es una típica papilionácea con cáliz y corona.

El primero está compuesto de cinco pétalos libres: uno grande, dos medianos y dos pequeños libres. Predomina el “estandarte” por su tamaño, luego las “alas” en medio y las “quilla” de menor tamaño. Se puede observar en esta flor que tres de sus pétalos están libres y dos soldados, y de los diez estambres solo uno está libre.

f. Fruto o vaina

El tamaño de su vaina varía y pueden medir 6 a 12 cm. de largo, la variedad y forma (alargada/ovalada) va a definir la cantidad de semillas en la vaina que puede variar de 3-5 unidades. Tiene dos valvas, por la que se considera como una legumbre.

g. Semillas

Tienen diferentes formas: tipo cilindro, tipo esfera y brillantes, sus tonos varían según la variedad desde blanco, marrón, crema a negro. Sus partes están conformadas por: La cubierta (testa)-hilium-microfilo (Broughton et al., 2003).

4.3.4. Fisiología

La genética se presenta como el factor principal influyente en la fisiología del frijol. Sin embargo, se presentan de forma secundaria factores externos que van a influir

directamente en el moldeado y arquitectura de la planta. El ambiente y sus condiciones, la saturación y la temperatura y otros de igual importancia. Tiene una vida de 90/120. Esta planta leguminosa en un proceso simbiótico utiliza el nitrógeno atmosférico que es beneficioso para la agricultura. Una vez cosechada la vaina, los suelos quedan con N₂ para siembras posteriores.

4.3.5. Especies de Importancia en el género *Phaseolus*

El frijol común pertenece a la familia Fabaceae, es originario de México, sin embargo, se ha adaptado a diversas condiciones edafológicas y climáticas, incluso en Perú donde a pesar de las heladas que caracterizan algunas zonas del país se cultiva este rubro (Bitocchi et al., 2012).

Esta leguminosa presenta cultivos menores como: (*Phaseolus coccineus* L.), (*acutifolias*), (*polyanthus* Greenman), que adquieren cierta importancia ya que son especies capaces de resistir el ataque de algunas plagas y enfermedades, además de ser vegetales que necesitan poca agua para llegar a buen término. No obstante el cultivo más importante obedece al frijol normal, ya que es el que más consumen los peruanos y como si fuera poco de fácil cultivo.

4.3.6. Desarrollo de la planta

La forma como se presentan el ciclo biológico de la planta de esta leguminosa es mediante dos fases: Vegetación y reproducción. Como su nombre lo indica son eventos donde termina uno y comienza el otro, termina y comienza. Este proceso es llamado también ciclo de la vida, que lógicamente comienza con la reproducción y luego con el crecimiento y madurez vegetal.

1. Fase vegetativa

- **Germinación (Etapa VO):** Característica: Emerge la mata.

- **Emergencia (Etapa VI)** Característica: Presencia de cotiledones al ras de la superficie.
- **Hojas Primarias (Etapa V2):** Característica: Se muestran las primeras hojas.
- **1ra Hoja Trifoliada (Etapa V3):** Característica Despliegue de la 1ra hoja
- **3ra Hoja Trifoliada (Etapa V4):** Característica: Despliegue total de la 3ra hoja trifoliada.

2. Fase Reproductiva (Etapas).

- **E-R5/Prefloración:**

Características: 1er botón en las variedades tipo I/1er racimo en las de hábito de crecimiento indeterminado.

- **E-R6/Floración:**

Características: 1ra flor abierta.

- **E-R7/Formación de Vainas:**

Características: primera vaina con la corola.

- **E-R8/Llenado de Vainas:**

Características: llenado de la vaina, primeros abultamientos.

E-R9/Maduración:

Características: disminución de % de humedad, decoloración de la vaina, se seca, color típico del grano.

4.4. Hábito de crecimiento

En este paso deben interactuar dos factores determinantes el genotipo como carácter interno y los factores externos comunes que son de tipo determinado e indeterminado (CIAT, 1976).

Las del hábito determinado bien pueden ejemplificarse en los arbustos, estas basan su crecimiento orientado por el tamaño establecido genéticamente para ese tipo de plantas.

El otro tipo, también basado en la información genética, define a las trepadoras, su crecimiento es indeterminado, la longitud de sus extremidades no tiene una medida específica y mientras estén vivas están creciendo.

Además, indica que la forma de la siembra va a incidir en este hábito y para demostrarlo lo divide en cuatro tipos:

- T-I/Determinado-arbustivo.
- T-II/indeterminado arbustivo con tallos y ramas erectas.
- T-III/indeterminado arbustivo con tallos, ramas rastreras con debilidad.
- T-IV/indeterminado voluble, tallos y ramas con debilidad, largas y torcidas.

SINGH (1999), señala una variación constante de su hábito que incluye a determinados a indeterminados y de tipo extremadamente trepadores. El autor lo describe según las características a continuación señaladas: Vegetativo y reproductiva basándose en la terminación de las yemas; Débiles y fuertes, refiriéndose a la longitud del tallo o rama; Trepadores y fuertemente trepadores), en este caso influye la habilidad para trepar; Mayormente basal, toda la longitud de la rama/sólo la parte superior, señalando en este hábito los patrones de fructificación.

4.5. Factores ambientales que inciden en la producción

El crecimiento de esta mata va a depender en parte del comportamiento del clima, temperaturas menores a los 13 grados suelen retrasar su crecimiento. Por otro lado, las altas temperaturas especialmente las nocturnas provocan caída de las flores, anomalías de la flor, bajo llenado de vainas, madurez precoz, así como; grano pequeño y de poca fuerza (Kay, 1979 citado en Sarmiento, 1995).

A juicio de Laing (1979) una temperatura entre 18°C a 21°C es la ideal para el desarrollo de estos cultivos. Dependiendo de la etapa en el periodo vegetativo tiene la capacidad de soportar y adaptarse a ciertos grados. Por ejemplo, en el caso el nacimiento 8

grados son tolerables, para la floración es necesario una temperatura más alta que oscile entre los 15 grados centígrados y ya para la madurez 18-20 grados centígrados son los necesarios.

4.5.1. Humedad

Según Chiappe (1992), la humedad debe considerarse uno de los aspectos más importantes, ya que esta es determinante en la vida de la planta.

De la misma forma, Meneses et al. (1996), estos autores aluden que para el crecimiento de la leguminosa el agua es vital, es requerida imprescindiblemente para el desarrollo final del cultivo. Uno de los aspectos a considerar es la fijación del nitrógeno por lo que 70/100 de humedad es ideal. En este caso hay que equilibrar el H₂O en vista que tanto la sobresaturación como la sequía serían letales para el cultivo.

4.5.2. Luminosidad

La luz es imprescindible para todos los procesos. En su inicio y en la edad madura la planta requiere la intervención de la luz para que se den con naturalidad procesos como la fotosíntesis, y se desarrollen con vigor la forma y cuerpo de la leguminosa.

Aun cuando este factor es determinante para el desarrollo de la planta, a ello White y Izquierdo (1989), refiere que la sobresaturación luminosa resulta perjudicial para el cultivo. Esta conclusión se basa en investigaciones anteriores donde la posición horizontal de las hojas del frijol indica exceso de luz. Para tener un desarrollo normal y deseado (ciclo 100/130 días), la planta de frijol requiere alrededor de 12 horas de luz al día. Cabe destacar, que la luz en congruencia con otros factores es un elemento vital para este tipo de cultivo.

4.5.3. Suelo

El pH indicado para el desarrollo deseado de la planta de frijol está entre 5.5 y 7.0, estos números reflejan el óptimo esperado en los suelos. Es importante señalar que este arbusto/trepadora generalmente no sobrevive a suelos altamente salinos (cloruro sódico) por

lo que hay que estar pendiente de un balance deseado de los compuestos de la superficie a cultivar (Chiappe ,1992).

Según Mogollon (1986) suelos con alta salinidad y humedad o son los ideales para este tipo de cultivo, contrario a esto son recomendables los aireados y sueltos. Por otro lado, Forero (1967), refiere que los fertilizantes nitrogenados, indicando que resultados con grandes beneficios ha generado el uso de estos productos. Para su uso debe considerarse la dosis adecuada (baja dosificación).

4.6. Sanidad del Cultivo

4.6.1. Malezas

Las leguminosas son plantas que compiten con la maleza por luz, agua y nutrientes. A diferencia de otros granos y cereales, tardan un poco más en crecer y les toca competir por nutrientes y alimentos con estos escabros (Sheuche ,1984).

A juicio de Restrepo y Laing (1979) la adaptación varietal, bien se puede medir según su rendimiento por cantidad de plántulas/superficie y según su producción a granel y económica. Ciertos países tienen semejanzas agrícolas y climáticas por lo que se puede suponer que una variedad puede adaptarse fácilmente a geografías ecológicamente similares (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1983).

4.6.2. Plagas

Las plagas son insectos, hongos, bacterias dañinas, bichos, entre otros que atacan la planta y/o la siembra que si no se eliminan a tiempo puede impactar de manera devastadora en el cultivo. El daño que generan estas plagas están directamente relacionados al calor y baja altura.

En Perú, quizás por su cercanía al mar y la humedad relativa que produce esta zona, se deduce que las plagas son más agresivas en estos lugares costeros, contrario a la sierra

que refleja ser menos propenso al ataque letal de plagas. Sin embargo, todas las zonas deben atenderse y protegerse para evitar daños mayores (Avalos ,1984).

Valladolid (1993) enlista plagas importantes que pueden ser dañinas o catastróficas para los cultivos. Ejemplo de ello son los gusanos cortadores conocidos científicamente como *Feltia experta*, *Agrotis ypsilon*, *Spodoptera frugiperda*, que atacan en una edad muy temprana de la planta, es por ello que logran controlarse con una buena preparación del suelo y la aplicación de riegos, estos insectos se encargan de cortar el cuello de las plántulas cercenándolas a penas emergen. El ataque de esta plaga se presenta en focos de infección.

Este autor refiere también a la cigarrita o lorito verde (*Empoasca kraemeri*), señalando que estos insectos que se ven favorecidos por las altas temperaturas y los periodos de sequía, es en esta época donde aprovechan a atacar las siembras. Ocasionan deformación de la vaina y provocan amarillento de sus hojas. Su nutrición está basada en la savia de la mata.

Otras plagas importantes son los barrenadores de vainas y brotes. El (*Laspeyresia leguminis*), se alimenta de los granos verdes, ya que se ocupa de la perforación de la vaina en edad temprana, y el (*Epinotia aporema*) que ataca directamente al brote agujerándolos y causando daños devastadores en el crecimiento. Es de mucho cuidado, está presente durante todo el cultivo y afecta directamente a las flores y vainas.

4.6.3. Enfermedades

Valladolid (1993) refiere que las Pudriciones radiculares (*Rizoctonia*, *Fusarium*), estas pudriciones atacan raíz y tallo en la planta recién emergidas. Otra enfermedad importante es Roya (*Uromyces appendiculatus*), este hongo llega hasta el cultivo transportado por el viento a través de las esporas, es bastante dañino ya que puede atacar en cualquier etapa de la siembra, considerando que si aparece antes o en la floración causa daños irreversibles al rendimiento de la plantación.

Botritis (*Botritis sp.*), conocido como “podredumbre gris”, este tipo de hongo (colonia de hongos) ataca las plantas cuyas vainas tocan la superficie del suelo causando lesiones importantes, su color es grisáceo y verdoso y habitan en zonas con humedad permanente.

Los Nematodos: Estas plagas afectan la raíz de la planta específicamente el nudo, producen abultamientos impidiendo sustancialmente la absorción de agua y alimentos, además de decolorar la hoja produciendo amarillamiento.

a. Componentes del rendimiento

Laing (1979) divide estos en dos grupos: El primero lo definen sus características morfológicas y el otro grupo es de tipo fisiológico. Por otro lado, Bruno (1990) citado en Zárate (2000) da nueva caracterización a los componentes de rendimiento dividiéndolo de la siguiente manera: directos e indirectos.

Manrique (1980) analiza la correlatividad entre el rendimiento grano y demás componentes, concluyendo que este factor es influenciado específicamente por el número de vainas que produce la planta y no por la cantidad de plantas segadas. Singh (1990) establece que no han sido bien documentados aspectos negativos del rendimiento, sin embargo, planteamientos teóricos sugieren que una planta que gasta mucha energía para solidez y agrandamiento del diámetro de las ramas y tallos no conserva suficiente energía para otros procesos elementales como producir una semilla de calidad.

Loayza (1980) señala que exceder la cantidad de plantas aceptables para una superficie específica (frijol canario), evita que se dé a cabalidad el número de vainas y el número de semillas por vaina que generalmente se logran en esta área. Aun así, el peso y la calidad se mantienen intacto.

Tan importante es controlar la humedad y la temperatura que los estragos que causa a las siembras se evidencian desde temprano. Un ejemplo de ello es la excesiva caída de flores y vainas tiernas (Cruz ,1966).

4.7. Microbiología del suelo

Plaster (2000) indica que los organismos del suelo se alimentan de la putrefacción de la materia orgánica, pero que de igual manera necesitan aire y agua para crecer. Muchos de ellos realizan labores que son importantes para la agricultura. Estos materiales están mejor suministrados en los 60 cm superiores del suelo, especialmente en el horizonte A.

Por otra parte, Ferrera (2001) señala la relevancia de los microbios para la fertilidad de los suelos y la sustentabilidad y sostenibilidad de los hábitats y agro-hábitats. Las alternativas ecológicas adquieren vital importancia porque evitan el uso de químicos agrícolas. El establecimiento de leguminosas en rotación, abonos verdes y otras prácticas culturales son esta opción para cuidar imperativamente el medio ambiente.

De la misma forma, Navarro-Pedreño (1992) asegura que los microbios vivos y muertos y otros componentes constituyen la materia orgánica del suelo. Donde los gérmenes devoran a los muertos contribuyendo a material orgánico capaz de nutrir la superficie terrestre. Los nematodos, protozoos y rotíferos constituyen los micro-animales del suelo. De estos organismos los vegetales también hacen su aporte, las algas quienes no son un grupo muy grande son de la cadena de conservación una pieza vital. Por otro lado, se observan los hongos quienes tienen aparente fuerza para desintegrar compuestos de gran resistencia (celulosa, lignina, etc), siendo capaces de intervenir en la. Los actinomicetos ocupan un lugar intermedio en la creación del humus. Pero realmente son las bacterias el grupo más importante para la agricultura. Las bacterias, como grupo, participan en todas las transformaciones orgánicas vitales para un suelo que deba soportar con éxito a las plantas superiores.

4.8. Descripción del género rhizobium

PAYTAS (2003), afirma que los *Rhizobium* son bacterias que inducen la creación de nódulos donde sucede la fijación N₂ presente en el ambiente en la raíz de la leguminosa. Son bacilos de 0,5 a 0,9 nm de ancho y 1,2 a 3,0 nm de longitud, considerados como bacterias Gram negativas y no esporulan. Son móviles, flagelados peritricos, polar o subpolar.

Según Rivas et al (2009) las especies más comunes de Rhizobia, basado en las características fenotípicas, genotípicas y simbióticas son las siguientes:

Tabla 1

Características fenotípicas, genotípicas y simbióticas de Rhizobia

Especie	Cepa	Hospedero	Lugar del aislamiento
<i>R. etli</i>	CFN 42T	<i>Phaseolus vulgaris</i> ,	Guanajuato, México
<i>R. galegae</i>	HAMBI 540T	<i>Galega orientalis</i>	Finlandia
<i>R. gallicum</i>	R602spT	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Maine et Loire, Francia
<i>R. giardinii</i>	H152T	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Côte d'Or, Francia
<i>R. hainanense</i>	CCBAU 57015T	<i>Desmodium sinuatum</i>	Hainan, China
<i>R. huautlense</i>	LMG 18254T	<i>Sesbania herbacea</i>	Sierra de Huautla, Morelos, México
<i>R. indigoferae</i>	CCBAU 71042 T	<i>Indigofera spp.</i>	Meseta de Loess, noroeste de China
<i>R. leguminosarum</i> bv. <i>Viciae</i>	USDA 2370T	<i>Vicia faba</i>	
<i>R. loessense</i>	CCBAU 7190BT	<i>Astragalus complanatus</i>	Meseta de Loess, China
<i>R. mongolense</i>	USDA 1844T	<i>Medicago ruthenica</i>	Mongolia
<i>R. phaseoli</i>	ATCC 14482	<i>Phaseolus vulgaris</i>	
<i>R. tropici</i>	CIAT 899T	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Colombia
<i>R. undicola</i>	ORS 992	<i>Neptunia natans</i>	T Senegal, África
<i>R. yanglingense</i>	CCBAU 71623T	<i>Gueldenstaedtia multiflora</i>	Gansu, Noroeste de China

Nota. Elaborado de acuerdo con el autor citado.

Las cepas de *Rhizobium phaseoli* son bacilos Gram negativas, las colonias son pequeñas, de color blanco perla, sobreviven y crecen a una temperatura que oscila los 28 °C con un pH de 7 a 7,5.

Ruiz (1979) indica que los *Rhizobium* tienen la capacidad de infectar las raíces y pelos radicales, moverse a través de los espacios intercelulares provocando una reacción

inmunológica, cuya consecuencia es la formación de nódulos. Una vez finalizado este proceso inicia la multiplicación y transformación de las bacterias, para dar inicio al siguiente paso que no es más que la fijación del nitrógeno atmosférico. Estas bacterias establecen en los nódulos un mutualismo con la planta, ellas se alimentan de hidratos de carbono que lo extraen de la planta y a su vez le entregan nitrógeno en forma de aminas.

Por otra parte, Orive y Temprano (1983) señalan la “economía de nitrógeno” donde los *Rhizobium* protagonizan el proceso, ya que suman nitrógeno natural a los suelos mediante la siembra de leguminosas en la rotación de cultivos. Es en este periodo donde los *Rhizobium* asociados a ellas fijan nitrógeno suficiente para el desarrollo del cultivo y dejan, además un remanente importante de este elemento para que sea utilizado por un cultivo posterior.

Las plantas deben tener la mejor probabilidad de infectarse con cepas eficientes; ésta es una de las funciones de un inoculante.

4.9. Propiedades para un buen inoculante

Somasegaran (1985) afirma que existen diversas clasificaciones de los inoculantes para las leguminosas. Pero para el uso de ellos se debe de usar de acuerdo a las siguientes propiedades:

- Debe contener en primer término una o varias cepas de alta eficiencia, tanto en FBN como en la infección de raíces y pelos radicales.
- Tiene además que disponer de un elevado número de *Rhizobium* por gramo, que aseguren una alta cantidad de bacterias viables por semilla; por lo menos de 10000 a un millón por cada una de ellas según corresponda.
- Debe contener *Rhizobium* específicos para cada especie de leguminosa.
- Tiene que estar libre de otras bacterias, tanto en su envase de comercialización como sobre la semilla.

- El envase de venta tiene que ser capaz de conservar en condiciones convenientes al *Rhizobium* hasta que sea usado por el agricultor. Los paquetes deben permitir un buen intercambio de gases, retener la humedad y en general, favorecer las condiciones de conservación y manipuleo.
- Las cajas o envases deben proveer claramente las instrucciones de uso e indicar su especificidad y fecha de fabricación y/o vencimiento.
- Deben contener un buen adherente, que en lo posible incluya elementos nutritivos esenciales para las bacterias.
- El nombre y dirección del fabricante deben estar impresos.
- Estándares de calidad.

Hoben (1985) menciona que los *Rhizobium* se expresan en número de gérmenes capaces de formar colonia por semilla. Esta última forma, siendo la más apropiada, es poco practica para los controles de calidad de los fabricantes.

Por otra parte, Bidwell (1979) indica que algunos países utilizan otros estándares, como por ejemplo se exige 1000 gérmenes viables por semilla pequeña como los tréboles, 10000 gérmenes por semilla mediana y 100000 para semillas grandes. Si se considera una conservación a 20 °C, se puede esperar para los inoculantes en turba, una vida útil de seis meses.

Rodas (2006) menciona que cada tipo de inoculante posee sus condiciones de conservación. Por ejemplo, los inoculantes líquidos deben refrigerarse para mantener su corta vida útil; las temperaturas de ambiente favorecerán su senectud, ya que las bacterias mantienen su metabolismo y multiplicación. Los inoculantes en turba, por el contrario, pueden conservarse aproximadamente seis meses a temperaturas de 20 °C. Para mayor duración debe recurrirse a temperaturas de 4 °C; sobre 30 °C baja su viabilidad y a 40 °C la sobrevivencia es casi nula.

4.10. Factores que influyen en el resultado de una inoculación

FAO (1983) indica que una buena semilla es esencial para una inoculación efectiva. Otros factores influyentes son el uso de desinfectantes y fertilizantes adecuados y apropiados, una humedad del suelo indicada para el tipo de cultivo, inoculación hecha por agricultores conocedores y expertos en la materia, un fertilizante, acción bactericida o bacteriostática de los insecticidas empleados y cepas apropiadas de *Rhizobium*.

Vincent (1975) menciona que para el desarrollo de la bacteria se requiere: calcio, molibdeno, semi-neutralidad o ligera acidez del suelo y temperaturas de 15 -25 °C. Como factores adversos se consideran acidez alta, temperaturas bajas, sequía, niveles freáticos altos, mal drenaje, cepas ineficientes, inoculación cruzada.

4.11. Relación entre los *Rhizobium* y las plantas

Erdman (1968) indica que la penetración de los *Rhizobium* en las plantas se efectúa directamente por la corteza como también por los pelos radicales. Las etapas en el establecimiento de una asociación *Rhizobium/ leguminosa* son en términos generales.

- Contacto célula infectiva de *Rhizobium/* planta.
- Multiplicación/ colonización superficie radicular.
- Penetración/ multiplicación.
- Infección de otras células radiculares.
- Inducción y formación del nódulo.
- Fijación del nitrógeno.

Es de suma importancia el uso de inoculantes con cepas de alta eficiencia, de ello va a depender tanto su agresividad frente a la planta como en la eficaz fijación de nitrógeno atmosférico. De no cumplirse lo anteriormente expuesto, este fenómeno puede no ser completo y arrojar resultados desfavorables, como, por ejemplo: la invasión de un *Rhizobium*

y no efectuarse la nodulación, como también formarse la nodulación sin fijación de nitrógeno; entre otras situaciones.

Por otra parte, Gage (2004) menciona que las características (tamaño, forma, color y ubicación) de los nódulos varían ampliamente, como asimismo varían en su eficiencia en la fijación simbiótica. La forma y ubicación de los nódulos es determinada principalmente por la planta huésped. Estas características reflejan la eficiencia de la asociación *Rhizobium* – planta. Nódulos blandos y rosados son generalmente eficientes y por el contrario aquellos duros y blancos son de tipo parasitario. Normalmente los nódulos de mayor calidad se encuentran en la raíz principal de la leguminosa, luego le siguen en eficiencia los de las raíces laterales.

Los nódulos ubicados en raicillas generalmente están colonizados por cepas nativas, a excepción de los cultivos establecidos en suelo con pie de arado u otro factor limitante en el desarrollo de la raíz de la leguminosa.

Kuykendall (2005) en condiciones de campo favorable los nódulos son visibles entre 20 a 30 días de emergida la planta. Sin embargo, el tiempo requerido para la formación de la nodulación va a variar según características de cada leguminosa y según el tamaño de la semilla. La eficiencia de la nodulación dependerá de diversos factores, entre los cuales debe considerarse las condiciones climáticas, humedad del suelo y nivel de nitrógeno asimilable.

Baldani (1997) indica que la efectividad de la asociación *Rhizobium*-leguminosa puede ser observada durante el inicio de floración de la planta. Los nódulos efectivos son grandes y tienen internamente un color rosado intenso, producto de la leghemoglobina, sustancia que controla el oxígeno necesario para activar la nitrogenasa que es la enzima fijadora de nitrógeno. Esta leghemoglobina ocasionalmente puede tomar colores oscuros en algunas plantas en que se combina con melanina. Igualmente, su fuerte color rojo se toma

paulatinamente verdoso, mientras estos alcanzan la etapa madura. Los nódulos inefectivos son internamente blancos o verdes pálido, no cambiando de color con la edad.

Newton (2002) menciona cuando las leguminosas se siembran en suelos ricos en nitrógeno, o se fertilizan con este elemento, los nódulos producidos por cepas efectivas permanecen pequeño y muestran las mismas características que los producidos por los *Rhizobium* infectados. También debe tenerse presente, que los nódulos deficientes en molibdeno son internamente verdes y de apariencia senescente.

4.12. Factores que afectan la fijación de nitrógeno

4.12.1. Factores genéticos

Según Castillo (1989) en la planta tanto en la cepa de bacterias, el factor genético es sumamente importante. Ejemplo de ello se presenta en las plantas no inoculadas las raíces laterales tienden a aumentar deteriorando la raíz principal. La inoculación con cepas de buena calidad determina la virulencia en la infección y la calidad de la planta va a asegurar el volumen del tejido activo del nódulo, por lo que si estos factores se combinan hay un alto porcentaje que la inoculación sea un éxito.

El pH del suelo es determinante en el comportamiento de la *Rhizobium*, así lo menciona Tejada (2005) y refiere en sus artículos que la acidez del suelo adquiere importancia para la planta dependiendo la especie de la leguminosa.

4.12.2. Factores nutritivos

Fernández (2002) refiere que hay aspectos fundamentales que deben darse para que exista una buena nodulación y una mejor fijación de N₂. Entre estos el cumplimiento nutricional requerido por la planta es de suma importancia, por lo que deben estar satisfechos en su totalidad. Las necesidades de molibdeno y calcio deben estar cubiertas, así como la de otros elementos indispensables para su crecimiento. En este caso los aditivos para los adherentes de los inoculantes adquieren vital importancia.

Navarro (2003) expresa que la materia orgánica producida por hojas secas, plantas descompuestas o restos de siembras proporciona carbono a las nativas lo que garantiza una mejor fijación del elemento.

4.13. Factores físicos que influyen en la nodulación

Streit et al. (1995) indican que son la temperatura y humedad vitales en el desarrollo de la fijación nodular. La temperatura adecuada para la nodulación debe estar entre los diez a quince grados centígrados y para la fijación simbiótica el óptimo es de veinticinco a treinta grados centígrados. Por otro lado, para una buena colonización de las raíces por los *Rhizobium* la humedad debe ser la apropiada, los extremos no son recomendables para la simbiosis, escasos o excesos pueden comprometer la fijación.

4.14. Métodos, procedimientos, estrategias o insumos

4.12.3. Inoculación de Rhizobium

Fernández (2002) menciona los pasos básicos y sencillos para realizar la inoculación. Este autor indica que algunas horas antes de sembrar, en un lugar oscuro o sombreado (lejos de la luz directa), sobre una lona o material semejante se esparcen las semillas y se riegan uniformemente por todo el espacio. Es en este momento cuando se espolvorean con algún líquido tipo melaza, cuidando de humedecer la totalidad de los granos. El siguiente paso es rociar sobre el grano el contenido del inoculante Mezclar cuidadosamente y asegurarse que las bacterias cubrieron completamente las semillas dispuestas para la siembra. Secar en la sombra algunas horas y comenzar la siembra. Es recomendable inocular solo las semillas para siembras, el inoculante en semillas guardadas pierde efectividad a los pocos días.

Lozano (1994) explica un proceso parecido al anterior, solo que en esta oportunidad la solución adherente es más específica y está hecha azúcar diluida en agua templada. En este caso se mezcla la solución con la semilla y se agrega el inoculante. Se esparcen capas

de hasta 1 cm, se orea la semilla en la sombra por aproximadamente 30 minutos, se empaca y se procede a la siembra dentro de las 24 horas siguientes.

4.15. Siembra de las semillas inoculadas

Renzi (2008) indica que debe cuidarse la profundidad en la siembra de la semilla. Una vez germinada la planta hasta que nacen las hojas las reservas energéticas y nutricionales decrecen, por lo que una semilla muy profunda puede dejar parte de su energía tratando de emerger a la superficie.

En este momento, aunque existe el proceso de la fotosíntesis, el periodo es crítico y bajan las reservas, por lo que cualquier situación adversaria amenaza con dejar pérdidas importantes. Lo antes expuesto es la razón por la que este lapso debe minimizarse lo más posible, por lo que se sugiere cultivar en suelos livianos semillas grandes y de buena calidad.

4.16. Ventajas de la inoculación con rizobios

Garrido (2008) indica el papel fundamental que juega la simbiosis leguminosa-rizobio en la agricultura, debido a que ofrece la habilidad de convertir nitrógeno molecular atmosférico en forma disponible para la planta, proceso conocido como fijación biológica de nitrógeno (FBN), además en algunos tipos de cultivo puede asegurar hasta el 100% de la fertilización nitrogenada.

V. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de investigación

Es una investigación de campo de carácter experimental, es por ello por lo que no solo se enmarcó en la investigación bibliográfica, por lo que se acudió a metodologías adecuados para garantizar los procedimientos experimentales, con prospectiva y análisis.

- Se emplearon cinco tratamientos, lo que indica que primeramente es un estudio experimental.
- De igual forma es un estudio prospectivo, ya que se realizó recolección de datos.
- Analítica y comparativa, ya que se analizaron varias variables.

5.2. Ubicación espacial

En el distrito Ocobamba, Provincia de Chincheros es el sitio que sirvió de piso para la realización esta investigación.

5.2.1. Ubicación política

Región	:	Apurímac
Provincia	:	Chincheros
Distrito	:	Ocobamba
Sector	:	C.P. Umaca

5.2.2 Ubicación Geográfica

Coordenadas UTM	:	Coordenadas UTM
Número de Zona	:	18 L.
Coordenadas	:	13°28'59"S -73°33'40"O
Altitud	:	2441 M.

5.2.2. Ubicación hidrográfica

Cuenca: Pampas

Sub Cuenca: Chumbao

Micro cuenca: Andahuaylas

5.2.3. Ubicación ecológica

Zona de vida: sierra

Humedad relativa: 85%

Precipitación anual: 1443.3 – 1575.5 m.s.m.m.

Temperatura media: 18.0C°.

5.3. Ubicación temporal

Este proyecto se ejecutó en un periodo de 6 meses, desde mayo hasta noviembre de 2019. Contempló dos etapas: La fase pre-experimental, fue entre el 1 de mayo y 15 de junio, periodo en el cual se realizó la preparación del terreno, y preparación del material biológico. La fase experimental, se realizó a partir de 15 de junio. En esta etapa se inició la siembra del Frijol Canario escogido para la inoculación y siembra como objeto de este estudio en particular.

5.4. Materiales y métodos

Tabla 2

Materiales de campo empleados en el estudio

Descripción	Unidad	Cantidad
Cuaderno de notas	ud.	1
Papel bond	ud.	200
Lapiceros	ud.	2
Folder	ud.	1
Madera (triply)	ud.	16
Bolsas de papel	ud.	20
Herramientas manuales	Global	1
Rafia	Ud	16
Semilla de Frijol V. Canario	kg.	1.6
Inoculante (<i>R. phaseoli</i>)	g.	42
Adherente	Ud	1

Tabla 3

Materiales de oficina empleados en el estudio

Descripción	Unidad	Cantidad
Equipo de computo	ud.	1
Textos informativos	ud.	10
Lapiceros	ud..	2
Calculadora	ud.	1
USB	ud.	1

5.5. Descripción de los métodos

5.5.1. *Material biológico*

El material evaluado fue la leguminosa *Phaseolus vulgaris* L., conocido comúnmente como frijol canario. Esta especie de grano posee un hábito arbustivo de crecimiento determinado, que oscila entre los 50 a 90 cm de altura. Su floración inicia a los 60 días después de siembra, su fruto es una vaina que madura mide 10 cm aproximadamente, el color predominante es el amarillo, de textura suave y tiene generalmente 4 granos.

La cepa utilizada en el ensayo inicial fue la de la bacteria *Rhizobium phaseoli* en soporte a base de turba neutralizada y esterilizada. El inoculante de *Rhizobium* fue proporcionado por el proyecto “Fortalecimiento, e implementación de la capacidad del laboratorio de Rhizobiología para la investigación y desarrollo-Ayacucho” UNSCH-FOCAM.

5.5.2. *Población*

La población motivo de esta investigación estuvo conformada por las semillas del frijol canario, inoculadas con diferentes dosis de una sola cepa de *Rhizobium phaseoli*, evaluadas a través de indicadores de crecimiento y rendimiento agrícola.

En total se realizaron 5 tratamientos, 4 repeticiones; cada tratamiento tuvo la misma dosis de siembra y el mismo inoculante (*Rhizobium phaseoli*) para garantizar la homogeneidad, a continuación, detalles, cabe destacar que en los tratamientos no se utilizó fertilización con P y K; debido a que no son parámetros a evaluar.

Tabla 4*Material biológico empleados en el estudio*

Tratamientos	Descripción
T1	320gr Semilla inoculada con 7g <i>Rhizobium phaseoli</i>
T2	320gr Semilla inoculada con 14g <i>Rhizobium phaseoli</i>
T3	320gr Semilla inoculada con 21g <i>Rhizobium phaseoli</i>
T4	320gr Semillas sin inoculación de <i>Rhizobium phaseoli</i> , fertilizadas con N
T5	320gr Semilla sin inoculación de <i>Rhizobium phaseoli</i> , sin fertilización N

5.5.3. Muestra

Las muestras se obtuvieron de cada unidad experimental y se estableció el porcentaje de nitrógeno a través del análisis de los granos de semilla, las muestras fueron analizadas en LABORATORIO DE QUIMICA AGRÍCOLA VALLE GRANDE; ubicado en panamericana sur km. 144, San Vicente de Cañete-Lima.

Para evaluar el nivel de fijación de nitrógeno a través del análisis de suelo; se tomó 1 muestra por repetición, o sea 4 de cada uno de los tratamientos (del No.1 al No. 5), por lo que, al finalizar la cosecha se analizaron 20 muestras. Cabe mencionar que antes de realizar el sembrío del frijol se hizo análisis del suelo en DELAY INGENIEROS CONSULTORES Y CONTRATISTAS EIRL/LABORATORIO; RUC: 20494399891, ubicado en Jr. Bellido Nro. 722, Ayacucho Huamanga.

5.5.4. Identificación de variables**Tabla 5***Operacionalización de variables*

Variable independiente	Variable dependiente	Indicadores
Inoculante de <i>Rhizobium</i>	Características agronómicas	Dosis Altura de la planta (cm) Longitud de la raíz (cm) Peso fresco de la parte aérea de la planta (gr)

Variable independiente	Variable dependiente	Indicadores
	Rendimiento del cultivo	Peso seco de la parte aérea de la planta (gr) Peso fresco de la raíz de la planta (gr) Peso seco de nódulos de la planta (gr) Peso de la raíz más nódulos de la planta (gr) Numero de nódulos de la raíz Longitud de vaina (cm) Número de granos por vaina Rendimiento de granos de frijol (gr) por tratamiento Variación de nitrógeno total (%) e grano

5.5.5. Diseño Experimental

Los bloques completos fueron escogidos al azar (cuatro bloques), que equivale a cinco tratamientos con cuatro repeticiones, para un total de veinte (20) parcelas.

El modelo aditivo lineal para el análisis simple del DBCA, con el siguiente modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = es el j-ésimo elemento perteneciente al i-ésimo tratamiento.

μ = es la media general.

β_j = es el efecto del j-ésimo del tratamiento.

ϵ_{ij} = error experimental asociado al j-ésimo elemento del i-ésimo tratamiento.

Figura 1

Croquis de la parcela

BARRERA						
BI		BII	BIII	BIV		
T4	1M	T1	1M	T3	1M	T2
1M						
T2		T5		T4		T1
1M						
T1		T3		T2		T4
1M						
T3		T4		T1		T5
1M						
T5		T2		T5		T3
1M						

5.5.6. Formulación de la hipótesis experimental

Hipótesis nula (Ho): La media del rendimiento que se obtendrá con las distintas dosis de aplicación del inoculante *Rhizobium phaseoli* en semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Canario, en el Dtto. de Ocobamba Provincia de Chincheros es igual a la media del rendimiento (kg/m²) sin inoculante y sin fertilización.

- Ho: $\mu T1 = \mu T2 = \mu T3 = \mu T4 = \mu T5$
- H1: $\mu T1 \neq \mu T2 \neq \mu T3 \neq \mu T4 \neq \mu T5$

Hipótesis nula (Ho): La media del rendimiento que se obtendrá con las distintas dosis de aplicación del inoculante *Rhizobium phaseoli* en semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Canario, en el Dtto. de Ocobamba Provincia de Chincheros es igual para todas las dosis.

- Ho: $\mu T1 = \mu T2 = \mu T3$
- H1: $\mu T1 \neq \mu T2 \neq \mu T3$

Hipótesis nula (Ho): La media de los indicadores de crecimiento que se obtendrá con las distintas dosis de aplicación del inoculante *Rhizobium phaseoli* en semillas de frijol

(*Phaseolus vulgaris* L.) var. Canario, en el distrito de Ocobamba Provincia de Chincheros es igual a la media del rendimiento (kg/m²) sin inoculante y sin fertilización.

- Ho: $\mu T1 = \mu T2 = \mu T3 = \mu T4 = \mu T5$
- H1: $\mu T1 \neq \mu T2 \neq \mu T3 \neq \mu T4 \neq \mu T5$

5.5.7. Preparación de las parcelas experimentales

El experimento consideró una parcela de un área experimental de 525 m², de los cuales 320 m² fueron destinados al cultivo, donde 16 m² (4X4) fue el área ocupada por una repetición. Cada bloque de repetición estuvo conformado por 5 tratamientos separados a una distancia de 1 metro entre sí, en cada tratamiento un total de 6 surcos con distancia de 0.60m.

La técnica de siembra fue a golpe, tres semillas por golpe. En cada surco se colocaron 20 golpes, para una siembra de 60 plantas por surco, de golpe a golpe separadas una distancia de 20 cm, con un total de 360 plantas por repetición.

Se fertilizó las parcelas del tratamiento 04 con urea, un mes (30 días) después del germinado (60 % de N), a razón de 100kg/ha-1; en esa relación la primera fertilización fue con 18gramos de urea a la siembra y 18 gramos de urea a los 30 días.

Tabla 6

Tratamientos experimentales empleados en el estudio

Trat.	Rep.	Semilla /Rep. (gr)	Inoculo/Rep. (gr)	Goma arábica/Rep. (ml)	Urea (gr)
1	4	320	7	30	
2	4	320	14	30	
3	4	320	21	30	
4	4	320	0	0	36
5	4	320	0	0	0

Nota. En los tratamientos no se utilizó fertilización con P y K.

5.5.8. Prueba de germinación

Se emplearon dos lotes de semillas frijol canario de distintas parcelas: Alfapampa y Loayza, esta se inició a las 11 am, con dos grupos de 100 semillas, para ello se colocaron en estufa en el laboratorio FOCAM UNSCH, a una temperatura entre 18-20 °C. La semilla de la parcela denominado Alfapampa fue la seleccionada por presentar un mayor porcentaje (83%) de germinación y buena sanidad.

Tabla 7

Prueba porcentaje de germinación

Parcela/Fundo	Cantidad de semillas	% germinación
Alfapampa	100	83
Loayza	100	76

5.5.9. Preparación de la inoculación en forma de Pellets

La inoculación se realizó por el método de la pelletización antes de efectuar la siembra, la semilla de frijol canario se mezcló con una solución adhesiva de goma arábiga al 40% añadiendo inoculante turboso haciendo una homogenización completa y finalmente se añade la dolomita (polvo blanco), luego se recubrió todas las semillas formando los pellets o píldoras. El proceso que se muestra en la tabla 7, corresponde a la inoculación en forma de pellets para una repetición, el cual se efectuó para todas las repeticiones, con otra dosis de inoculante. El inoculante fue proporcionado por el proyecto “Fortalecimiento e implementación de la capacidad del laboratorio de Rhizobiología para la investigación y desarrollo Ayacucho” convenio UNSCH.FOCAM.

Tabla 8

Cantidad de inoculante, semilla y agua, solución adhesiva y material de revestimiento para la inoculación en pellet, para una repetición

Dosis de inoculante	Semilla (gr)	Solución adhesiva al (40% de goma arábica) (ml)	Cantidad de dolomita para recubrimiento (gr)
Primera de 7 gr	320	30	180
Segunda de 14 gr	320	30	180
Tercera de 21 gr	320	30	180

Nota. * El inoculante turboso contiene una concentración bacteriana de: 1×10^9 UFC/gr de soporte

5.5.10. Determinación de las variables biométricas

a. Altura de la planta

La altura para cada uno de los tratamientos se tomó en centímetros, y se midió la planta desde la raíz (cuello), hasta el punto más alto de su formación. Se distribuyeron las plantas por parcela considerando que todas tuvieran en promedio el mismo tamaño. Esta lectura incluyó floración, cuando se realizó el muestreo.

b. Longitud de la raíz

La longitud de la raíz de las plantas en los diferentes tratamientos se tomó en centímetros, medida desde el inicio de tallo (cuello) hasta la zona de crecimiento (ápice de la raíz).

c. Peso fresco de la parte aérea o del follaje

Una vez que las plantas mostraron su floración fueron cortadas en el cuello de la raíz y luego se pesaron por unidad. La medida utilizada fue el gramo.

d. Peso seco de la parte aérea o del follaje

Luego de la cosecha, estas plantas fueron cortadas y dispensadas en una bolsa de papel perforada, se secaron mecánicamente (estufa) a unos setenta grados centígrados (70

°C) por un lapso de cuarenta y ocho horas (48 h). Finalizado este proceso, se procedió a pesar por unidad en gramos.

e. Peso fresco de la raíz

Una vez extraída las plantas denominadas muestras; con la ayuda de una pinza quirúrgica se separaron los nódulos, los nódulos de la raíz para cuantificarlas y posteriormente se calculó el peso fresco en gramos por raíz.

f. Número de nódulos

A los sesenta días después de la siembra se procedió al muestreo de 10 plantas de frijol en etapa fenológica de floración por unidad experimental, con la finalidad de extraer los nódulos por planta. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de la UNSACC, donde se cortó el follaje, y en recipientes dispuestos para tal fin se lavaron las raíces, con el fin de evitar que los nódulos más pequeños se perdieran. A continuación, con la ayuda de una pinza quirúrgica se separaron los nódulos, luego se colocaron en placas de Petri, se cuantificó el número de nódulos por planta y posteriormente se calculó el peso fresco en gramos por raíz.

g. Peso seco de nódulos

Así como el follaje, los nódulos también fueron secados mecánicamente en la estufa. Este proceso duró 48 horas a una temperatura de 70 °C. La unidad para el peso fue gramos y se hizo por cantidad de nódulos/planta.

h. Número de granos por vaina

El número de granos por vaina se determinó por conteo numérico, previo recojo de muestras y medición de vainas.

i. Longitud de la vaina

La longitud de vaina se determinó en centímetros, posterior a las muestras recogidas de los diferentes tratamientos.

j. Porcentaje de nitrógeno total de los granos de frijol

Se obtuvo el nitrógeno por cada tratamiento, utilizando el método de DUMAS.

5.5.11. Control fitosanitario

Durante el estudio se observó la presencia de la plaga *Diabrotica speciosa*, un escarabajo de color verde claro, también conocido como “lorito verde”, la cual ocasionó picaduras de hojas y cuello en plantas germinadas, para lo cual se aplicó el insecticida Cypermethrin o Cipermetrina, en mochila de 15lt agua + 20ml de insecticida.

También se aplicó un tratamiento preventivo para la enfermedad fungosa conocida como “chupadera”, utilizando Thiram (Thiopianatemethyl) utilizando 200gr en 20lt de agua, en mochila para su aplicación.

5.5.12. Manejo del riego

El riego se utilizó para complementar la falta de lluvia y se aplicó en función de la disponibilidad y tamaño de las plantas, mediante 3 sistemas. Primero por aspersor, durante tres horas, dos veces por día, luego por riego directo al cuello de la planta con manguera, seguido por riego por gravedad al suelo.

5.5.13. Análisis del suelo

Se tomaron muestras de la parcela antes del cultivo, extrayendo la tierra hasta unos 20 centímetros de profundidad para una muestra a analizar.

Para este paso se consideró las recomendaciones del CIAT (1988), donde propone desechar el material no biodegradable (trozos grandes de madera, piedras).

Sal finaliza el cultivo se tomaron muestras de la parcela de cultivo en cada una de las parcelas, extrayendo la tierra hasta unos 20 centímetros de profundidad, de esta extracción se tomaron 20 sub-muestras que corresponden a los cinco tratamientos y sus 4 réplicas para identificar el porcentaje de nitrógeno fijado en el suelo.

Cabe acotar que el suelo dispuesto para la siembra presentó características requeridas para el cultivo del Canario, se notó: suelo profundo con buen drenaje, permeabilidad moderada, entre otros aspectos propios de tierras aptas (Tabla 8).

Tabla 9

Coefficientes hídricos del suelo

Textura			Clase textura (USA)	Densidad aparente (gr/cm ³)	Capacidad de campo (%)	Punto de marchitez (%)
% Arena	% Limo	% Arcilla				
34	28	38	Franco arcillosa	1.21	22	11

Las muestras analizadas tienen un pH ligeramente ácido. El suelo no es salino (sin sales solubles). El contenido de materia orgánica y fósforo es medio y el potasio disponible es alto. Por tanto, el suelo es apto para cultivos agrícolas, previa formulación de abonamiento para las dosis N-P-K.

Tabla 10

Análisis químico del suelo de la réplica 1

	T1	T2	T3	T4	T5	
Replica 1	pH	6	5.8	5.7	6.0	6.32
	C.E. (dS/m)	0.06	0.06	0.11	0.062	0.051
	M.O. %	3.2	3.0	2.2	2.15	4.2
	PO ₄ disponible (ppm)	21.0	17.8	16.5	18.0	15.20
	% N Total	0.19	0.29	0.19	0.20	0.24
	K ⁺ disponible (ppm)	160	118	132	155	135
	Textura	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Franco arenoso arcilloso	Franco arenoso arcilloso	Franco arcilloso
	Granulometría	Mediano a fino	Mediano	Mediano a grueso	Mediano	Mediano a fino
	Color	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Marrón claro	Beige amarillento	Marrón oscuro

Tabla 11*Análisis químico del suelo de la réplica 2*

	T1	T2	T3	T4	T5
pH	5.6	6.49	6.0	6.20	5.91
C.E. (dS/m)	0.035	0.06	0.055	0.054	0.05
M.O. %	3.25	2.0	4.25	4.20	2.45
PO ₄ disponible (ppm)	16.8	14.5	17.78	18.0	15.8
% N Total	0.21	0.28	-	0.15	0.33
K ⁺ disponible (ppm)	137	123	158	158	117
Textura	Franco arenoso arcilloso				
Granulometría	Mediano	Mediano	Mediano a grueso	Mediano	Mediano a grueso
Color	Marrón oscuro	Gris oscuro	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Beige amarillento

Tabla 12*Análisis químico del suelo de la réplica 3*

	T1	T2	T3	T4	T5
pH	7.7	6.0	5.7	5.8	5.9
C.E. (dS/m)	0.071	0.054	0.052	0.058	0.05
M.O. %	2.8	3.0	2.85	3.98	3.8
PO ₄ disponible (ppm)	10.5	14.8	16.0	17.19	14.9
% N Total	0.30	0.20	0.18	0.16	0.16
K ⁺ disponible (ppm)	83	125	137	128	148
Textura	Franco arenoso arcilloso				
Granulometría	Mediano a grueso	Mediano a grueso	Mediano a grueso	Mediano a grueso	Mediano
Color	Marrón amarillento	Marrón oscuro	Beige amarillento	Marrón grueso	Marrón claro

Tabla 13*Análisis químico del suelo de la réplica 4*

	T1	T2	T3	T4	T5
pH	6.17	6.13	5.8	7.4	6.0
C.E. (dS/m)	0.45	0.08	0.049	0.045	0.06
M.O. %	2.85	3.15	3.7	4.0	4.0
PO ₄ disponible (ppm)	14.85	17.8	19.21	16.8	16.2
% N Total	0.17	0.16	0.19	0.16	0.15
K ⁺ disponible (ppm)	150	155	142	128	163
Textura	Franco arenoso arcilloso				
Granulometría	Mediano a fino	Mediano a grueso	Mediano a grueso	Mediano a grueso	Mediano a grueso
Color	Marrón oscuro	Marrón amarillento	Marrón oscuro	Marrón grueso	Marrón claro

VI. RESULTADOS

6.1. Altura de la planta

La figura 2 muestra una variación en centímetros entre los distintos tratamientos; se observa que el tratamiento con mayor altura de fertilización nitrogenada (T4), ya que este alcanzó un 58,96 cm/planta en promedio y el valor mínimo fue el tratamiento con la dosis de 21 g /320gr de frijol (T3) que alcanzó un promedio 47,23 cm/planta.

La tabla 14 muestra la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 87,58 en T4 y el menor de 3,56 en T3; indicando una mayor dispersión en los datos de T4 y una mayor homogeneidad en los datos de T3. En tal sentido es importante destacar, que la altura es una variable que ayuda a la evaluación, sin embargo, esta debe ser evaluado en forma integral con las otras variables

Del análisis de varianza (Tabla 15) se obtuvo un valor F de 1,643 con un Fc de 3,06 y dado que Fc es mayor que 1,643.

Dados los resultados obtenidos se admite Ho, dado que no se registraron diferencias de mayor relevancia entre los grupos.

Tabla 14

Valores de la altura de la planta (cm) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	52,27	60,61	52,91	46,17	55,00
II	52,43	51,08	55,25	68,33	50,08
III	48,37	51,77	40,01	59,00	52,42
IV	51,40	42,15	40,77	62,33	61,33
Promedio	51,12	51,40	47,23	58,96	54,71
Varianza	3,56	56,87	63,84	87,58	23,53

Figura 2

Variación de la altura de la planta ante los distintos tratamientos

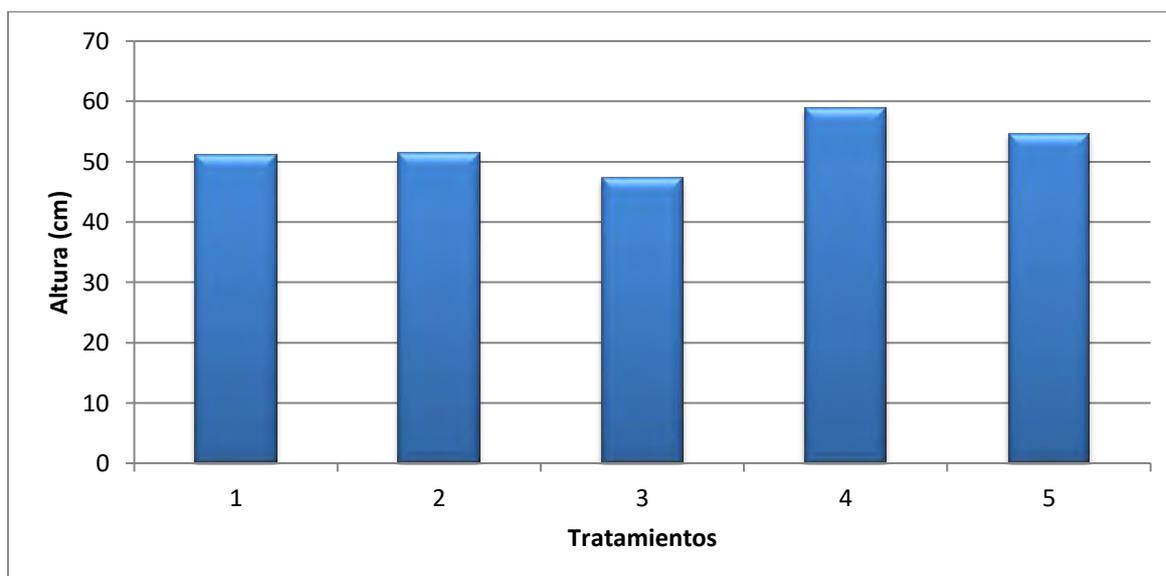


Tabla 15

Análisis de varianza para la variable altura/planta en centímetros (cm) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Fc
Altura de la Planta (cm)	Entre tratamientos	308,875	4	077,219	1,64	0,215	3,06
	Dentro de bloques	705,128	15	47,009			
	Total	1014,003	19				

6.2. Longitud de la raíz

La figura 3 muestra la variación de la longitud de la raíz (cm) entre los distintos tratamientos; se observa que el tratamiento con fertilización nitrogenada (T4) presentó el promedio mayor valor 25,70cm/unidad y el menor valor fue el (T2) con un promedio de 22,83cm/unidad; no se registraron diferencias significativas entre los grupos. Aunque en la escala del gráfico, las diferencias de longitud entre tratamientos parecen ser mayores.

La tabla 16 muestra los resultados de la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 24,99 en T4 y el menor de 4,08 en T1; indicando una mayor dispersión en los datos de T4 y una mayor homogeneidad en los datos de T1.

Del análisis de varianza (tabla 17) se obtuvo un valor F de 0,478 con un Fc de 3,06 y dado que Fc es mayor que 0.478 se admite la Ho, no se registraron diferencias de mayor relevancia entre los grupos.

Tabla 16

Valores de longitud de la raíz (cm) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	22,54	27,15	23,27	28,75	24,17
II	26,86	19,77	23,58	24,33	25,75
III	24,37	23,54	27,46	19,27	18,75
IV	26,54	20,85	19,42	30,44	25,58
Promedio	25,08	22,83	23,43	25,70	23,56
Varianza	4,08	10,82	10,79	24,99	10,79

Figura 3

Variación de longitud de la raíz ante los distintos tratamientos

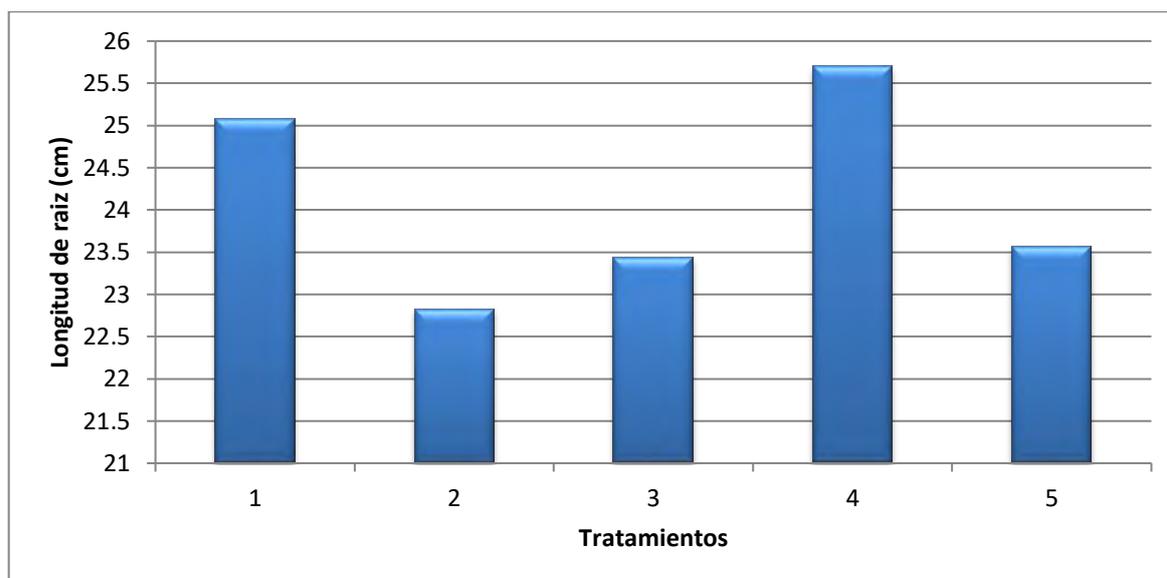


Tabla 17

Análisis de varianza para la variable longitud de la raíz (cm) de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos

		Suma de		Media			
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.	Fc
Longitud de la raíz (cm)	Entre tratamientos	23,496	4	5,874	0,478	0,752	5,56
	Dentro bloques	184,521	15	12,301			
	Total	208,016	19				

6.3. Peso fresco de la parte aérea de la planta

La figura 4 muestra la variación del peso fresco de la parte aérea de la planta (gr) ante los distintos tratamientos; se observa que el mejor tratamiento en peso fresco es la fertilización nitrogenada (T4), ya que este alcanzó 70.26 gr/unidad en promedio y el menor valor fue el (T5) con 46.2gr/unidad en promedio. Cabe destacar, que el parámetro peso fresco de la parte aérea de la planta es un excelente parámetro para evaluar la FBN, en tal sentido el T5 presentó mejores valores, pero sin diferencias estadísticas significativas entre los

tratamientos experimentales, es decir se comportó de manera similar a todos los tratamientos.

La tabla 18 muestra los resultados de la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 865,09 en T4 y el menor de 139,30 en T1; indicando una gran dispersión en los datos de todos los tratamientos.

Del análisis de varianza (tabla 19) se obtuvo un valor F de 1,120 con un Fc de 3,06 y dado que Fc es mayor que 1,120 se acepta el Ho, sin diferencias relevantes entre los grupos.

Tabla 18

Valores del peso fresco de la parte aérea (gr) de la especie (Phaseolus vulgaris) var.

Canario

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	69.39	47.44	52.89	34.85	39.74
II	47.58	37.38	69.14	71.24	31.73
III	53.55	72.01	32.66	68.13	42.99
IV	71.62	40.74	46.36	106.81	70.34
Promedio	60,53	49,39	50,26	70,26	46,2
Varianza	139,30	244,84	229,45	865,09	281,38

Figura 4

Variación en el peso fresco de la parte aérea (gr) ante los distintos tratamientos

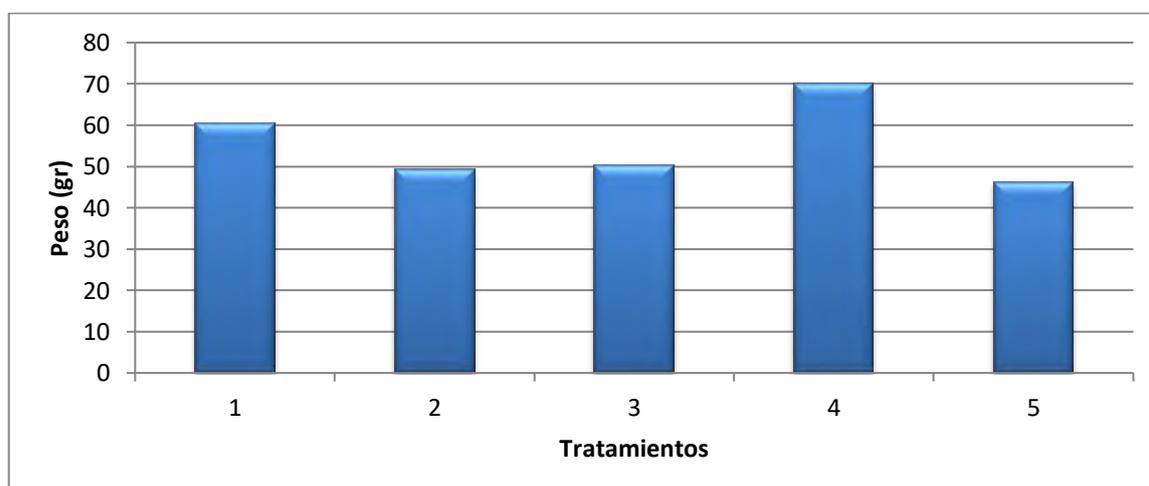


Tabla 19

Análisis de varianza para la variable peso fresco de la parte aérea (gr) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso parte aérea (g)	Entre tratamientos	1576,902	4	394,225	1,120	0,384
	Dentro de bloques	5280,379	15	352,025		
	Total	6857,281	19			

6.4. Peso seco de la parte aérea de la planta

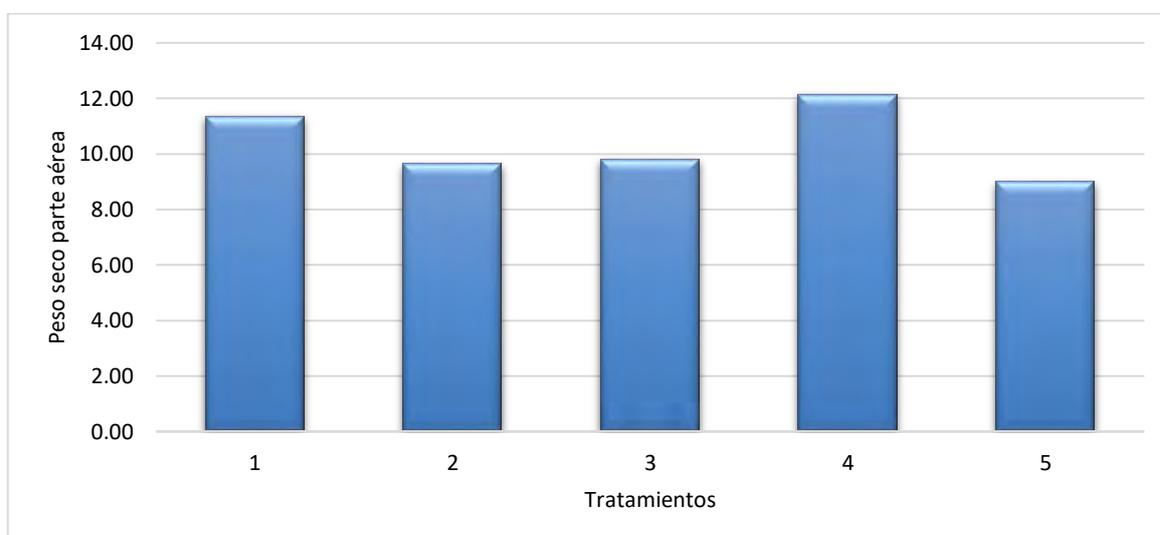
La figura 5 se presenta la variación del peso seco de la parte aérea de la planta (gr) sometida a diferentes tratamientos, en el cual se observa que el mejor tratamiento es el T4 (12,15gr.) sin fertilización ni inóculo, seguido del T1 (11,34gr.) con fertilización e inóculo ante los distintos tratamientos; y el menor tratamiento fue el T5 con 9,01gr/unidad en promedio. Cabe destacar, que el parámetro peso seco de la parte aérea de la planta es un parámetro determinante para evaluar la FBN, en tal sentido el T4 presentó mejores valores, pero sin diferencias estadísticamente significante entre los tratamientos experimentales, es decir se comportó de manera similar a todos los tratamientos.

La tabla 20 muestra los resultados de la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 0,34 en T2 y el menor de 0,17 en T1; demostrando una dispersión normal en los datos de todos los tratamientos.

Del análisis de varianza (tabla 21) se obtuvo un valor F de 1,030 con un Fc de 3,02 y dado que Fc es mayor que 1,030 se toma el Ho, sin diferencias relevantes entre los grupos porque no existe diferencias significativas.

Tabla 20*Peso seco de la parte aérea de la planta de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario*

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	13,68	8,95	12,02	7,15	8,72
II	11,08	7,21	12,32	15,13	6,45
III	8,76	14,57	6,29	11,97	7,97
IV	11,87	7,85	8,58	14,36	12,91
Promedio	11,34	9,64	9,80	12,15	9,01
Varianza	0,17	0,34	0,29	0,29	0,31

Figura 5*Variación del peso seco de la parte aérea de la planta (gr) ante los distintos tratamientos***Tabla 21***Análisis de varianza para peso seco de la parte aérea de la planta de (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos*

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Fc
Peso seco de la parte aérea (g)	Entre tratamientos	1426,903	4	356,725	1,030	0,350	3,002
	Dentro de bloques	5190,372	15	346,024			
	Total	6617,275	19				

6.5. Peso fresco de la raíz de la planta

La figura 6 muestra la variación en el peso de la raíz de la planta (gr) ante los distintos tratamientos; se observa que el mejor tratamiento es la fertilización nitrogenada (T4), ya que este alcanzó 2,48gr/unidad en promedio y el menor valor fue T5 con un promedio 1,87gr/unidad.

La tabla 22 muestra los resultados de la varianza estadística del peso fresco de la raíz de la planta de todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 0,40 en T4 y el menor de 0,001 en T5; indicando homogeneidad en los datos de todos los tratamientos.

Del análisis de varianza (tabla 23) se obtuvo un valor F de 1,059 con un Fc de 3,06 y dado que Fc es mayor que 1,059 se acepta la Ho, sin diferencias notables que acotar.

Tabla 22

Valores del peso fresco de raíz (gr) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	2.79	1.94	2.03	1.8	1.89
II	1.85	2.22	2.8	3.3	1.91
III	2.17	2.39	1.45	2.23	1.83
IV	1.85	1.82	1.46	2.59	1.84
Promedio	2,16	2,09	1,9	2,48	1,87
Varianza	0,19	0,06	0,41	0,40	0,001

Figura 6

Variación en el peso fresco de la raíz (gr) ante los distintos tratamientos

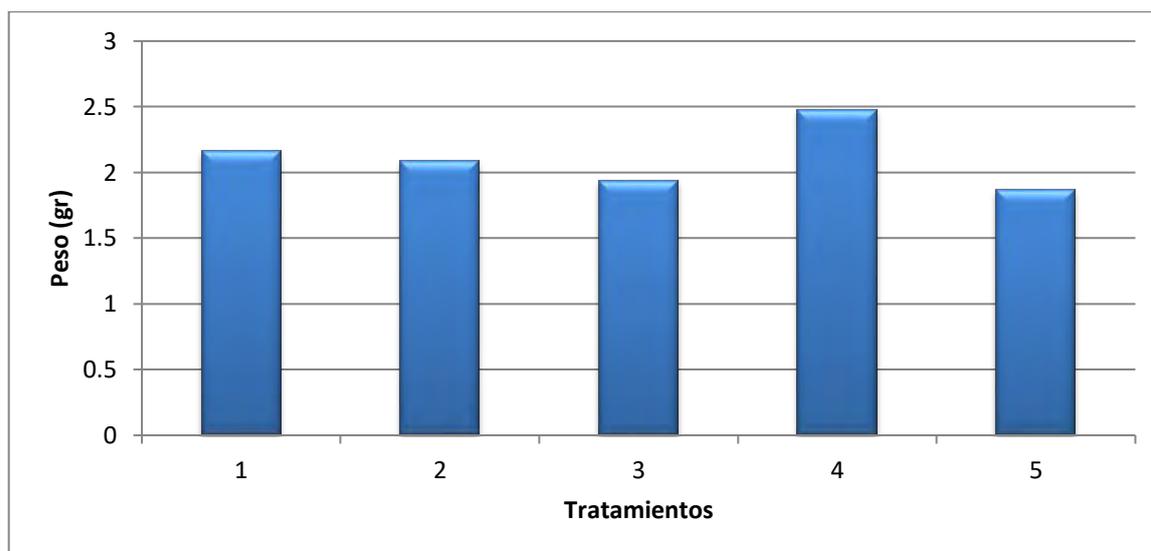


Tabla 23

Análisis de varianza para la variable peso fresco de la raíz (gr) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso fresco de la raíz (gr)	Entre tratamientos	0,915	4	0,229	1,64	1,059
	Dentro bloques	3,239	15	0,216		
	Total	4,154	19			

6.6. Peso seco de la raíz de la planta

La figura 7 muestra la variación en el peso seco de la raíz de la planta (gr) sometido a diferentes tratamientos; se muestra que el mejor tratamiento es el T4 (con fertilización nitrogenada), ya que este alcanzó 0,93gr/unidad en promedio y el menor valor fue T5 con un promedio de 0,64gr/unidad.

La tabla 24 muestra los resultados de la varianza estadística del peso seco de la raíz de la planta de todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 0,26 en T3 y el menor de 0,005 en T5; indicando homogeneidad en los datos de todos los tratamientos.

Del análisis de varianza (tabla 25) se obtuvo un valor F de 0,990 con un Fc de 2,60 y dado que Fc es mayor que 0,990 se valida la Ho, sin diferencias notables que acotar.

Tabla 24

Variación en el peso seco de la raíz de la planta (gr) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	0,91	0,64	0,76	0,72	0,64
II	0,68	0,71	0,98	1,22	0,62
III	0,62	0,84	0,62	0,79	0,62
IV	0,71	0,66	0,55	1,01	0,69
Promedio	0,73	0,71	0,72	0,93	0,64
Varianza	0,17	0,12	0,26	0,24	0,05

Figura 7

Variación en el peso seco de la raíz de la planta (gr) ante los distintos tratamientos

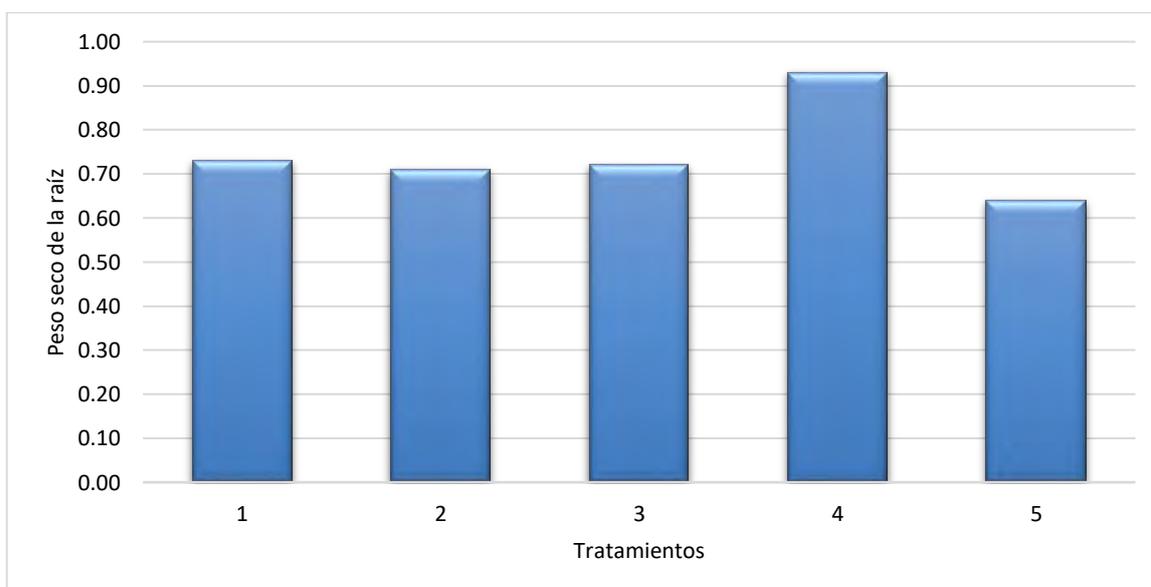


Tabla 25

Análisis de varianza para el peso seco de la raíz de la planta (gr) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos

		Suma de	gl	Media	F	Sig.	Fc
		cuadrados		cuadrática			
Peso seco de la raíz (gr)	Entre tratamientos	0,821	4	0,205	0,99	0,419	2,6
	Dentro de bloques	3,118	15	0,207			
	Total	3,939	19				

6.7. Peso seco del nódulo de la planta

La figura 8 muestra la variación del peso seco del nódulo de la planta (gr) ante los distintos tratamientos; se observa que el mejor tratamiento es la dosis de 21 g /320gr de frijol (T3), ya que este alcanzó 0,54 gr/unidad en promedio y el menor valor fue con la dosis de 7 gr/320gr de frijol (T1) que alcanzó un promedio 0,305 gr/unidad.

La tabla 26 muestra los resultados de la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 0,063 en T3 y el menor de 0,018 en T1; indicando homogeneidad en los datos de todos los tratamientos. Es notorio destacar, que el tratamiento T3 inoculado con la dosis de 21 g /320gr de frijol presentó el mayor peso seco, pero sin diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

Del análisis de varianza (tabla 27) se obtuvo un valor F de 0,849 con un Fc de 3,06 y dado que Fc es mayor que 0,849 se acepta la Ho, señalando que no existen diferencias importantes en los resultados.

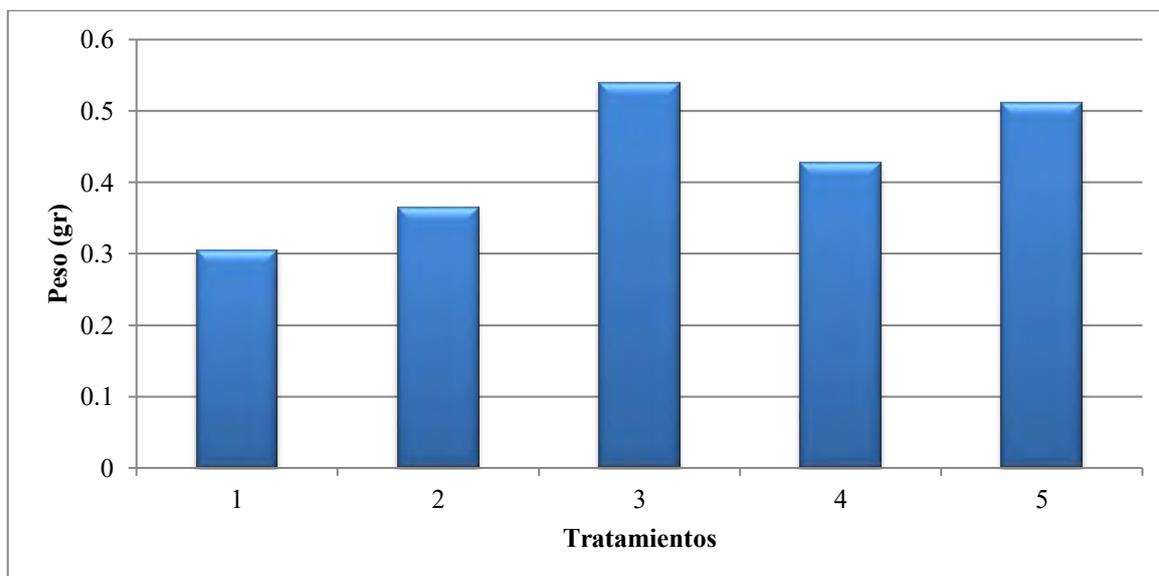
Tabla 26

Valores del peso seco del nódulo (gr) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	0,32	0,25	0,79	0,18	0,34
II	0,26	0,66	0,70	0,76	0,65
III	0,48	0,18	0,24	0,46	0,71
IV	0,16	0,37	0,43	0,31	0,35
Promedio	0,305	0,36	0,54	0,43	0,51
Varianza	0,018	0,045	0,636	0,062	0,038

Figura 8

Variación en el peso de los nódulos (gr) ante los distintos tratamientos

**Tabla 27**

Análisis de varianza para la variable peso seco del nódulo (gr) de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Fc
Peso seco del nódulo (gr)	Entre tratamiento	0,153	4	0,38	0,849	0,849	0,516
	Dentro bloques	0,674	15	0,45			
	Total	0,826	19				

6.8. Peso de la raíz más nódulos de la planta

La figura 9 refiere a la variación del peso de la raíz más nódulos la planta (gr) ante los distintos tratamientos; se observa que el mejor tratamiento es la fertilización nitrogenada (T4), ya que este alcanzó 2,91 gr/unidad en promedio y el menor valor fue el T5 que alcanzó 2,38 gr/unidad en promedio.

La tabla 28 muestra los resultados de la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 0,753 en T4 y el menor de 0,039 en T5; indicando homogeneidad en los datos de todos los tratamientos.

Del análisis de varianza (tabla 29) se obtuvo un valor F de 0,475 con un Fc de 3,06 y dado que Fc es mayor que 0,475 se acepta Ho, indicando que sus resultados no arrojaron diferencias notables.

Tabla 28

Valores del peso de la raíz más nódulos (gr) de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	3.12	2.19	2.82	1.98	2.23
II	2.11	2.88	3.51	4.07	2.56
III	2.65	2.57	1.7	2.69	2.54
IV	2.02	2.2	1.89	2.9	2.19
Promedio	2.47	2.46	2.48	2.91	2.38
Varianza	0,262	0,109	0,711	0,753	0,039

Figura 9

Variación en el peso de la raíz más los nódulos (gr) ante los distintos tratamientos

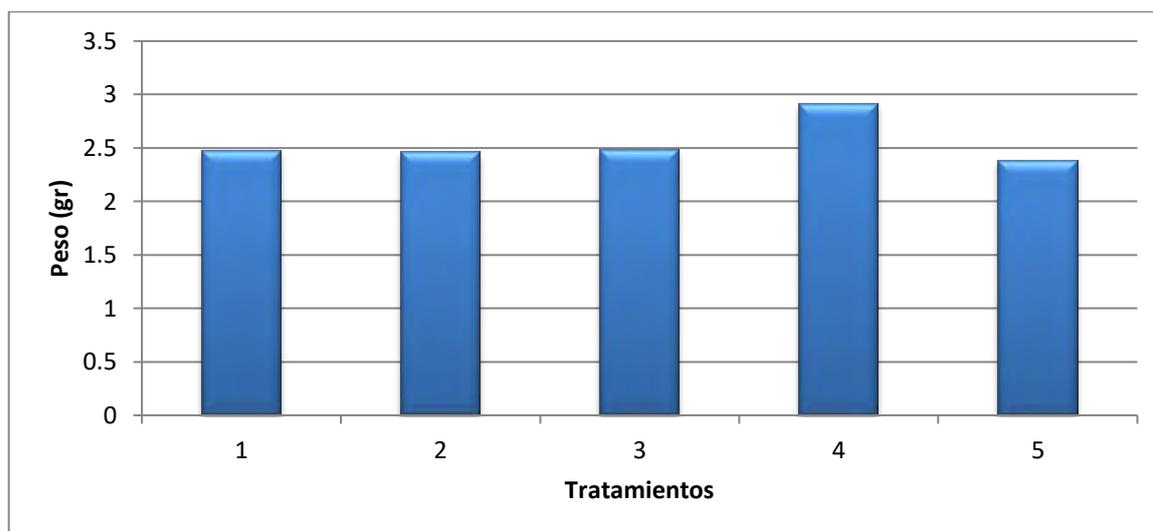


Tabla 29

Análisis de varianza para la variable del peso de la raíz más nódulos (gr) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso de la raíz más nódulos (gr) Entre tratamientos	0,710	4	0,178	0,475	0,754
Dentro bloques	5,612	15	0,374		
Total	6,322	19			

6.9. Número de nódulos de la raíz

La figura 10 muestra la variación del número de nódulos de la raíz ante los distintos tratamientos; se observa que el mejor tratamiento fue la dosis de 21 g /320gr de frijol (T3), ya que este alcanzó 27,19 nódulos/planta en promedio y el menor valor fue la dosis de 7 gr/320gr de frijol (T1) que alcanzó un promedio 17.22 nódulos/planta.

Al respecto, el T3 con inoculante de 21 g /320gr de frijol, presentó el mayor número de nódulos y peso de nódulos, esto generado al efecto del inoculante, el cual genera una

buena nodulación, sin embargo un suelo con presencia de bacterias nativas de *R.phaseoli* y problemas de suelo arcilloso, déficit de agua afectaron en el crecimiento y desarrollo de las plantas con raíces frágiles, delgadas, lo que genera dispersión de los datos en las variables evaluadas, sin embargo el cultivo tuvo buena capacidad de recuperación y se reflejó en los rendimientos de grano aceptables en relación al tratamiento con fertilización nitrogenada.

La tabla 30 muestra los resultados de la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 491,84 en T4 y el menor de 52,01 en T1; indicando una gran dispersión en los datos de todos los tratamientos.

Del análisis de varianza (tabla 31) se obtuvo un valor F de 0,246 con un Fc de 3,06 y dado que Fc es mayor que 0,246 se acepta la Ho, no se evidenciaron diferencias importantes entre los grupos.

Tabla 30

Valores del número nódulos por raíz de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	15	11.77	10.73	4.25	12.5
II	15.14	39.61	49.5	35.25	13.33
III	27.67	18.23	5.69	18	24.42
IV	11.09	12.46	42.83	28.66	40
Promedio	17.22	20.52	27.19	21.54	22.56
Varianza	52,01	170,39	491,84	183,38	164,67

Figura 10

Variación en número de nódulos ante los distintos tratamientos

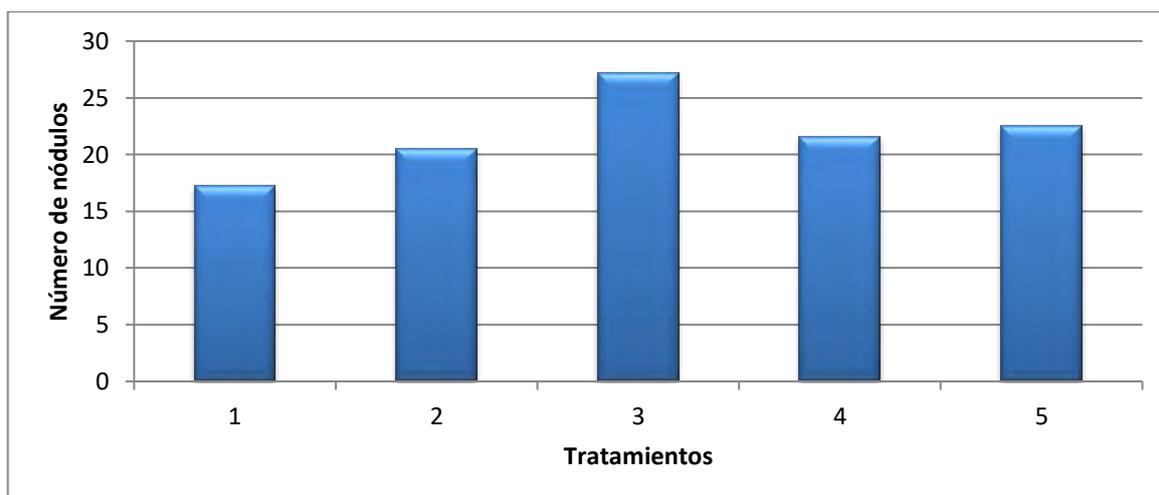


Tabla 31

Análisis de varianza para la variable del número nódulos por raíz de la especie

(Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Numero de nódulos por raíz	Entre tratamientos	209,004	4	52,251	0,246	0,908
	Dentro bloques	3187,118	15	212,475		
	Total	3396,121	19			

6.10. Longitud de la vaina

La figura 11 muestra la variación de la longitud de la vaina (cm) ante los distintos tratamientos; se observa que el mejor tratamiento es la fertilización nitrogenada (T4), ya que este alcanzó 9,89 cm/unidad en promedio y el menor valor fue la dosis de 21 g /320gr de frijol (T3) que alcanzó un promedio 9,59 cm/unidad. Pero longitud de las vainas de frijol por planta fue una variable que no manifestaron diferencias entre los tratamientos.

La tabla 32 muestra los resultados de la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 0,76 en T3 y el menor de 0,05 en T5; indicando homogeneidad en los datos de todos los tratamientos.

Del análisis de varianza (tabla 33) se obtuvo un valor F de 0.003538 con un Fc de 3,06 y dado que Fc es mayor que 0.003538 se acepta la hipótesis nula (Ho), indicando que no existen diferencias significativas entre los grupos.

Tabla 32

Valores de la longitud de la vaina (cm) de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	9,35	9,17	8,78	8,87	9,75
II	8,86	9,97	10,56	9,98	10,09
III	10,32	9,76	10,08	10,37	10,02
IV	9,88	10,47	8,93	10,34	9,59
Promedio	9,60	9,84	9,59	9,89	9,86
Varianza	0,40	0,29	0,76	0,49	0,05

Figura 11

Variación en la longitud de la vaina ante los distintos tratamientos

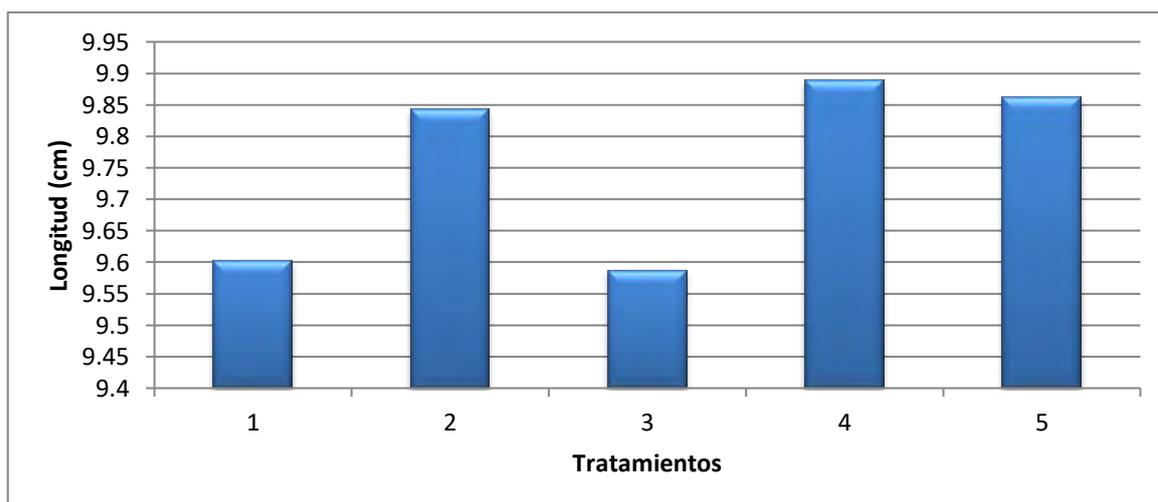


Tabla 33

Análisis de varianza para la variable longitud de la vaina (cm) de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Longitud de la vaina (cm)	Entre tratamientos	0,554	4	0,138	0,003	0,051
	Dentro de bloques	588,002	15	39,200		
	Total	588,556	19			

6.11. Número de granos por vaina

La figura 12 muestra la variación del número de granos por vaina ante los distintos tratamientos; se observa que el mejor tratamiento es la fertilización nitrogenada (T4), ya que este alcanzó un promedio de 3,3475 granos/planta y el menor valor fue el tratamiento con la dosis de 14 gr /320gr de frijol (T2) que alcanzó un promedio 3,1 granos/unidad. Pero el número de granos por vaina no reportaron diferencias significativas entre los tratamientos.

La tabla 34 muestra los resultados de la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 0,085 en T1 y el menor de 0,023 en T3; indicando homogeneidad en los datos de todos los tratamientos.

Del análisis de varianza (tabla 35) se obtuvo un valor F de 0,00746 con un Fc de 3,06 y dado que Fc es mayor que 0,00746 se acepta la hipótesis nula (Ho), indicando que no existen diferencias significativas entre los grupos.

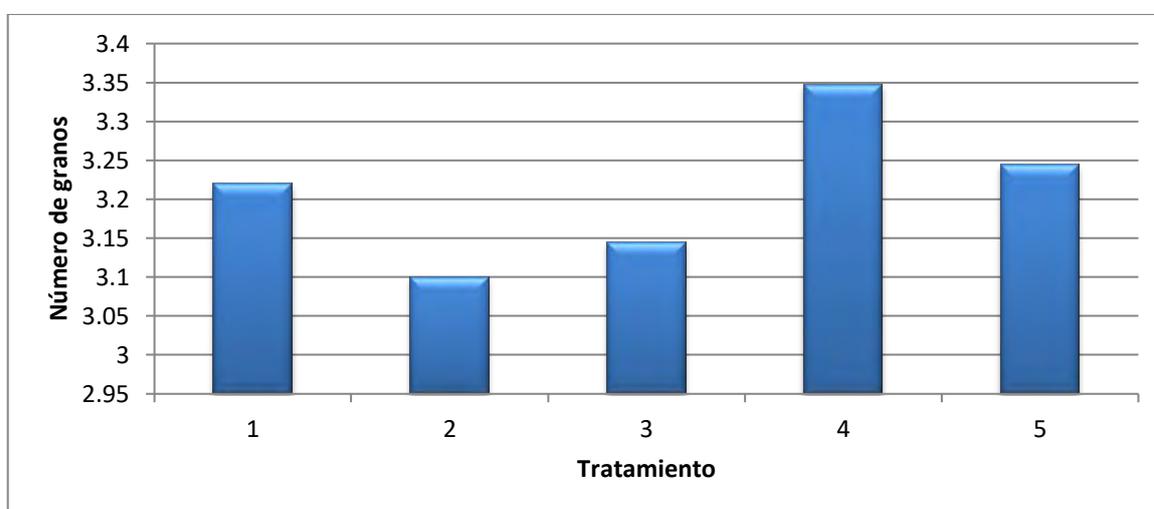
Tabla 34

Valores del número de granos por vaina de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	3,37	3,25	3,11	3	3,15
II	2,8	3,31	3,37	3,36	2,98
III	3,46	3,09	3,06	3,48	3,4
IV	3,25	2,75	3,04	3,55	3,45
Promedio	3,22	3,10	3,14	3,34	3,24
Varianza	0,085	0,063	0,023	0,059	0,048

Figura 12

Variación en el número de granos por vaina ante los distintos tratamientos

**Tabla 35**

Análisis de varianza para la variable del número de granos por vaina de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos

		Suma de	Media				
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.	Fc
Números de grano por vaina	Entre tratamientos	0,228	4	0,057	1,64	0,07	0,05
	Dentro de bloques	114,813	15	7,654			
	Total	115,041	19				

6.12. Números de vaina por planta

El gráfico 12, muestra una variación en centímetros entre los distintos tratamientos; se observa que los tratamientos superiores en relación con el número de vainas por plantas son T1 (12,19) y T4 (11,87), y el valor mínimo fue el tratamiento T5 sin inoculación ni dosis de fertilización que alcanzó un promedio 8,59 vainas por planta.

La Tabla 35 muestra la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa la mayor variabilidad para T1 (0,23) y T4 (0,28) y el menor de 0,08 en T2; indicando una mayor dispersión en los datos de T1 y T4 y una mayor homogeneidad en los datos de en el resto de los tratamientos.

Del análisis de varianza (Tabla 36) se obtuvo un valor F de 1,643 con un Fc de 3,06 y dado que Fc es mayor que 1,643.

En tal sentido los resultados obtenidos se admiten la Ho, dado que no se registraron diferencias significativas entre los grupos.

Tabla 36

Números de vaina por planta de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	16,43.	9,9	10,07	6,4	7,7
II	10,9	12,2	12,97	11,6	7,43
III	11,27	10,77	12,13	9,67	8,97
IV	10,57	11,3	12,30	13,27	10,27
Promedio	12,19	11,04	11,87	10,23	8,59
Varianza	0,23	0,08	0,10	0,28	0,15

Figura 13

Números de vainas por la planta ante los distintos tratamientos

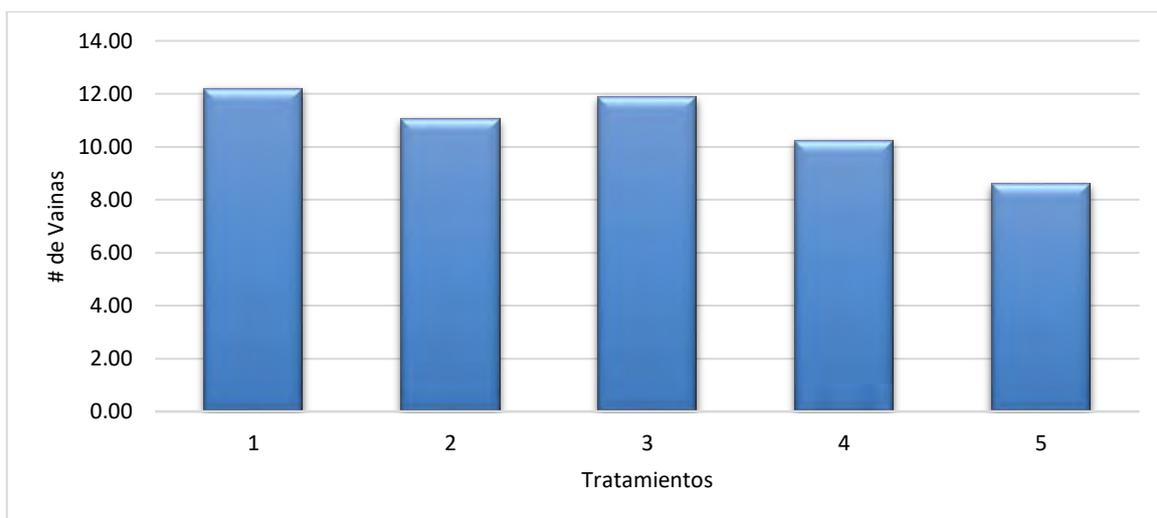


Tabla 37

Análisis de varianza para números de vaina de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos

		Suma de		Media			
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.	Fc
Números de vaina	Entre	308,875	4	77,219	1,64	0,215	3,06
	tratamientos						
	Dentro	705,128	15	47,009			
	bloques						
	Total	1014,003	19				

6.13. Longitud de las vainas

La figura 14 muestra la variación de la longitud de las vainas (cm) entre los diferentes tratamientos; se muestra que el tratamiento con fertilización nitrogenada (T1) presentó el promedio mayor valor 10,73 cm/unidad y el menor valor fue el (T3) con un promedio de 9,63 cm/unidad; no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos. Aunque en la escala numérica, las divergencias de longitud entre tratamientos parecen ser mayores.

La tabla 38 muestra los resultados de la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa la mayor varianza 0,10 en T4 y los menores de 0,05 en T2 y T5; indicando una mayor dispersión en los datos de T1 y una mayor homogeneidad en los datos de T2 y T5.

Del análisis de varianza (tabla 39) se obtuvo un valor F de 0,478 con un Fc de 3,06 y dado que Fc es mayor que 0.478 se toma la Ho, no se registraron diferencias significativas entre los grupos.

Tabla 38

Valores de longitud de las vainas (cm) de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	11,87	9,26	8,98	8,87	8,96
II	9,16	9,94	10,50	9,92	10,20
III	10,30	9,90	10,20	10,22	10,08
IV	10,02	10,67	9,01	10,17	9,69
Promedio	10,33	9,94	9,67	9,80	9,73
Varianza	0,10	0,05	0,08	0,06	0,05

Figura 14

Variación de longitud de las vainas ante los distintos tratamientos

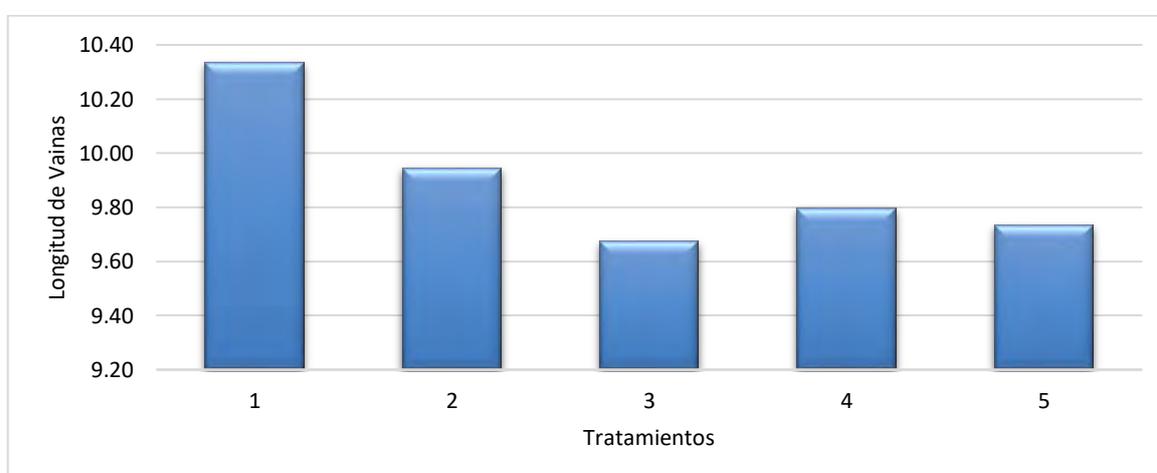


Tabla 39

Análisis de varianza para la variable longitud de las vainas (cm) de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos

		Suma de	gl	Media	F	Sig.	Fc
		cuadrados		cuadrática			
Longitud de la raíz (cm)	Entre	23,496	4	5,874	0,478	0,752	5,56
	Dentro	184,521	15	12,301			
	Total	208,016	19				

6.14. Número de granos

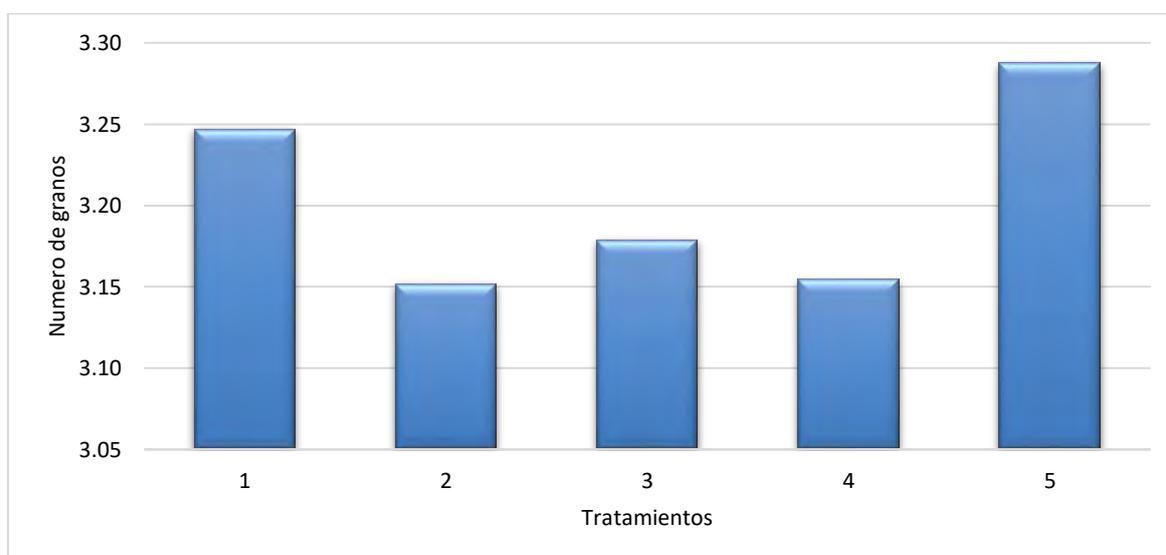
La figura 15 se reporta la variación el número de granos ante los distintos tratamientos; se observa que el mejor tratamiento es la no fertilización nitrogenada (T5), ya que este logró 3,29 granos en promedio y el valor más bajo fue el (T2 y T4) con 3,15 y en promedio de ambos casos. Cabe destacar, que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos experimentales, es decir se comportó de manera similar a todos los tratamientos.

La tabla 40 reporta los resultados de la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 0,09 en T1 y el menor de 0,04 en T3; indicando una gran dispersión en los datos de todos los tratamientos.

Del análisis de varianza (tabla 41) se obtuvo un valor F de 1,120 con un Fc de 3,06 y dado que Fc es mayor que 1,120 se acepta la Ho, sin diferencias significativas entre los grupos.

Tabla 40*Valores del número de granos de la especie Phaseolus vulgaris var. Canario*

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	3,48	3,24	3,18	2,92	3,16
II	2,82	3,41	3,37	3,20	2,99
III	3,46	3,05	3,04	3,28	3,47
IV	3,23	2,90	3,12	3,21	3,53
Promedio	3,25	3,15	3,18	3,15	3,29
Varianza	0,09	0,07	0,04	0,05	0,07

Figura 15*Variación del número de granos ante los distintos tratamientos***Tabla 41**

Análisis de varianza para la variable número de granos de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos

		Suma de		Media		
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Numero de granos	Entre	1576,902	4	394,225	1,120	0,384
	tratamientos					
	Dentro	5280,379	15	352,025		
	bloques					
	Total	6857,281	19			

6.15. Rendimiento de granos de frijol por tratamiento

La figura 16 muestra la variación del rendimiento de granos de frijol (gr) por planta de *Phaseolus vulgaris* var. *Canario* a los distintos tratamientos; se observa que el mejor tratamiento fue la fertilización nitrogenada (T4), ya que este alcanzó 472,00 gr/unidad en promedio y el menor valor fue la dosis de 14 gr /320gr de frijol (T2) que alcanzó un promedio 348,5 gr/unidad. Cabe destacar, que del rendimiento de granos de frijol (gr) por planta es una variable determinante para evaluar la FBN.

La tabla 42 muestra los resultados de la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 44035,33 en T4 y el menor de 4709,667 en T2.; indicando dispersión en los datos de todos los tratamientos.

Tabla 42

Valores del rendimiento de granos de frijol (gr) por planta de Phaseolus vulgaris var.

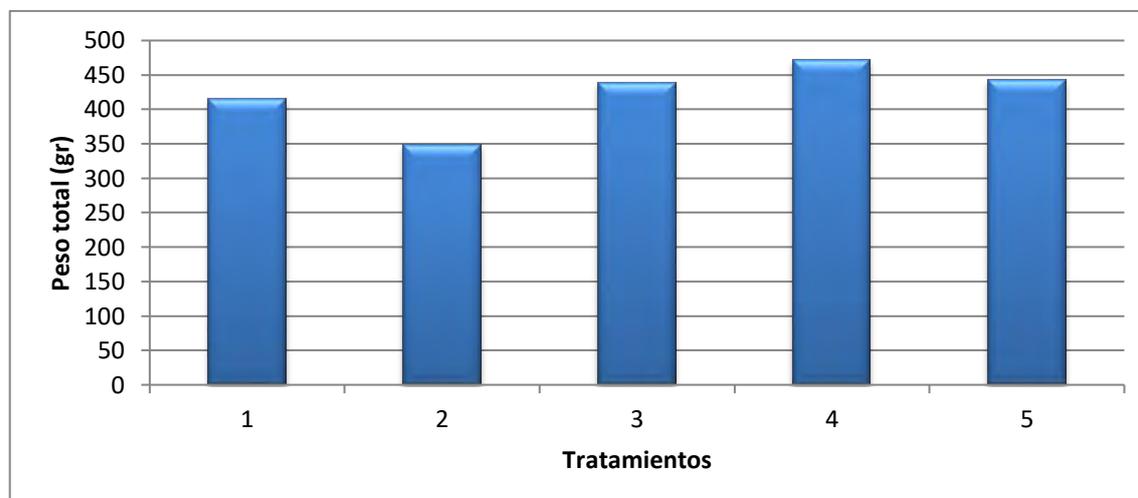
Canario a los distintos tratamientos

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	505	431	434	237	496
II	152	340	589	503	341
III	537	359	384	408	427
IV	468	264	346	740	506
Promedio	415	348	438	472	442
Varianza	31653,6	4709,6	11398,9	44035,3	5812,3

Figura 16

Variación en rendimiento de granos de frijol (gr) por planta de (Phaseolus vulgaris) var.

Canario a los distintos tratamientos



6.16. Variación del nitrógeno total en grano

La figura 17 muestra la variación del % de nitrógeno total en grano ante los distintos tratamientos; se observa que el mejor tratamiento fue el control (T5), ya que este de 3,87 % en granos/unidad en promedio y el menor valor fue la dosis de 7 gr /320gr de frijol (T1) que alcanzó un promedio 3,59 % en granos/planta.

No obstante, los problemas de suelos con abundante arcilla, presencia de bacterias nativas de *R. phaseoli*, estrés hídrico durante la germinación, originan poco desarrollo de las plantas, raíces débiles y delgadas; esto deriva en la dispersión de datos en las variables evaluadas, no obstante, el cultivo manifestó buena capacidad de recuperación, dato que se refleja en los rendimientos del grano en relación con el tratamiento con fertilización nitrogenada.

La tabla 43 muestra los resultados de la varianza estadística para todos los tratamientos, donde se observa el mayor valor de 0,215 en T4 y el menor de 0,018 en T5; indicando homogeneidad en los datos de todos los tratamientos.

Del análisis de varianza (tabla 44) se obtuvo un valor F de 0,5945 con un Fc de 3,06 y dado que Fc es mayor que 0,5945 se acepta Ho, indicando que no se consiguió diferencias significativas en los resultados.

Tabla 43

Valores de los porcentajes de nitrógeno total en fruto en la especie Phaseolus vulgaris var.

Canario

Replicas	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	3,54	3,56	3,48	3,11	3,75
II	3,33	3,94	3,59	4	3,78
III	3,62	3,82	3,78	3,88	3,94
IV	3,87	4,06	4,16	4,15	4,03
Promedio	3,59	3,84	3,75	3,78	3,87
Varianza	0,049	0,046	0,089	0,215	0,018

Nota. Los resultados están expresados en muestra seca, donde: %: masa/masa Técnica:

Dumas

Figura 17

Variación en el porcentaje de nitrógeno total en fruto ante los distintos tratamientos

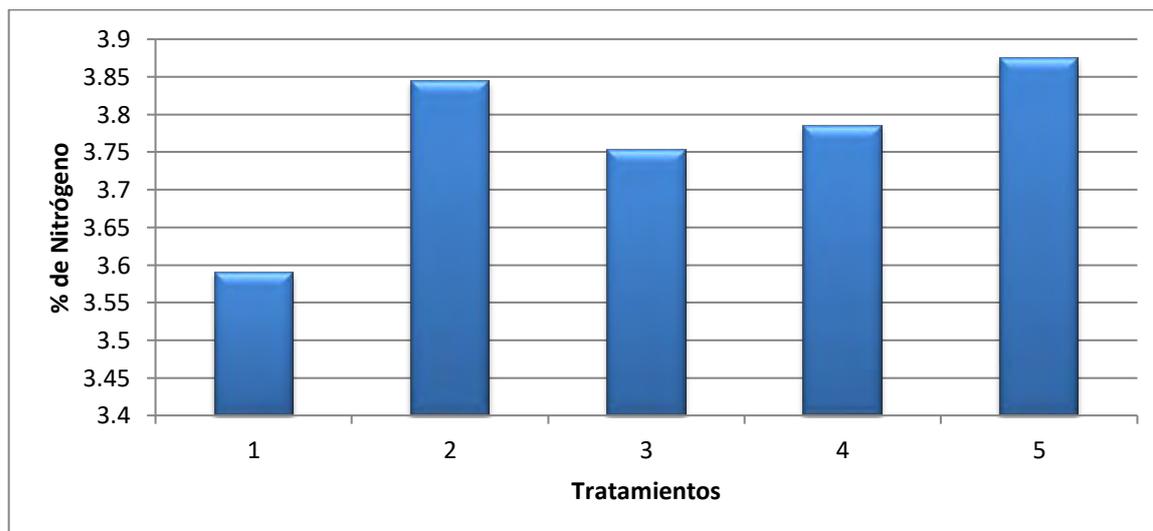


Tabla 44

Análisis de varianza para la variable porcentaje de nitrógeno total en fruto de la especie (Phaseolus vulgaris) var. Canario a los distintos tratamientos

		Suma de	gl	Media	F	Sig.
		cuadrados		cuadrática		
Nitrógeno total en grano (%)	Entre tratamientos	0,198	4	0,049	0,594	0,05
	Dentro de bloques	1,250	15	0,083		
	Total	1,449	19			

La tabla 45 muestra la respuesta de *Phaseolus vulgaris* var. *Canario* a los distintos tratamientos, inoculado con *Rhizobium phaseoli*, donde se aprecia que los mayores rendimientos se presentaron en las parcelas con inoculación y fertilización, sin embargo, todas las parcelas sometidas a las diferentes dosis del inoculante mostraron estimulación positiva, con valores muy similares entre tratamientos.

Tabla 45

Respuesta de Phaseolus vulgaris var. Canario a los distintos tratamientos, inoculado con Rhizobium phaseoli

Tratamiento	Peso aéreo (gr/planta)	Peso nódulo (gr/planta)	Nitrógeno total (%)	Rendimiento (Kg totales/ha)
Inoculado(7.0g/320gr)	60,53	0,305	3,59	1903,05
Inoculado (14g/320gr)	49,39	0,36	3,84	1596,18
Inoculado (21g/320gr)	50,26	0,54	3,75	2007,25
Sin inóculo Fertilizada	70,26	0,43	3,78	1361,83
Sin inóculo, ni fertilizante	46,2	0,51	3,87	1226,72

En esta práctica, la aplicación de diferentes dosificaciones para la simbiosis en la *Phaseolus vulgaris* var. *Canario* fue más efectiva con la dosis 1.024g/320gr de frijol (tabla 46).

Tabla 46

Evidencia del resultado de las diferentes dosis de inoculación y su aporte al rendimiento en la planta de (Phaseolus vulgaris) var. Canario

Tratamiento	Longitud de la vaina (cm)	No de granos por vaina	Peso total (cm)	Rendimiento (Kg totales/ha)
Inoculado (7.0g/320gr)	9,60	3,22	415,5	1903,05
Inoculado (14g/320gr)	9,84	3,10	348,50	1596,18
Inoculado (21g/320gr)	9,59	3,14	438,25	2007,25

VII. DISCUSIÓN

El efecto de *Rhizobium* sobre las variables de crecimiento en las plantas de *Phaseolus vulgaris* var. *Canario* mostró que las diferencias no son estadísticamente significativas, para ningún tratamiento, sin embargo, en todos los casos hubo estimulación del crecimiento, mostrando mayor eficiencia con la fertilización nitrogenada. En general, todos los valores de los distintos tratamientos alcanzaron una altura de la planta en un rango de 47-59 cm, coincidiendo con lo presentado por Espinoza (1990), quien describe estas plantas con una altura que varía entre 50 y 90 centímetros, dependiendo del suelo (variedad y condiciones). Los resultados indican un buen crecimiento del follaje y, por lo tanto, una actividad fotosintética adecuada, asegurando nutrientes para la planta y por consiguiente una mayor productividad.

La nodulación es un factor determinante en la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa, siendo el número de nódulos un indicativo de las condiciones de infección en la raíz por esta bacteria, esto se refleja en el número total que puede producir *Rhizobium* en las raíces, y esto depende de la habilidad de la bacteria para formarlos (Aviléz y Centeno 1999).

Los resultados muestran que la inoculación de la semilla fue efectiva para todos los tratamientos, pero mayor en el tratamiento con la más alta dosis (de 21 g /320gr de frijol). También se determinó una importante nodulación en las parcelas sin inocular (T4 y T5), esto demuestra que estas plantas fueron inoculadas por bacterias propias del suelo (cepas nativas), cuya eficiencia en la fijación no obtuvo niveles altos, pero si en la adaptación a las condiciones edáficas. Los valores más bajos del número de nódulos se encontraron en las parcelas inoculadas con las dosis 7 y 14 gr/320gr de frijol, a este respecto Hubell (1986) expresa que es probable que la cepa evaluada no puede competir con la nativa por sitios en las raíces de la leguminosa huésped (frijol canario), mostrando una menor eficiencia. Los nódulos radiculares se mostraron de un color rosa (proteína/hierro).

El peso de los nódulos tiene relación con el FBN, observándose mayores valores en el tratamiento con la más alta dosis de inoculante (de 21 g /320gr de frijol) y en las parcelas sin inocular. Es importante destacar que el volumen del tejido nodular es inversamente proporcional a la cantidad de nitrógeno del suelo, ya que los nitratos inhiben en mayor grado, la fijación biológica de nitrógeno que las sales amoniacales (FAO, 1985), esto se puede observar al comparar el peso promedio nodular de T3 de la réplica 2 (0,7), donde el valor del porcentaje de nitrógeno total del suelo fue prácticamente nulo, quedando demostrado su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico (N_2), y comprobando la simbiosis.

En este proceso se ha considerado el beneficio que proporciona al sistema estructural de la planta y al follaje las diferentes sustancias depuestas por bacterias y organismos presentes en la siembra. Su aporte de materia orgánica complementa la nutrición de la planta y se suma a este proceso natural. Con respecto a las hojas representa un incremento del N_2 fijado a este, lo que hace suponer que la planta absorbió el nitrógeno disponible, demostrando la eficiencia de esta interacción (Colás et al., 2018). A pesar de que las variables peso radicular y del peso del follaje no mostraron resultados significativos entre los distintos tratamientos, los valores mostraron una mayor eficiencia con la fertilización nitrogenada.

Al evaluar los resultados de las incidencias en el beneficio generado a los elementos como longitud-vainas/planta del grano y vaina, pesos y en el N° de granos/vaina, se observan respuestas positivas en todos los tratamientos, aunque estas diferencias estadísticas no son significativas, los valores mostraron una mayor eficiencia con la fertilización nitrogenada. Espinoza (1990) considera que la legumbre de frijol posee un tamaño variable que puede oscilar entre 6 a 12 cm. de largo. Los valores encontrados en la longitud de las vainas por planta oscilan entre 9-10 cm, mientras que el N° de granos/vaina está entre 3-4, coincidiendo con lo registrado por este autor.

Es probable que los tratamientos de inoculación se hayan visto afectados por falta de humedad, por lo que algunos elementos adversos notados pudieron deberse a esta situación. Las parcelas que mostraron mayores beneficios con los resultados de esta bio-infección natural (bacterias existentes en el medio y participantes en esta inoculación), T4: 2161,83 Kg/ha; T5: 2026,72 Kg/ha; estudios previos sostienen que mayores beneficios se obtienen con el uso de fertilizantes basados en N₂, cuidando la dosificación necesaria para evitar el desarrollo excesivo de la planta y el uso de energía para mantener una planta viva y de calidad pero que en consecuencia daría un grano de bajo nivel, en vista que la energía fue reconducida para otros fines y no para la calidad de la semilla del frijol. En este caso, cuando suceden este tipo de excesos, el ambiente propicio abre brechas para el ataque de plagas y enfermedades, el ecosistema se acomoda para dar lugar a estos ataques que contemplan caída de maracas, flor, cercenamiento de raíz y tallo, desnutrición de racimos y otros de igual importancia.

Un claro ejemplo de lo antes señalado se presencia cuando la humedad es muy alta o baja para la fijación del N₂, en caso de ser alta se da lugar a focos que intervienen chupando la savia, causando podredumbres, marchitando la planta o la letalidad total de la cosecha. Por tanto, es recomendable total equilibrio entre los elementos del suelo y lograr la armonía para una agricultura sustentable y sostenible.

Otros componentes también son importantes para el cultivo del frejol canario, su siembra responde muy bien a los fertilizantes basados en fosforo, afectando positivamente su rendimiento, tanto en la formación de la mata como en la producción del grano, en general estas muestras de suelo mostraron valores medio en los niveles de fósforo disponible, a excepción de la muestra T1 réplica III, cuyo valor fue de 10.5, sin embargo, el rendimiento promedio de esa cosecha fue alto (537). Respecto al contenido de potasio en el suelo sus

valores son medio, por lo que no diferencias significativas en respuesta al abonamiento potásico.

Los estudios realizados por Díaz et al. (2009) se comprueban a cabalidad con este trabajo de campo, ya que este inoculante puede utilizarse esperando con seguridad resultados satisfactorios tanto en la planta como en el suelo. En el caso de la tierra las cepas originarias actúan manteniendo el equilibrio y cuidando el ecosistema.

VIII. CONCLUSIONES

La inoculación con *Rhizobium* alcanzó rendimientos similares a la fertilización nitrogenada, por lo que es una alternativa para una producción de sustentable de frijol.

Se observó una nodulación de mediana a buena en las plantas que fueron inoculadas así mismo las plantas no inoculadas presentaron nodulación por efecto de las bacterias nativas del suelo.

Se observó una simbiosis efectiva entre el *Rhizobium* y el frijol canario, que se confirma por la presencia de nódulos con características efectivas que influyeron en el rendimiento de granos.

Los parámetros de evaluación utilizados no presentaron diferencias estadísticas significativas.

IX. RECOMENDACIONES

Se recomienda estudiar los diversos tipos de cepas nativas de las regiones a sembrar, porque cada espacio del cultivo tiene sus características particularidades que deben ser atendidas, para posteriores investigaciones de inoculación.

Investigar los microorganismos epífitos del cultivar ya que es probable una interacción positiva entre los actores de esta simbiosis y eso puede afectar la FBN natural.

Es recomendable estudiar la densidad de plantas/diferentes dosis de inoculación, porque, aunque el grano mantiene su calidad y su peso ideal, una sobresaturación vegetativa disminuye la producción de vainas/planta y en el número de granos/vaina.

Se recomienda fortalecer la capacitación técnica de los estudiantes y docentes en los trabajos de investigación con diferentes microorganismos.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, M. (1977). *Introducción a la microbiología del suelo*. AGT: México Ed.
- Avalos, Q. (1984). Descripción y daños de las principales plagas que atacan al frijol en el Perú. *II Curso intensivo de post-grado de investigación del frijol en el Perú*.
- Baldani, J., Caruso, L., Baldani, V., Goi, S. Ydöbereiner, J. (1997). Recent advance in BNF with non-legume plant. *Soil Biol. Biochem.* 29, 911-922.
- Bidwell, R. (1979). *Fisiología Vegetal*. México. 1ra Ed. AGT Editor S.A. 744 p.
- Bitocchi, E., Nanni, L., Bellucci, E., Rossi, M., Giardini, A., Zeuli, P. & Papa, R. (2012). *Mesoamerican origin of the common bean (Phaseolus vulgaris L.) is revealed by sequence data*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(14), E788-E796.
- Broughton, W., Hernandez, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden, J. (2003). *Beans (Phaseolus spp.)—model food legumes*. Plant and soil, 252(1), 55-128.
- Bruno, A. (1990). *Leguminosas Alimenticias*. Editorial Fraele S.A. CONCYTEC Lima-Perú, 65pp.
- Cáceres, D. & Acevedo, J. (2001). *Comparación del efecto de la fertilización mineral, orgánica y control de malezas en el cultivo del frijol común (Phaseolus vulgaris L.), establecido en callejones de madero negro (Gliciridia sepium) y convencional*. Trabajo Especial de Grado, Universidad Nacional Agraria, Managua-Nicaragua, 73 pp.
- Camarena, F., Huaranga, A. & Mostacero, E. (2009). *Innovación tecnológica para el incremento de la producción de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Ediciones Agrum. UNALM. Primera edición. Auspiciado por CONCYTEC.
- Castillo, D. (1989). Inoculante e inoculación. *V Seminario Nacional de Leguminosas de Grano*. Temuco, 39-53 pp.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. (1980). *Manejo y Control de las Malezas en el cultivo de frijol*. Guía de Estudio, Cali, Colombia. 70 pp.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. (1988). *Informe anual*, Cali, Colombia. 280 pp.
- Chiappe, V. (1992). Evaluación del Potencial Agrícola de la COSAT Central. Una propuesta para incrementar la frontera de Producción Agrícola del Frijol. *Tesis Mg. Sc. Especialidad de Producción Agrícola*. UNALM. 82pp.

- Chique, V, Sánchez, J. & Apaza, J. (2020) *Caracterización del Departamento de Apurímac*. Banco Central de Reserva del Perú, Sucursal Cusco en <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Cusco/apurimac-caracterizacion.pdf>
- Cruz, C. (1966). Estudio de floración de 3 variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en cinco localidades de Sierra Ecuatoriana. *Tesis para optar el Título de Ing. Agrónomo. Universidad Central de Ecuador. Quito, Ecuador, 93 pp.*
- Debouck, D. (1986) *Primary diversification of Phaseolus in the Americas: three centres*. Plant Genet. Res. Newslet. 67:2-6.
- Delgado, A. (1985). Systematics of the genus *Phaseolus* (Leguminosae) in North and Central America. *PhD thesis, The University of Texas at Austin. 363 pp.*
- Díaz, J. (2009). *Manejo integrado del cultivo del frijol*. Lima. INIA. Manual técnico N°3. 64p.
- Erdman, L. (1968). *Inocule sus leguminosas*. Agricultura de las Américas, U.S.A. 17(6):45-48.
- Espinoza, E. (1990). *Manejo del Cultivo de Frijol*. Lima, Perú, 50 pp
- FAO. (1983). *La necesidad de aumentar la producción de Leguminosas Alimentaria*. Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación-Chile. 65pp.
- Fernández, F; Gepts, P. & López, M. (1986). *Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris L) (2a ed.)*. Cali: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), 34 p. ISBN: 84-89206- 54-6.
- Fernández-Pascual, M., De María, N. & De Felipe, M. (2002). *Fijación biológica de nitrógeno: Factores limitantes*. Ciencia y Medioambiente CCMA-CSIC, 195-202 pp.
- Ferrera, A. (2001). “*La microbiología del suelo en la agricultura sostenible*” *Ciencia Ergo*. Sum, vol. 8, núm. 2, Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, México, julio.
- Forero, A. (1967). *Respuesta del Frijol al Abonamiento de diferentes dosis de N-P-K, en el suelo de la Costa*. Tesis Ing. Agr. UNA. La Molina. 97 pp.
- Gage, D. (2004). *Infection and invasion of roots by symbiotic, nitrogenfixing rhizobia during nodulation of temperate legumes*. Microbiology and Molecular Biology Reviews. 68(2): 280-300.
- Gonzales, M. (2013). Estudio de la diversidad de cepas de *Rhizobium* provenientes de nódulos de tres variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis para optar el Título de Biólogo. UINALM. Lima-Perú.

- Hoben, H. (1985). “*Métodos de vertido, dispersión y deposición para la enumeración de Rhizobium en inoculantes de turba*” Universidad de Hawaii Director, proyecto Nifal.
- Jordan, C. (1984). *Family III Rhizobiaceae. En: bergeys manual of systematic bacteriology*. Vol. I William y Wilkins, Baltimore, London. Pág. 235-527.
- Kuykendall D. 2005. *Bradyrhizobium* (Jordan 1982) 137VP. Bergey’s Manual of Systematic Bacteriology. Springer, US. pp. 325-340.
- Laing, D. (1979). Adaptación del Frijol Común. *V Curso Internacional de Adiestramiento Post- Graduados en Investigación para la producción de Frijol*, Cali- Colombia. 36 p.
- León, T. (2006). *Comportamiento de Poblaciones Segregantes de cruzas entre frijol Camanejo con tipos de canarios en condiciones de la Molina*. Tesis Ing. Agrónomo UNALM. Lima-Perú.67p.
- Loayza, S. (1980). Efecto de la fijación de Nitrógeno y tres densidades de Canario Corriente. *Tesis Ing. Agrónomo UNALM. Lima – Perú*. 84 pp.
- Marechal, R. (1988). *Las leguminosas. Aspectos Botánicos. Curso Internacional de Leguminosas de Grano*. Instituto Mediterráneo de Zaragoza. España. 90 pp.
- Manrique, S. (1980). Evaluación de 20 generaciones avanzadas de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L) de Grano Negro en siembra de primavera y verano en la Costa Central. *Tesis Ing. Agrónomo. UNALM Lima – Perú*. 67pp.
- Meneses, R, Waaijemberg, H. Y Pierola, L. (1996). *Las leguminosas en la agricultura boliviana*. Proyecto Rhizobiología Cochabamba, Bolivia. 424 p.
- Mesa, J. (2022). *El cultivo de frijol Phaseolus vulgaris variedad Calima como modelo técnico, demostrativo y económico en el municipio de Pueblorrico, Antioquia*. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/243
- Mogollón, O. (1986). Evaluación de fórmulas de producción a diversos niveles de tecnología en el trébol var. ECUA – 0006 en condiciones de una siembra de primera en la Costa Central. *Tesis Ing. Agrónomo UNALM. Lima – Perú*. 89 pp.
- Mora, O. (1997). *Origen e importancia del Cultivo de la Caraota (Phaseolus vulgaris L)*. Rev. Fac. Agronomía (Maracay) 23: 225 – 234.1997. Universidad Central de Venezuela.
- Navarro, J. (1992). Estudio de los efectos de la salinidad y de la adición al suelo de residuos orgánicos en plantas de tomate. *Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante. Alicante. España*.

- Orive, R & Temprano, F. (1983). *Simbiosis rhizobium-leguminosa*. En: J. Cubero y M. Moreno (eds). Leguminosas de grano. Edit. Mundi-prensa.
- Plaster, J. (2000). *La ciencia del suelo y su manejo*. Edición Monty texto. Madrid, España. Editorial paraninfo. 419 p.
- Quiñónez, A. (1995). Adaptación de 36 líneas de Frijol Canario (*Phaseolus vulgaris* L.) en Costa Central. *Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima-Perú*. 107 pp.
- Ravelo, J. (1988). Efecto de la aplicación de fertilizantes naturales (fosfato de sechura, feldspatos potásicos y estiércol) sobre el rendimiento y nodulación en arveja. *Tesis. Ing. Agrónomo. UNALM.112P*.
- Restrepo, C & Laing, P. (1979). *Conceptos básicos de fisiología de frijol*. Curso intensivo de adiestramiento post - grado de investigación de producción de frijol CIAT Cali – Colombia. 12 p.
- Rivas, R., García-Fraile, P. & Velázquez E. (2009). *Taxonomy of Bacteria Nodulating Legumes*. *Microbiology Insights*. 2: 51–69.
- Rodas, A. (2006). *Por qué el Fósforo es importante para el desarrollo de las raíces (en línea)*. Chile. Consultado el 21 de marzo del 2021. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/maiz/articulos/porque-fosforoimportante-desarrollo-t1021/417-p0.htm>.
- Ruiz-Argüeso, T., Emerich, D & Evans, H. (1979). *Hydrogenase system in legume nodules: a mechanism of providing nitrogenase with energy and protection from oxygen damage*. *Biochim. Biophys. Res. Commun*. 86: 259-264.
- Sarmiento, A. (1995). Evaluación de la densidad de siembra en el Cultivo de Pallar (*Phaseolus lunatus* L) cv. I – 1548 conducidos en espaldera en la Molina. *Tesis Ing. Agrónomo. Lima – Perú*. 90 pp.
- Schwartz, H. & Gálvez, G. (1980). *Problemas de Producción del Frijol. Enfermedades, Insectos, Limitaciones Edáficas y Climáticas de Phaseolus vulgaris*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia, 341-362 pp.
- Sheuche, F. (1984). *Factores de Producción en Leguminosa*. Coordinación de trabajos en Perú del Programa de Frijol del CIAT.
- Singh, S. (1999). *Com bean improvement in the twenty – frist centry*. Kluwer Academic Publishers. The Nertherlands. 405pp.
- Soto, C. (2022). Efecto del lixiviado en la producción del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Chanchamayo. Perú, tesis ára optar al título de Ingeniero Agrónomo,

en

http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2638/1/T026_%2047074308_T.pdf

- Streit W., Gotero, L., Werner, D. & Fleck, D. (1995). *Competition for nodule occupancy on Phaseolus vulgaris by Rhizobium etli and Rhizobium tropici strains can be efficiently monitored in an ultisol during the early stages of growth using a co institutive GUS gene fusion*. Soil Biol. Biochem. 27:1075-108.1
- Valladolid, A. (1993). *El Cultivo de Frijol (Phaseolus vulgaris L) en la Costa Central del Perú*. INIA. Lima- Perú. 116pp.
- Vincent, J. (1970). *A manual for the practical study of root-nodule bacteria*. IPB handbook no. 15. 1ª ed., Oxford, Blackwell Scientific Publications Ltd., 164 p.
- Vicent, J. (1975) *Mnual práctico de rizobiología*. Trad. Del inglés por Carlos Batthyany. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 200pp.
- Voysesst, O. (1983). *Variedades de frijol en América Latina y su origen*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia 87 p.
- White, J. & Izquierdo, J. (1989). *Frijol: Fisiología del potencial de rendimiento y la tolerancia al estrés*. CIAT-FAO. Santiago, Chile. 91 p.
- White, J. (1988). *Conceptos básicos de la fisiología del frijol*. Producción: Clemencia Gómez de Enciso y Carlos Valencia G. Cali, Colombia. CIAT 56p. (Series: 04SB-07.01).

XI. ANEXOS

Anexo 1

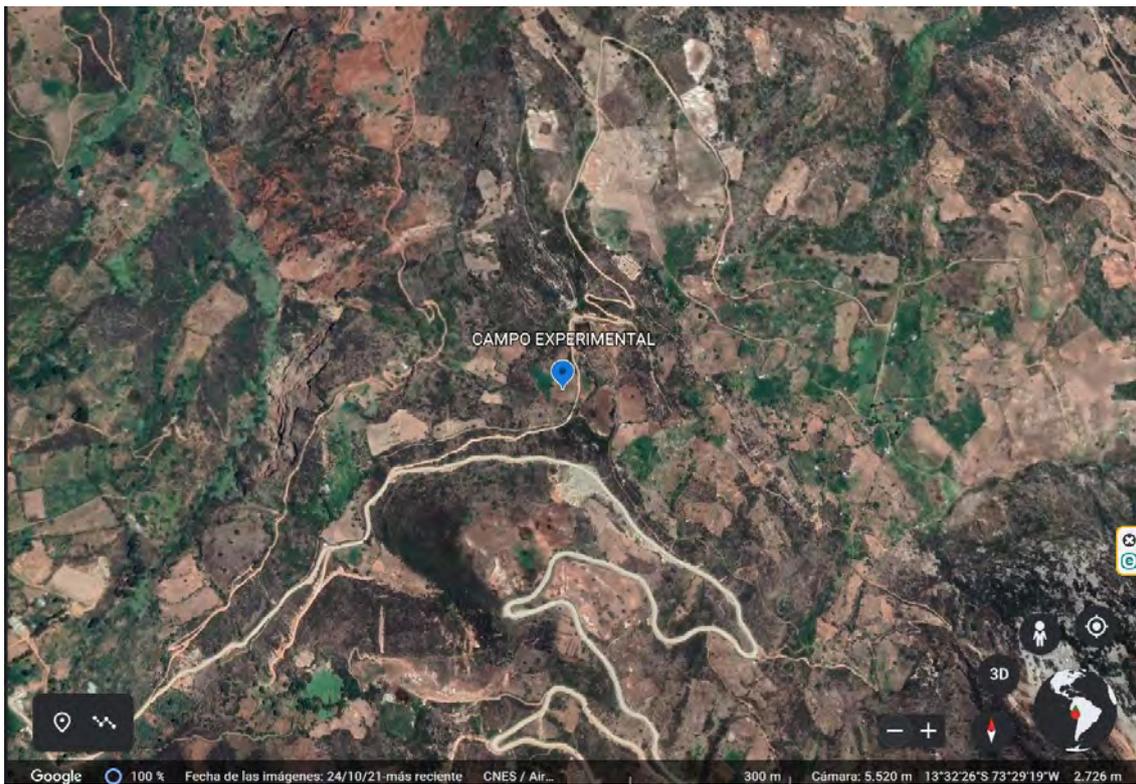
Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variab	Indicadores
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Independiente	
¿Qué resultados se obtendrá al evaluar el efecto de diferentes dosis de <i>Rhizobium phaseoli</i> (7, 14 y 21 gr de inoculante/320 gr en semillas de frijol) sobre el rendimiento de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L</i> Var. Canario.) en condiciones de campo, en el distrito de Ocobamba Provincia de Chincheros?	Evaluar el efecto de diferentes dosis de <i>Rhizobium phaseoli</i> (7, 14 y 21 gr de inoculante/320 gr en semillas de frijol) sobre el rendimiento de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) var. Canario en condiciones de campo, en el distrito de Ocobamba Provincia de Chincheros.	Al evaluar el efecto del <i>Rhizobium sp</i> se obtendrá los mismos resultados en el rendimiento de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Var. Canario en condiciones de campo en el distrito de Ocobamba Provincia de Chincheros.	Inoculante de <i>Rhizobium</i>	Dosis
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Dependiente	
<p>1- ¿Cuál será el efecto de la aplicación del inoculante <i>Rhizobium phaseoli</i> en dosis de 7gr., 14 gr. y 21 gr. de inoculante/320 gr. de semillas de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Var. Canario, en cuanto a las características agronómicas del cultivo en el Distrito de Ocobamba, Provincia de Chincheros, Región Apurímac?</p> <p>2- ¿Cuál será el efecto de la aplicación del inoculante <i>Rhizobium phaseoli</i> en dosis de 7gr., 14 gr. y 21 gr. de inoculante/320 gr. de semillas de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Var. Canario, en el rendimiento del cultivo, en el Distrito de Ocobamba,</p>	<p>1-Evaluar el efecto de la aplicación del inoculante <i>Rhizobium phaseoli</i> en dosis de 7gr., 14 gr. y 21 gr. de inoculante/320 gr. de semillas de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Var. Canario, en cuanto a las características agronómicas del cultivo en el Distrito de Ocobamba, Provincia de Chincheros, Región Apurímac</p> <p>2- ¿Evaluar el efecto de la aplicación del inoculante <i>Rhizobium phaseoli</i> en dosis de 7gr., 14 gr. y 21 gr. de inoculante/320 gr. de semillas de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Var. Canario,</p>	<p>1- El efecto de la aplicación del inoculante <i>Rhizobium phaseoli</i> en dosis de 7gr., 14 gr. y 21 gr. de inoculante/320 gr. de semillas de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Var. Canario, manifestara variación significativa en cuanto a las características agronómicas del cultivo en el Distrito de Ocobamba, Provincia de Chincheros, Región Apurímac.</p> <p>2- El efecto de la aplicación del inoculante <i>Rhizobium phaseoli</i> en dosis de 7gr., 14 gr. y 21 gr. de inoculante/320 gr. de semillas de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) Var. Canario, manifestara variación significativa en el rendimiento del cultivo, en el Distrito de</p>	<p>Características agronómicas</p> <p>Rendimiento del cultivo</p>	<p>Altura de la planta (cm)</p> <p>Longitud de la raíz (cm)</p> <p>Peso fresco de la parte aérea de la planta (gr)</p> <p>Peso fresco de la raíz de la planta (gr)</p> <p>Peso seco del nódulo de la planta (gr)</p> <p>Peso de la raíz más nódulos de la planta (gr)</p> <p>Número de nódulos de la raíz</p> <p>Longitud de la vaina (cm)</p>

Provincia de Chincheros, Región Apurímac?.	en el rendimiento del cultivo, en el Distrito de Ocobamba, Provincia de Chincheros, Región Apurímac.	Ocobamba, Provincia de Chincheros, Región Apurímac.		Número de granos por vaina Rendimiento de granos de frijol (gr) por tratamiento Variación del nitrógeno total (%) en grano
--	--	---	--	--

Anexo 2

Fotografía satelital del sector de la parcela de investigación



Anexo 3

Fotografía de la variedad Frijol Canario





Extracción de muestras de suelo



Pesado de 100 semillas



Inicio de la prueba de germinación en estufa



Evaluación de la prueba de germinación



Recepción de inoculante y goma de la UNSCH



Concentración de *Rhizobium* en el inoculante



Preparación de la goma arábica



Preparación del peletizado



Semillas limpias y peletizadas



Preparación del terreno



Preparación de las parcelas



Inicio de la siembra



Inicio de la germinación



Inicio de la germinación



Preparación del terreno



Inicio de la germinación



Detalle de los cotiledones



En actividades de riego por gravedad



Extracción de muestras de plantas



Extracción de muestras de plantas



Extracción de muestras de plantas



Raíces con nódulos



Procesamiento en el laboratorio



Procesamiento en el laboratorio



Raíces con nódulos



Secado de las plantas



Raíces con nódulos



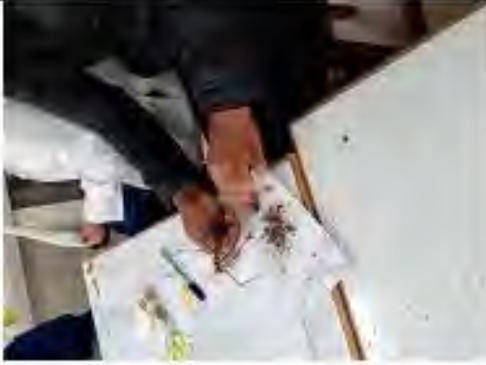
Pesado de las plantas



Raíces con nódulos



Raíces con nódulos



Extracción de los nódulos



Inspección sanitaria de las plantas



Inspección sanitaria de las plantas



Detalle de las vainas del frijol canario



Proceso de pesado



Inspección sanitaria de las plantas



Durante la inspección sanitaria



Durante la inspección sanitaria



Durante la inspección sanitaria



Durante la inspección sanitaria



Durante la inspección sanitaria



Durante la inspección sanitaria



Extracción de las plantas con frutos



Extracción de las plantas con frutos



Extracción de las plantas con frutos



Extracción de las plantas con frutos



Detalle de las vainas del frijol canario



Detalle de las vainas del frijol canario



Balanza analógica



Balanza analítica