

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“DENSIDAD DE SIEMBRA E INOCULACIÓN CON *Rhizobium* sp. EN
EL RENDIMIENTO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN LA MOLINA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

MARÍA DEL CARMEN RUIZ SEVERINE

LIMA – PERÚ

2024

DENSIDAD DE SIEMBRA E INOCULACIÓN CON *Rhizobium* sp. EN EL RENDIMIENTO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN LA MOLINA

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	10%	1%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	purl.org Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	deagronomia.com Fuente de Internet	2%
5	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“DENSIDAD DE SIEMBRA E INOCULACIÓN CON *Rhizobium* sp. EN
EL RENDIMIENTO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) EN LA MOLINA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

MARÍA DEL CARMEN RUIZ SEVERINE

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Ing.Manuel Valencia Ramos
PRESIDENTE

.....
Ing.Luis Chiappe Vargas
PATROCINADOR

.....
Ing.Amelia Huaranga Joaquin
MIEMBRO

.....
Dr.Felix Camarena Mayta
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

A Dios que es mi roca firme.

A mis amados padres

María Luisa Severine Soyer

Juan Ignacio Ruiz Guerra

y a mi tío que fue como un segundo padre

Víctor Severine Soyer

Que Dios los tiene en su Gloria

A mi muy amada hija, que es una hija de honra

Jimena Inés Aguedo Ruiz.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
	2.1 Origen	3
	2.2 Taxonomía	3
	2.3 Características Botánicas	4
	2.4 Adaptación	5
	2.5 Condiciones Ambientales	5
	2.5.1 Luz Solar.....	5
	2.5.2 Temperatura	5
	2.5.3 Humedad.....	6
	2.5.4 Suelo	6
	2.5.5 Altitud	6
	2.6 Épocas de Siembra.....	6
	2.7 Fertilización	7
	2.8 Sanidad del Cultivo.....	7
	2.9 Cosecha.....	8
	2.10 Usos de la Arveja	8
	2.11 Composición Química	9
	2.12 Fijación Biológica del Nitrógeno.....	10
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	12
	3.1 Característica del Campo Experimental.....	12
	3.1.1 Ubicación Geográfica del Terreno.....	12
	3.1.2 Análisis de Suelos	12
	3.1.3 Condiciones Climáticas	12
	3.2 Materiales.....	15
	3.2.1 Semilla	15

3.2.2 Otros Materiales.....	15
3.3 Diseño Experimental.....	16
3.4 Conducción del Experimento.....	19
3.4.1 Preparación del Terreno.....	19
3.4.2 Siembra.....	19
3.4.3 Fertilización.....	19
3.4.4 Control de Malezas.....	20
3.4.5 Riegos.....	20
3.4.6 Control Fitosanitario.....	20
3.4.7 Floración.....	21
3.4.8 Cosecha.....	21
3.5 Evaluaciones Registradas en el Experimento.....	21
3.5.1 Rendimiento de Vaina Verde.....	21
3.5.2 Peso seco de las Plantas a la Floración.....	21
3.5.3 Peso de Vainas.....	22
3.5.4 Número de Vainas por Golpe.....	22
3.5.5 Peso Seco de la Raíz.....	22
3.5.6 Peso Seco de Nódulos.....	22
3.5.7 Número de Nódulos.....	22
3.5.8 Diámetro de los Nódulos.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1 Rendimiento de Grano Verde.....	23
4.1.1 Efecto de la Densidad de Siembra.....	25
4.1.2 Efecto de la Fertilización e Inoculación.....	25
4.2 Componentes del Rendimiento.....	27
4.2.1 Número de Vainas por Golpe.....	27
4.2.2 Peso Promedio por Vaina.....	32

4.3 Características Agronómicas	32
4.3.1. Peso Seco por Planta a la Floración.....	32
4.3.2 Peso seco de la Raíz.....	35
4.3.3 Número de Nódulos	36
4.3.4 Peso Seco de los Nódulos	37
4.3.5 Diámetro de los Nódulos	37
V. CONCLUSIONES	38
VI. RECOMENDACIONES.....	39
VII. BIBLIOGRAFÍA	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variedades y épocas de siembra	7
Tabla 2: Análisis de Suelo Campo el Pozo, PIPS Leguminosas de grano y Oleaginosas	13
Tabla 3: Condiciones Climáticas	14
Tabla 4: Características de la Arveja Variedad Remate	15
Tabla 5: Descripción de los Tratamientos Evaluados en la Arveja Variedad Remate en condiciones de La Molina	17
Tabla 6: Análisis de Varianza	18
Tabla 7: Resultados Promedios de Rendimiento en grano verde y sus componentes obtenidos en el cultivo de Arveja Pisum sativum. variedad "Remate" en condiciones de la Molina.	24
Tabla 8: Resultados Promedio de los Tratamientos con Rhizobium cepa 3063	26
Tabla 9: Cuadrados Medios de Rendimiento en grano verde y Peso Seco de las Características Individuales en la Arveja Pisum sativum Variedad "Remate" en condiciones de La Molina Otoño 99	28
Tabla 10: Cuadrados Medios de las Características Individuales en la variedad de Arveja Pisum sativum "Remate" en condiciones de La Molina Otoño 99	29
Tabla 11: Cuadrados Medios	31
Tabla 12: Prueba de Duncan para promedios de Rendimiento	32
Tabla 13: Prueba de Duncan para promedios de Rendimiento	33
Tabla 14: Prueba de Duncan para peso seco por Planta a la Floración	33
Tabla 15: Prueba de Duncan para peso seco por planta a la Floración	33
Tabla 16: Prueba de Duncan para peso promedio de Vainas (g)	33
Tabla 17: Prueba de Duncan para peso de Vainas	34
Tabla 18: Prueba de Duncan para número de vainas por golpe (3)	34
Tabla 19: Prueba de Duncan para número de Vainas por golpe (3)	34
Tabla 20: Prueba de Duncan para peso seco Raíz - por planta	35
Tabla 21: Prueba de Duncan para Peso Seco de Raíz	36
Tabla 22: Prueba de Duncan para peso seco de Nódulos por Planta	36
Tabla 23: Prueba de Duncan para Número de Nódulos	36
Tabla 24: Prueba de Duncan para Diámetro de Nódulos	37

RESUMEN

El cultivo de arveja es la tercera leguminosa de grano en importancia como grano seco, y su cultivo para grano verde se viene incrementando en los últimos 15 años. En este estudio se evalúa el comportamiento de la variedad INIA 103 Remate con el objetivo de evaluar los efectos de la inoculación con *Rhizobium* cepa 3063 en este cultivo y la densidad de siembra en condiciones de La Molina. El experimento consistió en el estudio de dos factores: densidad (3 niveles) y el uso de N (3 niveles) bajo diseño de bloques completamente al azar con 9 tratamientos y tres repeticiones. La siembra se hizo en mayo de 1999 y la cosecha en verde fue en agosto. Los resultados muestran que para el rendimiento de grano verde no se encontró significación estadística para los factores densidad de plantas y fuentes de abonamiento nitrogenado; sin embargo, los rendimientos en grano verde con la densidad D₃ y uso de inoculante fue el más alto (3,820 kg/ha), pero sin diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Con respecto a la inoculación con *Rhizobium* cepa 3063 se aprecia que los pesos secos de nódulos, número de nódulos a la floración y diámetro de los nódulos fue más alto con la densidad de siembra D₂ distancias a 0.32 m entre golpes de la arveja variedad Remate. Entre los componentes de rendimiento se encontró alta significación estadística para vainas/planta. Finalmente, se encontró significación estadística para el número de nódulos/planta en esta investigación. Para el número de nódulos/planta no hay diferencias estadísticas entre las densidades D₃ y D₂; de igual forma para el número de nódulos no hay diferencias entre la aplicación de nitrógeno y la inoculación con la bacteria y para el diámetro de los nódulos no hubo diferencias significativas entre la densidad D₂ y D₃ evaluadas.

Palabras clave: Inoculante, rendimiento en verde, nodulación, población de plantas

ABSTRACT

Pea cultivation is the third most important grain legume as a dry grain, and its cultivation for green grain has been increasing in the last 15th years. In this study, the behavior of the variety INIA 103 Remate is evaluated with the aim of evaluating the effects of inoculation with *Rhizobium* strain 3063 on this crop and the planting density under La Molina conditions. The experiment consisted of the study of two factors: density (3 levels) and the use of N (3 levels) under completely tsar block design with 9 treatments and three repetitions. Sowing was done in May 1999 and the green pod harvest was in August. The results show that no statistical significance was found for the green grain yield for the factors under study: plant density and use of nitrogen fertilizer sources; however, yields in green beans with the density D_3 and use of inoculant were the highest (3,820 kg/ha), but there are no statistical differences between the treatments evaluated. Regarding inoculation with *Rhizobium* strain 3063, it can be seen that the dry weights of nodules, number of nodules at flowering and diameter of the nodules were higher with the sowing density D_2 distances of 0.32 m between strokes of the Remate variety pea. Among the yield components, high statistical significance was found for pods/plant. Finally, statistical significance was found for the number of nodules/plant in this study. For the number of nodules/plant there are no statistical differences between the D_3 and D_2 densities; In the same way, for the number of nodules there were no differences between the application of nitrogen and inoculation with the bacterium, and for the diameter of the nodules there were no significant differences between the density D_2 and D_3 evaluated in the Remate variety.

Keywords: Inoculant, green yield, nodulation, plant population

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la arveja es importante desde el punto de vista nutricional, pues sus frutos contienen granos ricos en proteína, la cual se destina para el consumo en grano verde o seco. También cuenta con múltiples usos en la agroindustria como grano verde enlatado y congelado, como grano seco en harina de arveja entre otros; por estas bondades en los últimos años en el país se ha ido incrementando su cultivo en distintos valles andinos. Se ha ido introduciendo de países donde el cultivo está más avanzado y cuyas variedades para grano seco o grano verde o uso mixto corresponden a distintos tipos de plantas (Camarena et al., 2014).

La especie se ha mejorado por diferentes objetivos de consumo y en el país lo más conocido es arveja para grano verde y grano seco, pero hay arvejas tipo Holantao que se consume las vainas inmaduras y también arvejas para procesos industriales que son logros del mejoramiento genético en esta leguminosa y de allí el gran número de variedades mejoradas que se comercializan en el mercado, pero las semillas de estas variedades tienen un alto costo. En la sierra mayormente se siembran variedades de enrame de grano liso generalmente de grano de color.

Al presente el INIA liberó la variedad de arveja INIA 103 Remate que se adapta tanto en la costa como en la sierra y por ser una leguminosa de grano tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico y disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados. Para ver la respuesta de aplicación de inoculantes para arveja que es una innovación tecnológica que se tiene en la Universidad Nacional Agraria La Molina, se planificó este experimento en el cual se consideran dos factores importantes para su manejo agronómico, factores tales como densidad de siembra y el uso de bacterias nitrificantes del género *Rhizobium* sp de excelentes resultados en Ecuador (Coque, 2021).

La inoculación con cepas de *Rhizobium* sp. en el cultivo de arveja busca disminuir los costos de producción, favoreciendo al agricultor al no utilizar otra fuente nitrogenada. Por ello la

utilización de estas bacterias simbióticas disminuiría el uso de productos químicos dañinos para el medio ambiente. En ese sentido los objetivos que perseguimos en este trabajo se mencionaran a continuación.

Objetivo general

- Evaluar el efecto de diferentes densidades de siembra y la inoculación de *Rhizobium Cepa 3063* en el rendimiento de grano verde de la variedad “Remate” bajo condiciones de La Molina.

Objetivos específicos

- Evaluar los efectos de la inoculación con *Rhizobium cepa 3063* en este cultivo.
- Evaluar la mejor densidad de siembra con la finalidad de obtener mayor productividad y plantas mejor conformadas con características que permitan un manejo más eficiente y económico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen

Tal como reporta Kay (1979) y Makasheva (1983) el origen de la arveja estaría en el oeste de Asia; en lo que actualmente es Pakistán, o en áreas adyacentes de Rusia y Afganistán, desde donde se difundieron a las zonas templadas de Europa. Por otro lado, según Gritton (1980), basándose en la diversidad genética, se pueden reconocer cuatro centros de origen los cuales serían Asia central, el Cercano Oriente, Abisinia, y el Mediterráneo. Davies (1985) menciona que en excavaciones realizadas sobre el período neolítico que datan del 7000 a. C. en el noreste de Europa han revelado la existencia de semillas carbonizadas de arvejas.

Para Evans (1981) existen pocas evidencias de que la arveja se haya utilizado en forma generalizada antes de las épocas griegas y romanas, periodo en el cual se introdujo su cultivo a casi todas las regiones templadas del mundo, e incluso en países tropicales como Nigeria y Kenia. Por otro lado, Makasheva (1983) nos menciona que la arveja ingreso a China en la primera centuria mientras que en el continente americano fue introducida después de la llegada de Colón; sin embargo, la arveja de invierno recién llegó en 1922 procedente de Austria.

2.2 Taxonomía

Duke (1981) reportó que las arvejas de jardín son tratados como *P. sativum ssp hortense* Asch y Graebn, las arvejas de campo como *P. sativum ssp arvense* (L.) Poir; y las arvejas envainados comestibles como *P. sativum ssp. macrocarpon*; las arvejas enanas precoces como *P. sativum var. humile*. Después Smart (1990), basado en estudios emprendidos por Ben-Seiv y Zohary (1973), y los de Polhill et al (1985) reportaron que las arvejas comprenden sólo dos especies, es decir: *Pisum sativum* y *Pisum fulvum* Sibeth y Smith.

Según Vilcapoma (1991) su taxonomía es la siguiente:

División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnolipsida
Subclase	:	Rosidae
Orden	:	Fabales
Familia	:	Fabaceae
Subfamilia	:	Faboideae
Tribu	:	Vicia
Género	:	<i>Pisum sp.</i>
Especie	:	<i>Pisum sativum L.</i>

2.3 Características Botánicas

Duke (1981) la describe como una planta anual autopolinizada, arbustiva o trepadora, glabrosa, usualmente glauco, con tallos débiles, redondos y delgados, de 30-150 cm de longitud, hojas alternas pinnadas con 1-3 pares de hojuelas y hojuelas ovadas o elípticas y zarcillos terminales ramificados de 1.5 – 6cm de largo. Davies et al (1985) además señala que el tipo de hoja es convencional, semideshojado o deshojado, y su tamaño en la mayor parte de los casos se incrementa hasta el primer nudo con flor. También nos indica que en la base de las hojas hay estípulas grandes similares a una hoja de unos 10 cm de longitud.

Gritton (1980) menciona que la inflorescencia de la arveja es un racimo que se eleva desde las axilas de la hoja cuya corola es blanca, rosada o púrpura. además, tiene fecundación autógena regida por un mecanismo de cleistogamia; dicha autogamia según Casseres (1980) puede variar dependiendo de las condiciones ambientales, llegando a presentar alogamia. Para Litzenberger (1976) cuando se sospecha la existencia de cruzamiento natural, se trata de una infestación conjunta de Thrips y otros insectos quienes provocan dicha polinización cruzada.

Gritton (1980) también nos indica que sus frutos son vainas hinchadas o comprimidas, de 4-15 cm de largo y 1.5 – 2.5 cm de ancho, con 2-10 semillas dehiscentes en ambas suturas. Duke (1981) señala que sus semillas son globosas o anguladas, lisas o rugosas, y de coloración blanquizca, gris, verde o marrón; con un peso de 100 semillas que va de 10 a 36 gramos.

Sobre la altura del primer nudo Gritton (1980) nos menciona que es una variable característica de una variedad determinada en regiones templadas. Además, el número de nudos en que emerge la primera flor varían desde el 4° nudo en variedades precoces, hasta casi el 25° nudo en los tipos de maduración tardía. Las flores que llevaron el mismo pedúnculo producen vainas que maduran en diferentes momentos, ubicándose las más jóvenes en las puntas. En base a la planta entera, la floración es secuencial y hacia arriba de nudo a nudo.

2.4 Adaptación

Según Muhelbauer (1976) la arveja se adapta mejor en zonas de climas fríos con lluvias moderadas y pueden resistir heladas ligeras. También menciona que la altitud óptima para su crecimiento vegetativo se encuentra entre 1,600 a 3,400 m.s.n.m.

2.5 Condiciones Ambientales

2.5.1 Luz Solar

Camarena et al (1998) indican que la longitud del día y la intensidad de luz son factores ambientales importantes para una buena floración, generalmente en plantas tardías con inicio de floración a partir del 15° nudo se recomienda días largos; mientras que en las variedades precoces y semitardías con inicio de floración en nudos inferiores al 15° nudo, son mejores los días cortos.

2.5.2 Temperatura

Kay (1979) nos señala que la arveja necesita un clima fresco, sin ser excesivamente frío. La temperatura mínima de germinación de la semilla es de 4 °C y la máxima de 24 °C mientras que para que el rendimiento del cultivo sea óptimo las temperaturas medias deben oscilar entre 13 y 18 °C. También indica que cuando crece en los trópicos, es mejor que lo haga en zonas que tengan una estación de crecimiento fría de cinco meses ya que la planta puede tolerar heladas en el estadio vegetativo pero las heladas en el momento de la floración causan importantes pérdidas en las vainas además de producir semillas deformadas y descoloridas. Por otro lado, las temperaturas superiores a los 27 °C acortan el período de crecimiento y afectan adversamente a la polinización.

2.5.3 Humedad

Milán y Moreyra (1996) nos indican que el exceso de agua provoca serios inconvenientes en la germinación debido a la falta de oxígeno. Además, Camarena et al (1990) señala que también afecta durante la floración y el desarrollo de vainas, ya que ocasionaría pudriciones radiculares. Por otro lado, Kay (1979) menciona que el cultivo de la arveja necesita de una precipitación pluvial uniformemente distribuida con valores entre los 800 y 1000 mm anuales; sin embargo, en zonas como Australia cuyas precipitaciones anuales son de 400 mm, el cultivo crece bien siempre que los suelos sean profundos y retengan la humedad. En cambio, bajo condiciones templadas los rendimientos máximos se obtienen cuando la humedad del terreno es de aproximadamente un 60% de la capacidad del suelo, durante el período que va desde su emergencia hasta la floración y al menos de un 90% durante la floración.

2.5.4 Suelo

Kay (1979) menciona que las arvejas pueden cultivarse sobre una amplia variedad de suelos siempre que cuenten con buen drenaje. Pero en suelos ligeros arenosos que no retienen mucha humedad los rendimientos tienden a reducirse. En cuanto al pH este debe oscilar entre los 5.5 y 6.5, aunque algunas variedades pueden tolerar valores entre 6.9 y 7.5. Otras características deseables son mencionadas por Camarena et al (1990) quien señala que los suelos deben ser sueltos, profundos, provistos de caliza y abundante materia orgánica, además de evitar la salinidad ya que son muy sensibles a ella. (Camarena et al., 2014)

2.5.5 Altitud

Para la altitud Kay (1979) señala que en los trópicos los guisantes se obtienen buenos rendimientos por debajo de los 1 200 m.s.n.m. En otros casos como Uganda la cosecha se desarrolla mejor a una altura de 1 800 m.s.n.m. o superior y en Kenia los resultados óptimos se obtienen entre los 2 100 y 2 700 m.s.n.m.

2.6 Épocas de Siembra

La siembra se determina en función del clima, la variedad y el propósito del cultivo. En la costa central se instalan en el mes de abril-mayo; mientras que en la sierra hay dos épocas, siembra desde setiembre a diciembre para variedades tardías y precoces, respectivamente.

En campañas chicas se siembran en marzo a mayo para las variedades precoces y bajo condiciones de regadío. (Camarena et al., 2014; FAO, 2018).

Tabla 1: Variedades y épocas de siembra

Región	Siembra (Meses)	Variedad	Cosecha (grano)	Cultivo bajo
Costa	May-Ago	T	Verde	Riego
	Set	P	Verde	Riego
Sierra	Set-Nov	T	Seco y	Secano
	Ene-Feb	P	verde	Secano
Valle Interandino	Jun-Ago	P	Verde	Riego

Fuente: Tomado de Camarena (1990). T: Tardías P: Precoces

2.7 Fertilización

El MINAGRI (1997) menciona que el momento de la fertilización es en la siembra o a la emergencia de las plantas. Cuando es al momento de la siembra, se realiza esta operación en forma conjunta con el guano de corral o compost, haciendo previamente una mezcla uniforme la cual se puede echar a chorro continuo en el fondo del surco y luego taparlo con una cultivadora pequeña. Otra forma es incorporar el abono entre golpe y golpe, para lo cual se abren piquetes con lampa en la costilla del surco.

A diferencia de otras legumbres Kay (1979) nos menciona que la arveja es menos sensible al nitrógeno. Incluso en suelos donde se tiene fuentes adecuadas de potasio y fósforo adicionarlo afecta negativamente el rendimiento. Según Cubero y Moreno (1983) de acuerdo con la mayoría de autores el programa de fertilización sería el siguiente: 20-30 kg/ha de N; 50-80 kg/ha de P₂O₅ y 100-140 kg/ha de K₂O (Cubero y Moreno, 1983).

2.8 Sanidad del Cultivo

García (1990) agrupa a las plagas de la arveja en los siguientes grupos: los gusanos de tierra (*Feltia sp.* y *Agrotis sp.*), las cuales cortan el cuello de las plántulas además de comer brotes y hojas tiernas; el barrenador de brotes y vainas (*Laspeyresia leguminis*), cuyas larvas

barrenan los tallos, vainas y brotes; el gusano perforador de brotes (*Epinotia aporema*), el cual ataca brotes terminales y hojas altas; los pulgones (*Myzus persicae*), atacando hojas y brotes, notándose sus picaduras y deposiciones melosas sobre la cual crecen hongos de color negro; las cigarritas (*Empoasca kraemeri*), picando y chupando en la cara inferior de las hojas, causando encrespamiento de las mismas clorosis y marchitez, la mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) que realiza minas entre ambas epidermis de las hojas, los daños severos causan amarillamiento del follaje en el que destacan numerosas galerías sinuosas de color claro.

En cuanto a las principales enfermedades en el cultivo de arveja Cubero y Moreno (1983) nos mencionan al complejo de chupaderas entre las cuales se encuentran: *Fusarium solani*, *Fusarium pisi*, *Phythium sp.* *Rhizoctonia solani*, *Ascochita pisi* y *Uromyces pisi*.

2.9 Cosecha

Camarena et al (1990) nos recomiendan recoger las vainas en horas frescas para impedir el marchitamiento de las plantas, además también indica que pueden hacerse entre dos o tres recojos. Al tratarse de grano verde la cosecha se realiza de acuerdo a las exigencias particulares del mercado y de las características del producto; además, es importante que se realicen de modo que no se dañen vainas ni plantas.

El MINAGRI (1997) menciona que un factor importante para una buena cosecha es que los cosechadores sepan seleccionar bien las vainas verdes, eliminando las que no son adecuadas para el mercado ya sea por tamaño, madurez, daño por lesiones o ataque de insectos y enfermedades. Así mismo, es igual de importante que se manipule con el mayor cuidado puesto que al ser frescos cualquier mal manejo repercute en su vida poscosecha; una de las recomendaciones de buen manejo es que una vez cosechada debe ser colocada de inmediato bajo sombra y trasladada al mercado para su distribución.

2.10 Usos de la Arveja

Duke (1981) menciona que el principal uso es por sus semillas de consumo al estado verde, vainas verdes y follaje fresco y seco. Por otro lado, Davies et al (1985) indica que las de grano verde son consumidas cocidas como verduras y es comercializada fresca como enlatada o congelado, mientras que las arvejas secas y maduras son usadas enteras, partidas

o en harina. Muehlbauer y Tullu, (1997) mencionan que la arveja verde es el principal vegetal procesado en el Reino Unido y USA. Otro uso menos común que se tiene registrado es el del follaje verde como verdura en partes de Asia y África.

Recientemente, Jambunathan et al (1994) señala que la arveja tiene un creciente mercado de bocaditos, en sus diferentes formas de preparados y envasados ya sean fritos o sazonados. Además, indica que ya existen comercialmente cultivares para enlatado por ejemplo “Alaska”, “Super Alaska”, “Super Green”. También hace mención a la variedad “Marrowfat” es una arveja alargada que es popular para hacer productos de bocaditos y enlatados en el Reino Unido.

Usos medicinales tradicionales

Con respecto a sus propiedades medicinales Duke (1981) menciona reportes que muestran que las semillas contienen tripsina y quimotripsina las cuales podrían usarse como anticonceptivos fungistáticos y espermicida. Además, señala que en España la harina es considerada un emoliente y desinflamante aplicado como cataplasma. Sobre su toxicidad Smart (1990) indica que la alverja no lo presente ni presencia de anti-metabolitos, al menos en cantidades significativas.

2.11 Composición Química

Según los reportes de Davies et al (1985) y Bressani & Elías (1988) la concentración proteica de la arveja varía desde 15.5 – 39.7%. Sobre el grano al estado verde indican que contiene por cada 100 g de peso 75,6 % de agua y 44 calorías; su composición total se enlista a continuación.

- 6.2 g proteínas
- 0.4 g grasa
- 16.9 g carbohidratos
- 2.4 g fibra cruda
- 0.9 g ceniza
- 32 mg calcio
- 102 mg P
- 1.2 mg Fe
- 6 mg Na

- 350 mg K
- 405 ug betacaroteno
- 0.28 mg tiamina B1
- 0.11 mg rivo flavina B2
- 2.8 mg niacina B3
- 27 mg ácido ascórbico

En cuanto al grano seco este contiene por cada 100 g un 10,9 % de humedad según Duke (1981) y Hulse (1994) desglosa el contenido de las harinas en los siguientes constituyentes y minerales:

- 22.9 g proteínas
- 1.4 g grasa
- 60.7g carbohidratos
- 1.4 g fibra cruda
- 2.7 g ceniza
- 343 calorías
- 72 mg de Ca
- 338 mg de P
- 11.3 mg de Fe
- 0,86 mg de tiamina B1
- 0.18 mg de riboflavina B2
- 2.8 mg de niacina B3

2.12 Fijación Biológica del Nitrógeno

Según Del Pozo (1977), el nitrógeno es un nutriente esencial para la planta. Este nutriente es comúnmente deficiente, contribuyendo a los reducidos rendimientos agrícolas en todo el mundo. El nitrógeno molecular ó dinitrógeno (N_2) forman la cuarta o quinta parte de la atmósfera, pero metabólicamente no está disponible, directamente para las plantas o animales superiores. Es disponible para algunas especies de microorganismos a través de la Fijación Biológica del Nitrógeno (BNF), en que el nitrógeno es convertido en amonio por la enzima nitrogenasa. Los microorganismos que fijan el nitrógeno son denominados diazótrofos.

El BNF requiere energía. Esos microbios que fijan nitrógeno independientemente de otros organismos son denominados de vida libre. Los diazótrofos de vida libre requieren de una fuente de energía química si no son fotosintéticos, mientras que los diazótrofos fotosintéticos utilizan energía lumínica. Los diazótrofos de vida libre contribuyen con poca fijación del nitrógeno a los cultivos agrícolas.

Los microorganismos asociativos que fijan el nitrógeno son los diazótrofos que viven en la proximidad cercana a las raíces de la planta (esto es, en la rizósfera o dentro de la planta) y puede obtener materiales energéticos desde las plantas. Ellos pueden hacer una modesta contribución del nitrógeno fijado a la agricultura y forestería, pero la interrelación simbiótica entre los diazótrofos llamado rizobio y leguminosa pueden proporcionar grandes cantidades de nitrógeno a la planta y pueden tener un impacto significativo en la agricultura.

La simbiosis entre las leguminosas y rizobio que fija el nitrógeno ocurre dentro de los nódulos principalmente en la raíz y en unos pocos casos en el tallo.

Los *Rhizobium* son bacilos que pueden ostentar diferentes formas: flagelados y dotados de movimiento cuando jóvenes, pierden más tarde los flagelos para convertirse en pequeñas células globosas en forma de cocos y finalmente en bacteroides vacuolados en su última etapa, que puede considerarse como estado de degeneración; son gramnegativos y heterotróficos. Aerobios obligados, degeneran y desaparecen en cuanto se ven privados de oxígeno (Del Pozo, 1977). Sin embargo, no todo el nitrógeno fijado por la bacteria es utilizado por la planta; una buena parte, en ocasiones más del 50 % es excretado, enriqueciendo con ello el suelo que rodea a las raíces (Del Pozo, 1977).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Característica del Campo Experimental

El ensayo fue conducido en el campo “El Pozo” lote 2 del Programa de Leguminosas de Grano de la UNALM, durante Marzo a Agosto de 1999.

3.1.1 Ubicación Geográfica del Terreno

El programa de leguminosas de grano de la UNALM, situado en el valle de Ate, distrito de la Molina, provincia de Lima, cuya publicación geográfica es la siguiente:

- Latitud Sur : 12°65'06”
- Longitud Oeste : 76°57'09”
- Altitud : 235 m.s.n.m.

3.1.2 Análisis de Suelos

Según los resultados del análisis de caracterización del suelo del campo El Pozo; el suelo fue de textura franco arenoso, con un pH neutro.

3.1.3 Condiciones Climáticas

Las temperaturas promedio oscilan entre 15,4°C a 18,7°C entre los meses de Mayo y Agosto; la humedad relativa oscila entre 88 a 92 niveles normales para estos meses.

Tabla 2: Análisis de Suelo Campo el Pozo, PIPS Leguminosas de grano y Oleaginosas

C.E	ANALISIS MECANICO					CAMBIABLES								
	ARENA	LIMO	ARCILLA	TEXTURA	pH	CaCO ₃	M.O	P	K ₂ O	CIC	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
ds/m	%	%	%			%	%	p.p.m	kg/ha	Me/100g				
2.45	56	26	18	FRANCO ARENOSO	7.6	2.95	2	23.9	1055	12.00	9.52	1.43	0.69	0.36

Datos Meteorológicos de La Molina

Lat. 12°05S Long: 76°57'W Alt.: 243,7

ESTACION METEOROLOGICA ALEXANDER HUMBOLDT

Periodo Mayo (1999) – Agosto (1999)

Tabla 3: Condiciones Climáticas

Mes	Radiación Circunglobal (Cal-g/ cm ² / mes)	Temperatura media / mensual (°C)	Temperatura máxima / mensual (°C)	Temperatura mínima / mensual (°C)	Hd. Relativa Media / mensual
Mayo	11229.6	18.7	24.3	18.7	92
Junio	7953.6	16.3	20.7	13.7	93
Julio	7353.8	15.4	16.9	12.9	94
Agosto	8483.4	15.7	19.4	13.8	88

Fuente: Elaborado en base a datos del Observatorio Meteorológico “Alexander Von Humbolt” – La Molina

3.2 Materiales

3.2.1 Semilla

En el experimento se utilizó la semilla de arveja *Pisum sativum* L. variedad Remate que es una variedad liberada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2003)

Tabla 4: Características de la Arveja Variedad Remate

Parámetro	Características
Hábito de crecimiento	Indeterminado
Altura de Planta	1.5 m
Color de Flor	Blanca
Color de grano	Crema
Peso de 100 semillas	33 g
Número de semillas por vaina	6

Fuente: Elaborado en base a la observación visual a través del cultivo

3.2.2 Otros Materiales

a) Cepas de Rhizobium 3063 las cuales fueron proporcionados por el laboratorio de Microbiología “Marino Tabuso” del Departamento de Biología, de la Facultad de Ciencias de la UNALM.

b) Materiales y Equipos

- Azúcar
- Wincha
- Bolsas de papel
- Bolsas plásticas
- Papel periódico
- Estacas
- Lampas
- Picos
- Papel milimetrado
- Cal
- Pita
- Alambre
- Alicates
- Tubos con silica gel
- Un pozo de agua y un motor de 1.4HP.
- Un contómetro

- Rastrillos
- Carretilla
- Balanza
- Espátula
- Lupa
- Cintas viaflo
- Conos de conexión
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Tijeras

3.3 Diseño Experimental

Para el presente trabajo se empleó el diseño de Bloques completo al azar (DBCA); con 9 tratamientos (Factoriales) y 4 repeticiones.

Los tratamientos o Factoriales están formados por la combinación de los niveles del factor densidad con los niveles del factor fertilizantes.

1. Factor Densidad

- Densidad 1 (D_1): 250 000p1/ha, que se obtienen sembrando a una distancia entre surcos de 1m y 0.24m entre golpe.
- Densidad 2 (D_2): 187 500p1/ ha que se obtienen sembrando a una distancia entre surco de 1 m y 0.32m entre golpes.
- Densidad 3 (D_3): 150 000p1/ha con una distancia entre surco de 1m y 0.40m entre golpes.

2. Factor Fertilizante

- A_0 : Sin fertilización
- A_1 : Fertilización nitrogenada (30Kg N/ha)
- A_2 : Con Rhizobium cepa 3063

En la tabla 5 se describe los tratamientos evaluados en la variedad de arveja Remate.

Tabla 5: Descripción de los Tratamientos Evaluados en la Arveja Variedad Remate en condiciones de La Molina

Tratamiento	Descripción
D ₁ A ₀	– Arveja con distanciamiento de 0.24 m entre golpes y sin fertilización.
D ₁ A ₁	– Distanciamiento de 0.24 m entre golpes, con fertilización nitrogenada
D ₁ A ₂	– Distanciamiento de 0.24 m entre golpes, con inoculación de Rhizobium cepa 3063.
D ₂ A ₀	– Distanciamiento de 0.32 m entre golpes sin fertilización
D ₂ A ₁	– Distanciamiento de 0.32 m entre golpes con fertilización nitrogenada.
D ₂ A ₂	– Distanciamiento de 0.32 m entre golpes, con inoculación de Rhizobium cepa 3063.
D ₃ A ₀	– Distanciamiento de 0.40 m entre golpes sin fertilización
D ₃ A ₁	– Distanciamiento de 0.40 m entre golpes con fertilización nitrogenada
D ₃ A ₂	– Distanciamiento de 0.40 m entre golpes con inoculación de Rhizobium cepa 3063.

3.4 Modelo aditivo lineal

El modelo aditivo lineal del diseño experimental utilizado es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

i = 1, 2, 3 (densidad)

j = 1, 2, 3 (fertilización)

k = 1, 2, 3, 4 (repeticiones)

Nº de tratamientos = 9

- Y_{ijk} = Observación de la parcela del k-ésimo bloque que recibe la i-ésima densidad y la j-ésima fertilización.
- u = Efecto de la media general en estudio
- A_i = Efecto de la i-ésima densidad
- B_j = Efecto de la j-ésima fertilización
- $(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción de la i-ésima densidad con la j-ésima fertilización
- E_{ijk} = Efecto aleatorio del error experimental del k-ésimo bloque que recibe la j-ésima fertilización y la i-ésima densidad.

Tabla 6: Análisis de Varianza

Fuente en Variación	GL
Repeticiones	$r - 1$
Densidad (D)	$(d-1)$
Fertilización (A)	$(a-1)$
DxA	$(d-1)(a-1)$
Error	$(r-1)(da - 1)$
Total	$dar - 1$

Características de Campo Experimental

- Área Experimental Total : 459 m²
- Número de Bloques : 4
- Número de surcos por parcela : 2
- Área de la parcela : 12 m²
- Longitud de Surcos : 6 m
- Distancia entre surcos : 1 m

- N° Total de parcelas : 36
- Número de Parcelas por bloque : 9
- Número de plantas por golpe : 3

3.4 Conducción del Experimento

3.4.1 Preparación del Terreno

Se realizó el gradeo con tractor y la limpieza del terreno fue manual, el surcado y desterronado fue con uso de rastrillos y lampas. También se colocaron bajo suelo las cintas viaflo a 12 cm de profundidad y se conectaron a las distintas tomas de la matriz principal del sistema de riego.

3.4.2 Siembra

Fue necesario seleccionar 4 Kg de semilla variedad “Remate” distribuidas en tratamientos de 3 densidades de siembra; fertilización nitrogenada, sin fertilización y con inoculación de Rhizobium. Se utilizó el fungicida HOMAI PM para evitar pudrición radicular en aquellos tratamientos sin inoculación.

La inoculación de la semilla se realizó con Rhizobium cepa 3063, usándose para su preparación 50 cm³ de agua, 100 gr de azúcar rubia y 75 gr de la cepa. Este procedimiento permite la inoculación uniforme de la semilla, considerando 30 minutos de reposo antes de la siembra y bajo sombra, recomendándose la siembra en las primeras horas del día para evitar mayores temperaturas que podrían afectar el inóculo.

La siembra se realizó el 7 de mayo de 1999 en condiciones adecuadas de humedad de suelo. El distanciamiento estuvo de acuerdo a los tratamientos del ensayo, es decir, 0.24 m 0.32 m y 0.40 m entre golpes.

3.4.3 Fertilización

No se incorporó fertilizante nitrogenado en los tratamientos inoculados por las siguientes razones:

- a. La fertilización nitrogenada provoca una reducción en la fijación del N_2 además se considera que la relación C: N afecta a la formación de nódulos (Salinas, 1986).
- b. Las bacterias simplemente no funcionan si está disponible el amonio, nitrito o nitrato en la rizósfera; debido a ello es que el uso de fertilizantes nitrogenados, no se complementa con la simbiosis y simplemente suprimen la nodulación. (Cubero y Moreno, 1983).

Por ello sólo se incorporó urea por golpe en los tratamientos con fertilización nitrogenada, a nivel de 30-0-0. La fertilización se realizó el 5 de junio de 1999, a los 28 días después de la siembra.

3.4.4 Control de Malezas

El control de malezas se realizó en forma manual con una lampa durante toda la fase del cultivo, no usándose herbicidas.

3.4.5 Riegos

El sistema de riego por exudación consta de un tanque cisterna de $22.5m^3$ y una bomba eléctrica de 1.4 HP, el cual impulsa el agua por la red de tuberías de PVC. La red principal está instalada con tuberías de 2" de diámetro y las tuberías laterales de 1.5". Las cintas viaflo están unidas a las tuberías mediante unos conos.

Para el riego se procedía a abrir la válvula del sistema de riego por exudación según el requerimiento del cultivo. Durante el período vegetativo del cultivo de la arveja se usó $111.47 m^3$ de agua en 28 riegos.

3.4.6 Control Fitosanitario

Durante la fase experimental se han presentado las siguientes plagas: La mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* desde los 30 primeros días, *Epinotia aporema* o barrenador de tallos y brotes, mosca blanca *Aleurotrixus floccosus*. Estas plagas fueron controladas oportunamente aplicando: Trigar 7 gr/20 L, Tamaron $20 cm^3/20 L$ para larvas y adultos. En

relación a las enfermedades se presentaron: Pudriciones radiculares *Fusarium sp* y *Oidium Erysiphe polygoni*, para su control se aplicó Cercobim al 1%.

3.4.7 Floración

Las flores aparecen en pares, son de color blanco y la floración es secuencial y hacia arriba de nudo a nudo, la floración es a partir del 8vo nudo.

El día 21 de Junio de 1999, se presentó la primera floración a los 45 días de la siembra, en algunas plantas. El 30 de junio el 50% de la floración a los 54 días de la siembra.

3.4.8 Cosecha

Las vainas verdes se recolectaron en forma manual, cuando las vainas estaban bien llenas. La cosecha se realizó el 14 y 24 de agosto entre 92 a 102 días después de la siembra.

3.5 Evaluaciones Registradas en el Experimento

En el presente ensayo se realizaron las siguientes evaluaciones, siguiendo las recomendaciones del Programa de Investigación en Leguminosas de granos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.5.1 Rendimiento de Vaina Verde

Se cosechó en vaina verde, y por parcelas de acuerdo a cada tratamiento, colectándose en bolsas de papel. Los pesos fueron registrados en kg/parcela y proyectados a kg/ha.

3.5.2 Peso seco de las Plantas a la Floración

La evaluación fue con toma de muestras al azar y correspondió al total de los tratamientos; considerando efectuarse al 50% de la floración, para determinar las diferencias entre los tratamientos de plantas inoculadas, nitrogenadas y testigos.

Se extrajeron 10 plantas al azar para cada tratamiento. Cada una de estas muestras, fueron evaluadas en tamaño de planta, peso fresco, luego embolsado y sometido al secado en estufa, finalmente se pesó para determinar su valor en seco, expresado en gramos.

3.5.3 Peso de Vainas

Se tomó 10 vainas al azar por parcela y se procedió a pesar para condiciones comerciales de vaina verde, cuyo peso se expresó en gramos por vaina.

3.5.4 Número de Vainas por Golpe

Se tomaron 5 golpes al azar por parcela y en el total de tratamientos, procediéndose a contar el número de vainas por golpe formada por 3 plantas.

3.5.5 Peso Seco de la Raíz

La determinación del peso seco de la raíz, se obtuvo luego del corte del sistema radicular y sometido al secado en estufa y peso final expresado en gramos.

3.5.6 Peso Seco de Nódulos

El peso seco de nódulos se obtuvo luego del conteo de nódulos y sometido a estufa, el pesado se realizó en balanza analítica cuyo valor se expresa en gramos.

3.5.7 Número de Nódulos

Los nódulos de Rhizobium de la cepa 3063, se obtuvieron contando la población de nódulos por cada sistema radicular y considerando su ubicación dentro del sistema radicular, tanto como en la raíz principal y en las raíces secundarias; además se observó coloración y forma de nódulos.

3.5.8 Diámetro de los Nódulos

Los diámetros de los nódulos han sido evaluados mediante el uso del papel milimetrado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de Grano Verde

Los promedios de rendimiento de grano verde en kg/ha de la arveja variedad “Remate” se presentan en la tabla N° 7, en la cual se puede apreciar que los rendimientos varían de 3041.06 a 4432.95 kg/ha obteniéndose mayor rendimiento con el tratamiento D₃A₁, a una densidad de 150 000 p1/ha y fertilización. El menor rendimiento con el tratamiento D₃A₀ con la misma densidad, pero sin fertilización.

El análisis de varianza (Tabla N° 9) demuestra que no hay diferencias significativas entre bloques, densidades y fertilización, resultados obtenidos en condiciones de La Molina. La razón por la que los bloques no tienen significación estadística es debido a la homogeneidad del terreno. El coeficiente de variabilidad es de 27.18% valor que se encuentra dentro de los límites permitidos, el promedio de rendimiento es de 3 757.45 Kg/ha.

Tabla 7: Resultados Promedios de Rendimiento en grano verde y sus componentes obtenidos en el cultivo de Arveja *Pisum sativum*. variedad "Remate" en condiciones de la Molina.

Tratamiento	Kg/ha				
	Rendimiento de arveja en grano verde	Peso seco en g. a la Floración /planta	Peso de vainas en g.	N° de vainas por golpe de 3 plantas	Peso seco de la raíz en g.
D ₁ A ₀	3 747.55	15.48	5.82	63.5	0.450
D ₁ A ₁	3 500.70	13.28	5.94	77.5	0.575
D ₁ A ₂	3 857.48	12.88	5.31	94.5	2.304
D ₂ A ₀	3 197.86	15.43	5.18	69.5	0.600
D ₂ A ₁	3 501.76	10.47	5.71	86.0	0.375
D ₂ A ₂	4 199.31	13.38	5.17	95.0	0.332
D ₃ A ₀	3 041.06	15.61	5.45	72.7	0.225
D ₃ A ₁	4 432.93	13.81	5.61	82.0	0.450
D ₃ A ₂	3 820.39	15.62	5.53	94.7	0.537

4.1.1 Efecto de la Densidad de Siembra

La densidad de siembra se ha evaluado bajo tres densidades identificándolas como alta, media y baja para este tipo de planta. Las condiciones en el que se llevó el trabajo fueron muy favorables apreciándose en los tres casos plantas bien conformadas. No se encontró diferencia estadística entre las densidades lo que nos indica que en cualquier de los casos es factible hacer una buena siembra.

En la D₃ de 150 000p1/ha considerada de baja densidad en la que se logra mayores rendimientos. Podríamos considerar a este caso lo más adecuado porque se tiene una mayor economía en semilla que es cara y reduce los costos de producción.

4.1.2 Efecto de la Fertilización e Inoculación

Respecto a la inoculación y presencia de Rhizobium no se han encontrado efectos significativos. Se constató presencia de Rhizobium en los tratamientos inoculados, apreciándose un mayor rendimiento en estos tratamientos, se considera que este suelo ha tenido una explotación intensiva con uso de fertilizantes en cada campaña, y estimamos que los requerimientos nutricionales han estado cubiertos.

Asimismo, se apreció que solamente los tratamientos inoculados presentaron nódulos, indicándonos muy probablemente que en el suelo en el cual se llevó a cabo el experimento no existe la presencia de la bacteria, debido a que es un campo donde se ha sembrado siempre maíz y en cada campaña se abona con dosis de nitrógeno altas 100 a 140 kg de N/ha) (Camarena et al., 2014).

Tabla 8: Resultados Promedio de los Tratamientos con *Rhizobium cepa* 3063

Tratamiento	Peso Seco de Nódulos (g)	N° de Nódulos a la floración	Diámetro de Nódulos
D ₁ A ₂	0.2707375	37.375	4.375
D ₂ A ₂	0.455002	44.625	5.725
D ₃ A ₂	0.3982625	28.000	5.700

4.2 Componentes del Rendimiento

4.2.1 Número de Vainas por Golpe

Es el componente más importante, evaluadas por golpes de siembra de tres plantas. La expresión fenotípica de este carácter está determinada por el genotipo y la influencia ambiental y su interacción. De acuerdo a los resultados obtenidos podemos observar (Tabla N° 7) que el número promedio de vainas por golpe, tienen un rango que va desde 63.5 hasta 94.75 con un promedio de 81.72 vainas.

Este alto número de vainas por golpe se debe al hábito de crecimiento indeterminado, alto número de nudos y ramas por planta. En el análisis de varianza presenta una alta significación estadística para bloques que nos indica que las cuatro repeticiones mostraron respuestas similares. El tipo de fertilización también presenta alta significación. El coeficiente de variabilidad es de 18.73% se encuentra dentro de los límites permitidos. Al evaluar números de vainas por planta nos da una idea de la conformación de la planta con respecto a la formación de frutos.

Tabla 9: Cuadrados Medios de Rendimiento en grano verde y Peso Seco de las Características Individuales en la Arveja *Pisum sativum* Variedad "Remate" en condiciones de La Molina Otoño 99.

Fuentes de variación	GL	Rendimiento en grano verde		Peso Seco por planta a la floración	
		CM	Significación	CM	Significación
Bloques	3	111672556	NS	0.44067201	NS
Tratamiento	8	1472361.12	NS	0.7741383	NS
D	2	121504.82	NS	0.14067419	NS
A	2	654580.81	NS	0.48652762	NS
D x A	4	696275.49	NS	0.14693649	NS
Error	24	1042804.84	NS	0.77867690	NS
Total	35				
promedio		3757.468		14.000	
CV%		27.18		24.11	

Tabla 10: Cuadrados Medios de las Características Individuales en la variedad de Arveja *Pisum sativum* "Remate" en condiciones de La Molina Otoño 99.

Fuentes de variación	GL	Peso de vainas		N° de vainas		Peso Seco de Raíz	
		CM	Significación	CM	Significación	CM	Significación
Bloques	3	0.51581111	NS	2314.48148	**	0.01798902	NS
Tratamiento	8	1.0191875	NS	2181.41666	NS	0.1260509	NS
D	2	0.33714444	NS	93.77778	NS	0.01655393	NS
A	2	0.51685278	NS	2054.19444	**	0.06508802	NS
D x A	4	0.16519028	NS	33.44444	NS	0.04440895	NS
Error	24	0.46976944	NS	234.3356	NS	0.02864765	NS
Total							
-		5.5261111		81.72222		0.65640047	
CV%		12.40		18.73		25.79	

** = Altamente significativo a un nivel de 0.01

* = Significativo a un nivel de 0,05

NS = No significativo

El tratamiento con la D₁ presenta un menor número de vainas por planta que en los tratamientos D₂ y D₃ la planta encontraría el mejor espacio para tener una mejor conformación. En los tres casos se han logrado una fructificación compacta permitiendo la cosecha en dos recojos.

En la prueba de Duncan para los tratamientos con inoculación muestra que no existen diferencias significativas. El tratamiento con *Rhizobium* con 94.75 vainas por golpe, luego le sigue el tratamiento con fertilizante nitrogenado con 81.83 vainas por golpe y por último el testigo con 68.58 vainas por golpe. El efecto de la fertilización que se aprecia, muestra que el tratamiento inoculado tiene mayor número de vainas por planta, nos estaría indicando que el efecto de la inoculación ha favorecido un mejor aprovechamiento del nitrógeno por la planta, pero esto no ha representado un alargamiento en el período de fructificación. Si en estas condiciones no se ha logrado un efecto similar para los rendimientos, estimamos que ha habido otras causas externas que no lo han hecho posible.

Otra explicación es que las plantas de crecimiento indeterminado, tipo enrame forman numerosas ramas y las inflorescencias son numerosas y pueden presentar un elevado número de vainas, pero por ser muy frondosas las ramas y sin colocación de tutor el follaje cae al suelo, hay una mayor tendencia al acame y consecuentemente mayor número de vainas dañadas (podridas), como sucedió en este experimento (Camarena et al., 2014)

Tabla 11: Cuadrados Medios

Fuentes de variación	GL	Peso seco de nódulos		N° de nódulos		Diámetro de Nódulos	
		CM	Significación	CM	Significación	CM	Significación
Bloques	3	0.04036058	NS	983.17556	**	3.660000	NS
Tratamiento	2	0.08316709	NS	277.89583	*	2.3858333	NS
D	6	0.01469164	NS	46.40472	NS	2.1691667	NS
Error	11						
Total							
-		0.61531522		36.666667		5.2666667	
CV%		19.70		18.58		27.96	

4.2.2 Peso Promedio por Vaina

El peso promedio por vaina nos da una idea del tamaño de las vainas y su aptitud comercial, este valor fue desde 5,17 gr hasta 5,94 gr. En el análisis de varianza no presenta significación estadística y el coeficiente de variabilidad es de 12.4% y el promedio es de 5.52 gramos. En estas condiciones las vainas han tenido una buena conformación, sus características corresponden a la variedad.

4.3 Características Agronómicas

4.3.1. Peso Seco por Planta a la Floración

En el cuadro N° 7 podemos ver que los resultados van desde 10.47g hasta 15.62g con un promedio de 14.00g. El análisis de varianza muestra que no hay diferencia significativa entre bloques, densidades y fertilización. Al realizar la prueba de Duncan se concluye que no existe diferencias significativas para los tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 24.11% y está dentro de los límites. El peso seco por planta nos da una referencia de la magnitud de desarrollo vegetativo tomado por la planta. Esto nos indica que el efecto de densidades estudiadas no ha tenido efecto que coincida en otras igualmente ni la inoculación ni la fertilización han incidido en este aspecto debido a que el terreno estuvo en descanso de cultivos de maíz y los componentes químicos y biológicos se encontraron en bajo contenido, por lo cual no se aprecia diferencias entre los tratamientos en prueba y al cultivo de arveja se programan las siembras en suelos marginales (INIA, 2003; FAO 2018).

Tabla 12: Prueba de Duncan para promedios de Rendimiento

Orden de Mérito	Tratamiento	Rdto	Significación
1°	D ₃	3873.6	A
2°	D ₁	3701.9	A
3°	D ₂	3696.9	A

Tabla 13: Prueba de Duncan para promedios de Rendimiento

Orden de Mérito	Tratamiento	Rdto	Significación
1°	A ₂	3959.1	A
2°	A ₁	3811.8	A
3°	A ₀	3501.5	A

Tabla 14: Prueba de Duncan para peso seco por Planta a la Floración

Orden de Mérito	Tratamiento	Peso Seco	Significación
1°	D ₃	3.763	A
2°	D ₁	3.669	A
3°	D ₂	3.547	A

Tabla 15: Prueba de Duncan para peso seco por planta a la Floración

Orden de Mérito	Tratamiento	Peso Seco	Significación
1°	A ₀	3.875	A
2°	A ₂	3.629	A
3°	A ₁	3.476	A

Tabla 16: Prueba de Duncan para peso promedio de Vainas (g)

Orden de Mérito	Tratamiento	Peso vainas	Significación
1°	D ₁	5.690	A
2°	D ₃	5.533	A
3°	D ₂	5.355	A

Tabla 17: Prueba de Duncan para peso de Vainas

Orden de Mérito	Tratamiento	Peso vainas	Significación
1°	A ₁	5.751	A
2°	A ₀	5.486	A
3°	A ₂	5.342	A

Tabla 18: Prueba de Duncan para número de vainas por golpe (3)

Orden de Mérito	Tratamiento	Número de vainas	Significación 0.05
1°	D ₂	83.500	A
2°	D ₃	83.167	A
3°	D ₁	78.500	A

Tabla 19: Prueba de Duncan para número de Vainas por golpe (3)

Orden de Mérito	Tratamiento	Número de vainas	Significación 0.05
1°	A ₂	94.750	A
2°	A ₁	81.833	A
3°	A ₀	68.583	A

4.3.2 Peso seco de la Raíz

Podemos ver en la Tabla N° 7, los resultados del peso seco de la raíz que van desde 0.309 gr hasta 2.304gr con un promedio de 0.656gr. El coeficiente de variabilidad es de 25.78%. En el análisis de varianza no hay diferencia significativa entre bloques, densidades y fertilización. Igualmente, en la prueba de Duncan no se encontró diferencias ni en densidades ni en tipo de fertilización.

La evaluación de peso seco o magnitud de desarrollo de la raíz, si bien se ha hecho con cuidado es una evaluación con limitaciones. En este caso en los tratamientos no se ha encontrado significación estadística, ninguno de ellos ha tenido efecto en la magnitud de esta característica. Sin embargo, apreciamos que en los tratamientos inoculados encontramos menores valores, en lo que podríamos apreciar que en la presencia de la bacteria hay una inhibición del desarrollo radicular.

Por otro lado, las raíces de la arveja son muy numerosas y muy delgadas, siempre que en el suelo presente un excelente contenido de materia orgánica y haya una textura franca a arenosa (FAO, 2018).

Tabla 20: Prueba de Duncan para peso seco Raíz - por planta

Orden de Mérito	Tratamiento	P.S Raíz	Significación
1°	D ₁	0.6805	A
2°	D ₃	0.6450	A
3°	D ₂	0.6437	A

Tabla 21: Prueba de Duncan para Peso Seco de Raíz

Orden de Mérito	Tratamiento	P.S Raíz	Significación
1°	A ₀	0.6912	A
2°	A ₁	0.6845	A
3°	A ₂	0.5936	A

4.3.3 Número de Nódulos

El promedio de números de nódulos en gramos se muestra en el cuadro N° 8. El número de nódulos varía desde 28 hasta 44.625 obteniéndose mayor número en el tratamiento D₂A₂. La presencia de *Rhizobium* o el desarrollo de la inoculación se ha evaluado en los tratamientos inoculados apreciándose una significación estadística para el caso de la densidad de 187,500 pl/ha, concluyéndose se presentaron mayor número de nódulo cuando la densidad de la arveja es alta (Camarena et al., 1996; Camarena et al., 2014), lo cual indica también la efectividad de la cepa de *Rhizobium* aplicada (Coque , 2021).

Tabla 22: Prueba de Duncan para peso seco de Nódulos por Planta

Orden de Mérito	Tratamiento	P.S.N.	Significación
1°	D ₃	0.7088	A
2°	D ₂	0.6524	A B
3°	D ₁	0.4847	B

Tabla 23: Prueba de Duncan para Número de Nódulos

Orden de Mérito	Tratamiento	N° Nod.	Significación
1°	D ₂	44.625	A
2°	D ₁	37.375	A B
3°	D ₃	28.006	B

Tabla 24: Prueba de Duncan para Diámetro de Nódulos

Orden de Mérito	Tratamiento	Diámetro Nod.	Significación
1°	D ₂	5.725	A
2°	D ₃	5.700	A
3°	D ₁	4.375	B

4.3.4 Peso Seco de los Nódulos

Los tratamientos D₂ y D₁ presentan mayor número de nódulos, pero menor peso seco, los nódulos son más pequeños, pero en mayor número. Conforme aumenta la densidad hay una disminución del peso seco de los nódulos y un aumento en el número de nódulos.

4.3.5 Diámetro de los Nódulos

El promedio de diámetro en mm se presenta en el cuadro N° 8. Los diámetros varían desde 4.375 hasta 5.725mm, obteniéndose mayor diámetro en el tratamiento D₂A₂. No se ha encontrado significación estadística para los diámetros de los nódulos.

V. CONCLUSIONES

- Para el rendimiento de grano verde no se encontró significación estadística para los factores en estudio densidad de plantas y uso de fuentes de abonamiento nitrogenado.
- En lo referente al efecto de fertilización, no se ha encontrado diferencias significativas.
- Para los componentes de rendimiento y agronómicos no hubo significación estadística.
- El número de vainas por planta se encontró una alta significación estadística entre los tratamientos en estudio.
- El número de nódulos se incrementó con las densidades de plantas en estudio.

VI. RECOMENDACIONES

- Repetir el ensayo en terrenos que cuenten mayor rotación de cultivos y mejor textura del suelo.
- Incrementar la dosis del biofertilizante para determinar si se logra diferencia significativa en el resultado.
- Probar en variedades de arveja de crecimiento determinado.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Ben-Zeiev, N., & Zohary, D. (1973). Species relationships in the genus *Pisum* L. *Israel Journal of Botany*, 22(2), 73-91
- Bressani, R., & Elias, L. G. (1988). Seed quality and nutritional goals in pea, lentil, faba bean and chickpea breeding. In: R.J. Summerfield (ed), *World Crops: Cool Season Food Legumes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 381-404.
- Camarena, M. F., A. Cerrate, L. Chiappe y A. Huaranga. (1998). El cultivo de la arveja. *Programa de Investigación y Proyección Social de Leguminosas de Grano y Oleaginosas UNALM*. Perú.
- Camarena, F., Huaranga, A., Osorio, U. (2014). Innovación Fitotécnica del Haba (*Vicia faba* L.), arveja (*Pisum sativum* L.) y Lenteja (*Lens culinaris* Medik) Lima Fondo Editorial UNALM 2014, 190 p. Primera Edición.
- Campos, G. (1969). Aspectos Botánicos y Agronómicos de la Arveja y Haba. En: Curso sobre Menestras de Sierra, Comunicación, Reforma Agraria y Extensión Agrícola. *Ministerio de Agricultura – Misión Agrícola de la Universidad de Carolina del Norte. Ancash. Perú.*
- Casseres, E. (1980). Producción de hortalizas. *Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Costa Rica, IICA-CIDIA.*
- Coque, A.M. Calvach. (2021). Evaluación de un biofertilizante a base de *Rhizobium* en la producción del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L. .) variedad temprana perfecta”. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Ambato, 68 p. repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/33478/1/Tesis-284 Ingeniería Agronómica - Coque Calvache Ana Mishell.pdf
- Cubero, I. & Moreno, T. (1983). *Leguminosa de grano*. Mundi Prensa.
- Del Pozo, M. (1977). *La Alfalfa, su Cultivo y Aprovechamiento*. Mundi Prensa.
- Davies, D. (1975). Peas (*Pisum sativum* L.) John Ynnes Ynotitut. Norivich.

- Davies, D.R., G.J. Berry, M.C. Health, & T.C.K. Dawkins. (1985). Pea (*Pisum sativum* L.)
In: R.J. Summerfield and EH Roberts, (eds.), Williams Collins Sons and Co. Ltd,
London, 147-198
- Duke, J. A. (1981). Hand book of legumes of world economic importance. *Plenum Press,*
New York. P., 199-265.
- Evans, L. (1981). *Fisiología de los cultivos.* Hemisferio Sur.
- FAO. (2018). Nuestras legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones. Ciudad de
Panamá 202 p.
- Garcia B, U. (1990). Insectos Dañinos de las Leguminosas (copias mimeografiadas). Dpto.
Entomología. UNALM. Lima – Perú
- Gritton, E. T. (1980). Field Pea. Hybridization of Crop Plants. . *In: W.R. Fehr and H.H.*
Hadley (eds.), American Society of Agronomy, Inc., and Crop Science Society of
America, Inc., Wisconsin, USA, 347-356.
- Hulse, J. H. (1994). Nature, composition and utilization of food legumes. *In: F.J.*
Muehlbauer and W.J. Kaiser (eds.), Expanding the Production and Use of Cool
Season Food Legumes. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands,
77-97.
- INIA. (2003). Variedad de Arveja INIA 103 - Remate | PGC-INIA Tríptico. 1p.
- Jambunathan, R. H. L. Blain, K. H. Dhindsa, L. A. Hussein, K. Kogure, L. LI-Juan, and M.
M. Youssef. (1994). Diversifying use of cool season food legumes through
processing. *In: F.J. Muehlbauer and W.J. Kaiser (eds.), Expanding the Production*
and Use of Cool Season Food Legumes. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht,
The Netherlands, 98-112.
- Kay, D. (1979). *Leguminosas alimenticias.* Acribia S.A.
- Litzenberger, S. C. (1976). Guía para cultivos en los trópicos y los subtrópicos.
- Makasheva, R. (1983). The Pea. Oxonian Press Pvt. Ltd., New Delhi, India.
- Milan M. & Moreira A. (1996). Arveja (*Pisum sativum* L.) En: Leguminosas en la
Agricultura Boliviana. Cochabamba. Bolivia Rudy Meneses, Hank Waaijenberg,
Luis Piérola (editores).
- Ministerio de Agricultura (1997). Producción de Menestras en el Perú 1992 – 1997.
Estadística Agraria. Lima – Perú.
- Muehlbauer. F.J. (1976). Guisante. Guía para cultivos en los trópicos y los subtrópicos. AID
México.

- Muehlbauer F.J. & Tullu A. (1997). *Pisum sativum* L. Center for new crop. And plant products. Purdue University.
- Polhill, R.& Van der Maesen, L. (1985). Taxonomy of grain legumes. *In: Summerfield and Roberts (eds.), Grain Legume Crops, Collins, London, 3-36*
- Salinas, Z. (1986). *Caracterización y evaluación preliminar de 100 variedades de frejol tipo Panamito en Costa Central*. [Tesis de Ingeniería, Universidad La Molina]. Universidad La Molina
- Sheuch, F. (1981). Factores de producción en leguminosas. *En: segundo curso intensivo "Control Integrado de Plagas y Enfermedades Agrícolas", UNALM.*
- Smartt, J. (1990). *Grain legumes: evolution and genetic resources*. Cambridge university press.
- Vilcapoma, G. N. (1991). *Manual de Botánica Sistemática*. Departamento Académica de Biología. Facultad de Ciencias. UNALM.