



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE INSTITUTO DE POSTGRADO



DIPLOMADO SUPERIOR EN INVESTIGACIÓN

RESPUESTA A LA INOCULACIÓN CON TRES DOSIS DE RHIZOBIUM EN EL CULTIVO DE ARVEJA *Pisum Sativum* L. VARIEDAD ROGGER TEMPRANA. ESPEJO - CARCHI 2011.

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de
Diploma Superior en Investigación.

Autor: Ing. Raúl Castro

Ibarra, 2012

**RESPUESTA A LA INOCULACIÓN CON TRES
DOSIS DE RHIZOBIUM EN EL CULTIVO DE
ARVEJA *Pisum Sativum* L. VARIEDAD ROGGER
TEMPRANA. ESPEJO - CARCHI 2011.**

Autor: Ing. Raúl Castro

Trabajo de grado para la obtención del título de Diploma Superior aprobado en nombre de la Universidad Técnica del Norte, por el siguiente jurado, a los 27 días del mes de Abril del 2012.

Dr. Mario Montenegro
C.C.

Dr. Juan Almendáriz
C.C.

Dr. Amado Ayala
C.C.

Ing. Miguel Echeverría
C.C.

RECONOCIMIENTOS

A la Universidad Técnica del Norte, por la oportunidad de superarme profesionalmente.

El autor

DEDICATORIA

Para mi esposa Anabel que con su apoyo moral colaboró denodadamente a lo largo de este trabajo investigativo, pero en especial va dirigido para el ser más sublime de mi vida mi hijo Martin que lo amo con todo mi corazón.

ÍNDICE GENERAL

Aprobación del jurado Examinador.....	i
Reconocimientos.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Índice.....	1-4
Resumen.....	5.6
Summary.....	7
CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	8-10
Introducción.....	8
Contextualización.....	8
Planteamiento del problema.....	9
objetivos específicos.....	9
hipótesis,justificación.....	10
Viabilidad.....	10
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	11-22
Taxonomía y Morfología.....	11-12
Descripción general de la Bacteria de Rhizobium.....	12-13
Nodulación en leguminosas.....	13-15
Reconocimiento entre planta y Rhizobium.....	17-19
Simbiosis rhizobium-leguminosa.....	20
Inoculación.....	21-22
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	23-29
3.1 Ubicación y descripción del área experimental.....	23
Características climáticas.....	23
Características Edáficas.....	23
3.2 Material de Siembra.....	24
3.3 Factores estudiados.....	24
3.4 Tratamientos.....	24
3.5 Métodos.....	24-25
3.6 Diseño experimental.....	25
3.6.1 Características del lote Experimental.....	25-26
3.7 Manejo del Experimento.....	26
3.7.1 Análisis de suelo.....	26

3.7.2 Preparación del suelo.....	26
3.7.3 Inoculación.....	26-27
3.7.4 Siembra.....	27
3.7.5 Riegos.....	27
3.7.6 Control de malezas.....	27
3.7.7 Controles fitosanitarios.....	27
3.7.8 Cosecha.....	27
3.8 Variables evaluadas.....	28
3.8.1 Altura de la planta.....	28
3.8.2 Número de vainas por planta.....	28
3.8.3 Número de granos por vaina.....	28
3.8.4 Peso de 100 granos en verde.....	28
3.8.5 Longitud de vaina.....	28
3.8.6 Rendimiento.....	28
3.8.7 Análisis económico.....	29
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	30
4.1 Altura de la planta.....	30
4.2 Numero de vainas por planta a la cosecha.....	31
4.3 Número de granos por vaina a la cosecha.....	32
4.4 Peso de 100 granos.....	33
4.5 Longitud de vaina.....	34
4.6 Rendimiento.....	35
4.7 Análisis Económico.....	36
DISCUSION.....	37
PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	38
Relación dosis versus altura de planta a los 30,45 y 60 días.....	38
Relación dosis versus numero de vainas.....	39
Relación dosis versus numero de granos /vaina.....	40
Relación dosis versus peso de 100 granos.....	41
Relación dosis versus longitud de vaina.....	42
Relación dosis versus rendimiento.....	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
Analizadas las conclusiones se recomienda.....	44

BIBLIOGRAFIA.....	45-46
ANEXOS.....	47
Cuadro 15.....	48
Cuadro 16.....	49
Cuadro 17.....	50
Cuadro 18.....	51
Cuadro 19.....	52
Cuadro 20.....	53

RESPUESTA A LA INOCULACIÓN CON TRES DOSIS DE RHIZOBIUM EN EL CULTIVO DE ARVEJA “*PISUM SATIVUM L*” VARIEDAD ROGGER TEMPRANA. ESPEJO - CARCHI 2011.

Autor: Ing. Raúl Castro

Año: 2011

RESUMEN

En la presente investigación se estudio la respuesta a la inoculación de cuatro dosis de Rhizobium(*Rhizobium tropici*) , en el cultivo de arveja “*Pisum sativum L*” variedad rogger temprana, en la

Parroquia San Francisco, Cantón el Ángel, Provincia del Carchi, que se encuentra ubicado a 2850 msnm. Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos. El área total experimental contó con 380 m², cada unidad experimental de 16 m² y un área útil de 6,5 m². Se evaluó altura de planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos, longitud de vaina y rendimiento. Todas las variables fueron sometidas al análisis de varianza y para determinar la diferencia estadística entre los promedios de los tratamientos, se empleó el análisis funcional Tukey al 5%. Según los resultados experimentales se determinó lo siguiente: Al valorar el comportamiento agronómico del cultivo, en cuanto a dosis de inoculante el rendimiento del tratamiento tres (5 gramos de inoculante / kilogramo de semilla) fue matemáticamente superior a los tratamientos restantes. Al valorar el efecto sobre el ciclo de

desarrollo del cultivo en los parámetros de altura de planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos, longitud de vaina y rendimiento no se detectaron diferencias significativas. Con el tratamiento tres (5 gramos de inoculante / kilogramo de semilla) se obtuvo la mayor utilidad económica 252,47 % superior a los restantes tratamientos

THE RESPONSE TO INOCULATION OF THREE DOSES OF RHIZOBIUM (RHIZOBIUM TROPICI), IN THE CULTIVATION OF PEAS "PISUM SATIVUM L" VARIETY ROGGER EARLY.ESPEJO- CARCHI 2011

Autor: Ing. Raúl Castro
Year: 2011

SUMMARY

In this research study, the response to inoculation of four doses of Rhizobium (1899 Rhizobium tropici), in the cultivation of peas "Pisum sativum L" variety rogger early in the Parish of San Francisco, Canton Angel, Carchi Province, which is located at 2850 meters. We used the design randomized complete block (RCBD) with four replications and four treatments. The total experimental area had 380 m², each experimental unit of 16 m² and a useful area of 6.5 m². We assessed plant height, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of 100 grains, pod length and yield. All variables were subjected to analysis of variance and to determine the statistical difference between the averages of the treatments, the functional analysis used Tukey 5%. According to the experimental results determined the following: In assessing the agronomic performance of crop in terms of dose of inoculant treatment performance three (5 grams of inoculum / kg seed) was mathematically superior to other treatments. In assessing the effect on crop growth cycle in the parameters of plant height, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of 100 grains, pod length and yield no significant differences were detected. With treatment, three (5 grams of inoculum / kg of seed) had the highest economic value 252.47% higher than the other treatments.

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Introducción.

El Ecuador ha experimentado un considerable incremento de su población con la mayor concentración en áreas urbanas, con 7'196.000 habitantes versus 4'741.000 del área rural. Para el año 2020 se estima que la población urbana aumentará a 12'269.000, mientras que la población rural será de 4'635.000 habitantes.

Esto implica que la producción de alimentos en el Ecuador debe duplicarse para el año 2020, por lo que sin duda, el mayor reto será producir de manera sustentable, cantidades de alimentos nutricionales y disponibles para la mayoría de la población. Se estima que el 90% de las familias pobres del Ecuador carece de una adecuada alimentación, y que el consumo de proteína en el país alcanza niveles de 50 - 85 g proteína/día, mientras que el de calorías varía entre 1800 a 2500/día con valores inferiores asociados con las regiones más pobres.

Contextualización.

La fijación biológica de nitrógeno es uno de los componentes críticos para la producción con altos rendimientos en cultivos de leguminosas, como arveja, alfalfa, frejol, maní. Luego del agua, el nitrógeno resulta ser con mayor frecuencia el nutriente limitante para la producción agrícola.

El uso de inoculantes para la provisión de bacterias fijadoras de nitrógeno resulta más conveniente y económico que la fertilización química, evitando además la contaminación ambiental.

Bajo este contexto, las leguminosas como la arveja, frejol, soya y maní, juegan un papel importante en la seguridad alimentaria, como fuentes de proteínas y calorías para la población ecuatoriana.

Planteamiento del problema

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la parroquia San Francisco de la ciudad del Ángel - Cantón Espejo- Provincia del Carchi, que se encuentra ubicado a 2850 msnm.

Es una zona eminentemente agrícola, en donde predominan cultivos como la papa, arveja y habas siendo estos los más representativos de la zona.

Sin embargo por diferentes circunstancias el cultivo de arveja se ve limitada debido a los altos costos de producción asociados a los productos que se utilizan para producir esta leguminosa.

Genotipos de arveja con bajo potencial de rendimiento adaptados a la zona del cantón Espejo- Provincia del Carchi.

Formulación del problema.

Utilizando el genotipo de arveja *Pisum sativum L.* y adicionando el inoculante *Rhizobium tropici* en las diferentes dosis se incrementará el rendimiento de la arveja?

Objetivo general

Determinar la respuesta a la Inoculación con tres dosis de *Rhizobium tropici* en el cultivo de arveja "*Pisum sativum L.*"

Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento agronómico y de rendimiento de la variedad de arveja rogger temprana a la inoculación con Rhizobios
- Identificar la dosis ideal del inoculante *Rhizobium tropici* en función del rendimiento.
- Analizar económicamente los tratamientos.

Hipótesis

Ho: Con la inoculación de rizobios **no se incrementarán** los rendimientos del cultivo de arveja

Ha: Con la inoculación de rizobios **se incrementarán** los rendimientos del cultivo de arveja

Justificación.

Para incrementar los rendimientos de las leguminosas, existen dos maneras de hacerlo: 1) aumentando el uso de fertilizantes químicos nitrogenados, y 2) aprovechando la fijación biológica de nitrógeno por parte de las leguminosas al asociarse simbióticamente con las bacterias del suelo.

Los fertilizantes químicos son lamentablemente causa del deterioro del suelo y del agua, contaminándolos y perjudicando la calidad y el uso de estos recursos.

En los suelos agrícolas naturalmente existe rizobios pero la población resulta siempre insuficiente para fijar nitrógeno atmosférico y suplir las cantidades necesarias para el cultivo, entonces se hace necesario inocular la bacteria en la semilla de las leguminosas antes de la siembra y asegurar la fijación biológica de nitrógeno.

Con estos antecedentes, el autor justificó la ejecución de la presente investigación, obteniendo resultados que generaron conocimientos tecnológicos a los agricultores de la zona.

Viabilidad.

La inoculación con rizobios en campo, resulto ser una practica que convoco a muchos agricultores de la zona donde se desarrollo la investigación, los cuales manifestaron su satisfacción ya que se había tratado de un proceso fácil “Fijación Biológica de Nitrógeno” si se sigue el protocolo correspondiente.

La adquisición de rizobios específicos en el mercado no es ningún problema y los resultados en cuanto a costos de producción, rendimiento y desarrollo sustentable son factores a tomar muy en cuenta, durante el ciclo productivo de esta leguminosa.

Si bien es cierto al desarrollar la presente investigación no se reporto diferencias singnificativas en las variables evaluadas (aceptamos la hipótesis nula), se determino que la inoculación con rizobios en las dosis estudiadas en cuanto a la variable rendimiento se obtuvo valores iguales o superiores versus la fertilización química(nitrógeno- fósforo-potasio),sin embargo la fertilización química es causante de la degradación de los suelos , contaminación de las aguas subterráneas y un mayor flujo de capital para la adquisición de estos productos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Bernal G. y Estévez C (1.994), indica que la arveja *Pisum sativum L.* tiene su origen en el sur del Ecuador y norte del Perú, con un segundo centro de origen ubicado en Mesoamérica. Es la leguminosa más importante en la alimentación de los países de Centro y Sur América y los ubicados en la región central y este de África. El consumo de la arveja en forma de grano seco, representa especialmente para los pueblos de América Latina y África, la principal fuente de calorías, proteínas y aminoácidos tiamina y niacina.

Según el INEC (2001), el consumo de arveja en grano seco aporta con el 46 % de proteína, la misma que es barata si se compara con las proteínas provenientes de la carne, pescado, leche, y huevos. También la arveja es fuente de carbohidratos, fibra, calcio, hierro, vitaminas y calorías que son elementos importantes para mejorar la alimentación de la población rural y urbana. La proporción más indicada de consumo es de una tercera parte de arveja, más dos terceras partes de cereales.

La demanda es mayor en estado tierno y es significativamente rentable al comercializarla como verdura, la misma que aporta con el 20 % de proteína, por lo que se considera un cultivo de sustento económico que garantiza la seguridad alimentaria al ser parte de la canasta familiar de la población. La sustitución de la arveja por otros productos de bajo contenido de proteína, es una alternativa de nutrición que aporta contra la desnutrición infantil y el desequilibrio nutricional de la población en general.

INIAP 1.998 La arveja es un cultivo importante en los sistemas de producción de las Provincias del Sur: Cañar, Azuay y Loja. Anualmente se cosecha sobre las 6000 ha tanto en grano seco como en vaina, alrededor del 13.8% del área cultivada se pierde por inundaciones, enfermedades, sequía, plagas, heladas y además por los precios bajos.

La arveja en las provincias mencionadas, se cultiva desde los 1700 hasta 3200 msnm., en áreas de temporal o secano bajo riego. Su ciclo puede variar de 85 a 100 días. Las formas de intercalar o rotar con otros cultivos varían de acuerdo con la zona y altitud.

Requiere de suelos preparados para lograr una buena brotación e implantación del cultivo. Las labores de arada y surcado pueden realizarse con yunta o tractor. En terrenos inclinados, el surcado debe realizarse en sentido contrario a la pendiente, manteniendo un ligero desnivel para evitar la erosión y el encharcamiento del agua de riego.

La distancia entre surcos no debe ser mayor a 60 cm en épocas secas para aprovechar los surcos y el riego. Las distancias entre surcos y entre plantas deben aumentarse en época de invierno para mejorar la aeración y reducir el ataque de enfermedades.

Taxonomía y Morfología

De acuerdo a Pronaleg (2001), la taxonomía y morfología del cultivo de la arveja es la siguiente:

- Familia: Leguminosae
- Subfamilia Papilionoidea.
- Nombre científico: *Pisum sativum* L
- Ciclo de cultivo en tierno: 105 a 115 días
- Ciclo de cultivo en seco :130 a 135 días
- Época de siembra: Abril a Junio
- Sistema: monocultivo
- Rendimiento en tierno: 4500 a 5250 Kg/ha
- Sistema radicular: muy desarrollado.

Para Bernal (2002), la fertilización se realiza en base al análisis de suelo. El fertilizante, especialmente el fósforo y potasio, puede ser incorporado “al voleo” pero es más eficiente aplicar ligeramente debajo de la semilla en surcos poco profundos.

En cuanto al nitrógeno, se recomienda inocular la semilla con una cepa eficiente y apropiada de la bacteria *Rhizobium* (fijadora de nitrógeno), en una dosis de 10 g de inoculante por cada Kg de semilla, más 3 t/ha de compost de calidad (determinada en laboratorios de suelos y de microbiología), aplicada a la siembra.

En caso de aplicar fertilizante químico como urea se recomienda una dosis baja de apenas 25 kg N/ha al momento de la siembra, la misma que sirve de “arranque” en la fase inicial del desarrollo de la planta, hasta que entren en acción las bacterias fijadoras de N.

Peralta E. (2002), considera que se deben evitar suelos excesivamente pesados, con problemas de encharcamiento, adaptándose mejor a suelos ligeros o medios bien drenados. En terrenos excesivamente calizos, con pH superiores a 7.5, las plantas vegetan mal, apareciendo graves problemas de clorosis.

También expresa, que en la realización de la práctica de abonado existe en las leguminosas, principalmente en lo que a fertilización nitrogenada se refiere, un problema adicional al ya complejo de la fertilización en otros cultivos, puesto que a través de sus nódulos formados con los respectivos Rizobios, estas plantas fijan y toman nitrógeno atmosférico, pudiendo a si mismo extraerlo del suelo mediante la absorción radicular, como es normal en las restantes familias de vegetales.

Vincent J. M. (1975), dice que la arveja posee una raíz principal con numerosas raicillas laterales, algunas de las cuales se desarrollan tanto como ella. Hay también raíces adventicias, que brotan de la parte inferior del hipocótilo. También es importante este cultivo porque en las raíces de la arveja hay nódulos de bacterias de tamaño variable. Las bacterias que los producen entran por los extremos de los pelos absorbentes, se reproducen abundantemente y llegan hasta el periciclo, donde forman una masa que se agranda hasta constituir un nódulo.

Descripción general de la Bacteria de Rhizobium

Graham (2004) cita, los Rhizobium son bacterias Gram negativas y aerobias obligadas que pertenecen a la **familia Rhizobiaceae**. Entre ellos se encuentran los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizbium* y *Azorhizobium*. Estos microorganismos del suelo forman una asociación simbiótica con distintas especies de plantas y durante la simbiosis son capaces de llevar a cabo la fijación de nitrógeno molecular. En la simbiosis las bacterias se encuentran en las raíces de las

plantas dentro de estructuras llamadas **nódulos**. Ni la plantas ni estas bacterias aisladamente fijan el nitrógeno diatómico (N₂) para convertirlo en amonio.

La simbiosis es inhibida si existe un exceso de nitrato o amonio en el suelo. Dentro de los nódulos las bacterias se convierten en **bacteroides** que son células más grandes que los *Rhizobium* que se encuentran en el suelo y que llevan a cabo la fijación de nitrógeno porque son capaces de formar la **enzima nitrogenasa** que es reponsable de la conversión del nitrógeno molecular en amonio. Debido a esta simbiosis, la planta recibe nitrógeno que puede utilizar para si misma, mientras que las bacterias utilizan moléculas que les proporciona la planta.

Existen muchos genes de rhizobium característicos de la simbiosis como por ejemplo los genes *nod*, *nol*, *nif* y *fix*. Los nódulos aparecen rojos por causa de una proteína llamada **leghemoglobina**. Después de la fase de fijación de nitrógeno, el color del nódulo llega a ser verde debido a la conversión de leghemoglobina en **biliverdina**.

Leghemoglobina protege a la nitrogenasa de los altos niveles de oxígeno y evitar la inactivación de esta enzima. Cada tipo de *Rhizobium* tiene espectro específico de plantas con las que es capaz de formar nódulos. Por ejemplo, *Bradyrhizobium japonicum* forma una simbiosis con *Glycine max*, *Rhizobium leguminosarum* *bv. viciae* con *Pisum sativum* o *Vicia faba*, *Rhizobium* (*Sinorhizobium*) *meliloti* con *Medicago sativa*.

Nodulación en leguminosas

Para Brockwell and Bottomley (1995), todos los organismos vivos necesitan de una fuente nitrogenada para poder crecer, dado que muchos de los principales compuestos celulares, como las proteínas y ácidos nucleicos, contienen en su estructura nitrógeno. Dada la gran variedad de seres vivos que existen en la naturaleza, existen diferentes compuestos nitrogenados que los diferentes organismos son capaces de asimilar, para el caso de las plantas la fuente de nitrógeno que pueden utilizar es el amonio (NH₄⁺) y el nitrato (NO₃⁻), o sea compuestos nitrogenados inorgánicos. Para el caso de los animales superiores

además de requerir amonio, requieren de compuestos nitrogenados orgánicos, como aminoácidos o bases nitrogenadas.

Es importante decir que todos los compuestos nitrogenados provienen del nitrógeno molecular (N_2), que representa el 80% de los gases que forman la atmósfera terrestre. Solo existen unos organismos capaces de asimilar el N_2 , estos organismos son bacterias que se conocen con el nombre de bacterias nitrificantes o fijadoras de nitrógeno. Los demás organismos de la naturaleza no pueden asimilar el N_2 de la atmósfera y por lo tanto para adquirir el nitrógeno que necesitan dependen del metabolismo de las bacterias nitrificantes para tener una fuente nitrogenada. Las plantas y demás organismos son incapaces de asimilar el nitrógeno en forma molecular, excepto por las bacterias nitrificantes que por medio de su metabolismo toman el N_2 de la atmósfera y lo convierten en amonio por medio de la enzima nitrogenasa y la hidrolisis del ATP. Ya estando en forma de amonio o nitrato el nitrógeno puede ser utilizado por las plantas.

Las bacterias nitrificantes o fijadoras de nitrógeno se acoplan con un número significativo de especies vegetales en una relación que llaman simbiosis (relación entre dos especies donde ambas reciben un beneficio, pero no es absolutamente indispensable para la sobrevivencia de alguna de las especies), o sea que algunas especies de plantas se asocian en relación simbiótica con las bacterias nitrificantes. Las plantas que se asocian con las bacterias nitrificantes son las llamadas leguminosas y las bacterias fijadoras de nitrógeno son del género *Rhizobium*. Las bacterias del género *Rhizobium* son habitantes naturales del suelo que infectan las raíces de ciertas leguminosas. Al llevar a cabo esta infección, se desarrollan unas estructuras en el sistema radicular de las plantas llamadas nódulos, donde viven las bacterias y fijan nitrógeno.

La especie a la que pertenece un cierto *Rhizobium* se define por la especie de la planta que nodula y en la que es capaz de fijar nitrógeno. El nódulo es una estructura situada en el sistema radicular de la planta, formada por tejido de la planta. Algunas de las células que lo constituyen contiene bacterias englobadas en membranas dentro de su citoplasma, estas bacterias atraviesan un proceso de diferenciación y es precisamente la forma diferenciada (bacterioide) la que

fija nitrógeno. El bacteroide es mayor que la bacteria, posee una forma irregular y se muestra más sensible a cambios de presión osmótica.

El nódulo viene a ser un órgano de la leguminosa encargado de fijar y asimilar nitrógeno para la planta, y la planta le proporciona al nódulo (al nódulo y a las bacterias que están en su interior) carbohidratos producto de la fotosíntesis. Se ha establecido que la información genética que determina que *Rhizobium* sea capaz de infectar específicamente una leguminosa y fijar nitrógeno en asociación con ella está codificada en cierta molécula de ADN extracromosómica conocidas como plasmidios. A cada especie de leguminosa le corresponde un *Rhizobium* específico, Por ejemplo al trébol lo nodula el *Rhizobium trifolii*.

La especificidad del *Rhizobium* que nodula una leguminosa está determinado en el código genético y se dice que por la presencia de un plasmidio en el ADN, plasmidio que se trasmite a la bacteria o por conjugación del *Rhizobium* específico. En resumen se puede decir que el *Rhizobium* promueve la realización de la simbiosis con la planta, pegándose a su sistema radicular con el objeto de conseguir energía para metabolizar, pero se encuentra con que la planta hospedera le da la contra orden al *Rhizobium* de que si este le da nitrógeno en forma de amonio yo le dono su energía para metabolizar.

Reconocimiento entre planta y *Rhizobium*

Bernal G. y Suarez. (2002), indica Las raíces de plantas forman exudados que inducen la expresión de genes rizobiales que son característicos para el comienzo de la simbiosis. Uno de esos factores son **flavonoides** que producen una interacción con la proteína codificada por el gen *nodD*. La proteína NodD y las sustancias flavonoides forman parte del reconocimiento hospedador-específico debido a que no todos los flavonoides pueden interactuar con una NodD de una especie bacteriana dada. Después, las proteínas codificadas por los genes *nod* catalizan la formación de los metabolitos *nod*. Esos son **oligómeros de N-acetil glucosamina** con algunas alteraciones químicas

Las bacterias que viven en las células parenquimáticas, reciben carbohidratos de la planta y le suplen nitrógeno. Esta relación de simbiosis se mantiene hasta

que degenera el nódulo o se seca la planta, y requiere para su función óptima un estado normal de nutrición.

Graham (2004) manifiesta, que los "rizobios" son responsables del 80% de la fijación biológica del nitrógeno, y tienen la capacidad de convivir simbióticamente con la leguminosa en los nódulos radiculares, que son órganos especiales de las raíces, en los que tiene lugar el proceso biológico de la fijación del nitrógeno atmosférico.

Para Brockwell and Bottomley (1995), las leguminosas, dependiendo del cultivo y la variedad, y de los rizobios, son capaces de fijar hasta 300-400 kg N/ha. Sin embargo, en áreas nuevas, las leguminosas a ser sembradas requieren de la inoculación con *Rhizobium* específico y eficiente, que permita lograr incrementos significativos en sus rendimientos.

Identificado el problema de la deficiencia nutricional del nitrógeno de algunos suelos agrícolas ecuatorianos, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) a través del Departamento de Protección Vegetal de la Estación Experimental Santa Catalina, inició hace aproximadamente 25 años investigaciones en fijación biológica de nitrógeno (FBN) en colaboración con la Facultad de Agronomía de la Universidad Central del Ecuador.

Las actividades comprendieron recolecciones de cepas (razas) a nivel nacional, y evaluaciones de la capacidad fijadora en los cultivos de arveja, chocho, haba y fréjol. Los estudios fueron llevados a cabo bajo condiciones de invernadero y campo. Adicionalmente, se recolectaron turbas dentro del Callejón Interandino, seleccionándose algunas como portadores potenciales de los rizobios.

Estos datos, indudablemente han sido causa para que los agricultores, y algunos técnicos e investigadores agrícolas, hayan dado poco valor a la práctica de la inoculación. Existen estudios en el exterior que han demostrado muy claramente incrementos significativos en rendimiento como resultado de la inoculación con *Rhizobium*. Así por ejemplo, en

varias regiones del Brasil se ha reportado incrementos de hasta 900 kg/ha.

En soya cultivada en el Estado de Wisconsin (Estados Unidos) se ha logrado incrementos de hasta 1060 kg/ha, en alfalfa 445 kg/ha sembrada en Texas, y en maní 1 70 kg/ha como media de 30 experimentos ejecutados por siete universidades norteamericanas.

Con estos antecedentes, el INIAP a través del Departamento Nacional de Protección Vegetal (DNPV) de la Estación Experimental Santa Catalina y con el financiamiento de PROMSA (Proyecto de Modernización de los Servicios Agropecuarios) inició en agosto del 2001, el proyecto denominado "Selección de cepas de *Rhizobium* adaptadas a condiciones de campo y su uso como inoculantes de leguminosas de la Sierra y Costa Ecuatoriana" con dos propósitos básicos:

1. El incremento del rendimiento de importantes leguminosas de consumo humano (arveja, frejol, maní, soya) a través de la selección de cepas de *Rhizobium* eficientes en fijación de nitrógeno y estables bajo condiciones de campo, y
2. La conservación de los recursos naturales (suelo, agua) a través del uso de leguminosas como componentes esenciales en el mejoramiento de la fertilidad de los suelos, propiciando la disminución de fertilizantes nitrogenados.
3. La fijación de nitrógeno por la simbiosis entre leguminosas y bacterias es un proceso biológico natural capaz de llenar algunas de las mayores necesidades tales como: proveer nitrógeno de bajo costo como insumo agrícola, mejorar los rendimientos y la calidad de los cultivos, mejorar la calidad de los forrajes, proteger al suelo de la erosión y a las aguas de la contaminación. Con todas estas propiedades las leguminosas se convierten como excelentes componentes indispensables de los sistemas de producción sostenible.

Simbiosis rhizobium-leguminosa

Estevez C. and Constante D. 1993 , mencionan que el establecimiento de la simbiosis para atrapar el N_2 entre *Rhizobium* y la leguminosa es un proceso complejo, donde la formación de nódulos la captación del N_2 se da en etapas sucesivas. *Rhizobium* induce en la leguminosa el desarrollo de nódulos en su raíz, los dos organismos establecen una cooperación metabólica, las bacterias reducen N_2 a amonio (NH_4), el cual exportan al tejido vegetal para su asimilación en proteínas y otros compuestos nitrogenados complejos, las hojas reducen el CO_2 en azúcares durante la fotosíntesis y lo transportan a la raíz donde los bacteroides de *Rhizobium* lo usan como fuente de energía para proveer ATP al proceso de inmovilizar N_2 . La asociación se inicia con el proceso de infección, cuando las bacterias son estimuladas por los exudados radicales y proliferan lo que induce un alargamiento y curvado de los pelos radicales y posterior formación de una estructura tubular llamada cordón de infección.

El cordón de infección se desarrolla en el interior del punto de adhesión a la bacteria y forma un canal en el interior del pelo. *Rhizobium* es conducido a través del cordón hasta la base del pelo, el cordón de infección atraviesa la pared de la célula cortical adyacente, ahí al perder la pared celular, se establece *Rhizobium*; después se engloba por la membrana plasmática del hospedero, lo que resulta en la formación del nódulo. Las bacterias y las células de la corteza radical se diferencian y comienza la fijación simbiótica del N_2 y el intercambio metabólico fijado el N_2 , se transporta rápidamente del nódulo al resto de la planta. La reducción de N_2 molecular a amonio, se lleva a cabo por la nitrogenasa, que requiere ATP y de la leghemoglobina, una proteína globular cuya función es atrapar el oxígeno para facilitar el trabajo de la nitrogenasa, además de transferir O_2 y estimular la oxidación de la reserva del carbono, cubrir el alto gasto de energía que *Rhizobium* requiere para incorporar el N_2 . La leghemoglobina es codificada por un gen de la leguminosa, esta proteína se localiza en el nódulo fuera de la bacteria y es distinta para cada tipo de *Rhizobium*

Inoculación

Según Grahan P.H (1998), a pesar de que *Rhizobium* es un habitante común en los suelos agrícolas, frecuentemente su población es insuficiente para alcanzar una relación benéfica con la leguminosa, o bien cuando los rhizobios nativos no fijan cantidades suficientes de N_2 para las leguminosas es necesario inocular la semilla a la siembra y asegurar la fijación biológica del N_2 .

La utilización de un *Rhizobium* infectivo (capacidad de nodular) y efectivo (eficiencia para la fijación del N_2) en la leguminosa, implica determinar la necesidad de inoculación. Para ello se corrobora la existencia del tipo de *Rhizobium* nativo en el suelo, su eficiencia para fijar N_2 , la concentración de N del suelo y si la leguminosa elegida se siembra con frecuencia en la región para mantener su rendimiento. Lo ideal es seleccionar un *Rhizobium* altamente infectivo y efectivo para lograr una disminución máxima del fertilizante nitrogenado sin decremento en el rendimiento de la leguminosa.

En general, la inoculación se puede recomendar para una zona agrícola que se sembrará con una nueva especie de leguminosa. Para controlar la calidad de un inoculante de una leguminosa específica, es necesario mantener un número de *Rhizobium* de aproximadamente 10⁶ bacterias/g de inoculante y determinar si es específico para la leguminosa a prueba. Así, un producto microbiano o inoculante, debe por lo menos mantener la productividad de un cultivo agrícola con menos dosis de fertilizante nitrogenado y con ello un ahorro en el costo de producción, minimizar la contaminación de aguas superficiales y mantos acuíferos y por supuesto la conservación del suelo, en un esquema de producción sustentable.

Grahan P.H 2004, indica que si existen varios tipos de inoculantes, pero el más común es un soporte a base de turba impregnada con un cultivo bacteriano. A pesar de que desde 1880 los inoculantes han sido comercializados, como un producto biológico requiere de un riguroso control de calidad de tipo microbiológico que garantice el éxito esperado con la leguminosa seleccionada. Ya que un manejo inadecuado en su producción trae en consecuencia una baja efectividad al aplicarse en la leguminosa, debido a:

1. Deficiente preparación a nivel de laboratorio, manejo, almacenamiento a nivel de comercialización y aplicación del inoculante por parte de los fabricantes, comerciantes y agricultores.
2. Incompatibilidad del tipo de *Rhizobium* comercial y la leguminosa seleccionada.
3. Condiciones adversas para la infección y la actividad bacteriana, como concentraciones elevadas de N, metales pesados y antagonismo microbiano nativo del suelo no se pretende aplicar.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Materiales y métodos

3.1 Ubicación y descripción del área experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la parroquia San Francisco de la ciudad del Ángel - Cantón Espejo- Provincia del Carchi; que posee las siguientes características

Características climáticas

De la estación meteorológica Carchi, se obtuvieron los siguientes datos.

Altitud:	2.850 m.s.n.m.		
Temperatura media:	12°C		
Precipitación:	800 mm		
Humedad Relativa:	70 %		
Coordenadas:	00° 37"	De latitud norte	
	77° 55"	De longitud oeste	
Precipitación media anual	902 mm/año		

Características Edáficas:

pH	5,6 Ligeramente ácido
Pendiente del terreno	4 %
Textura del suelo	Franco arcilloso
Drenaje	Bueno
Clasificación Ecológica	Bosque húmedo montano bajo (bh-M)

3.2 Material de Siembra.

Se utilizó la arveja variedad Rogger temprana de la empresa “Importadora Alaska” que se adapta a altitudes de 2400 a 3200 m.s.n.m. Recomendada para la sierra centro-norte con rendimientos promedios en vaina verde de 4500 a 5.250 kg/ha.

3.3 Factores estudiados

Los factores estudiados fueron los siguientes:

- a) Variedad de arveja Rogger temprana
- b) Dosis de inoculante (*Rhizobium tropici*)

3.4 Tratamientos.

Cuadro 1. Tratamientos estudiados en la evaluación del efecto sobre la inoculación con tres dosis de *Rhizobium tropici* en el cultivo de arveja *Pisum sativum* L. El Ángel Espejo- Carchi 2011

Tratamientos	Código	Dosis de inoculante g/kg/semilla
T1	d1	15
T2	d2	10
T3	d3	5
T4 (testigo)	d4	0

Tabla 1. Tratamientos
Elaborado por: Raúl Castro

3.5 Métodos

El tipo de investigación utilizada fue la experimental cuyo objetivo se centró en controlar el fenómeno a estudiar, empleando el razonamiento hipotético-deductivo, utilizando muestras representativas, diseño experimental como estrategia de control y una metodología cuantitativa para analizar los datos

Los métodos utilizados fueron: Teóricos Inductivo- Deductivo, análisis – síntesis; y el empírico denominado experimental.

- Los métodos teóricos que permitieron la construcción y desarrollo de la teoría científica ya que nos posibilitaron la interpretación conceptual de los datos empíricos encontrados en esta investigación.
- La inducción es un procedimiento mediante el cual a partir de hechos singulares se pasó a generalizaciones, lo que posibilitó desempeñar un papel fundamental en la formulación de las hipótesis.
- La deducción que se apoyó en las aseveraciones y generalizaciones a partir de las cuales se realizaron inferencias particulares.
- El análisis que es un procedimiento mental mediante el cual un todo complejo se descompone en sus diversas partes y cualidades.
- La síntesis sobre la base de los resultados obtenidos previamente en el análisis.
- El método experimental utilizado en la interpretación y valoración cuantitativa de las magnitudes.

3.6 Diseño experimental

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Todas las variables fueron sometidas al análisis de varianza y para determinar la diferencia estadística entre los promedios de los tratamientos, se utilizó la prueba de significación de Tukey al 5%.

3.6.1 Características del lote Experimental

Número de tratamientos	4
Número de repeticiones	4
Número de unidades experimentales	16

Distancia entre plantas	0,30 metros
Distancia entre hileras	0,60 metros
Área de la unidad experimental	16 m ² (4x4)
Área útil parcelas	104 m ²
Área total del ensayo	256 m ²

3.7 Manejo del Experimento.

3.7.1 Análisis de suelo.

Se efectuó antes de la preparación del suelo, con todos los parámetros técnicos, para obtener una muestra representativa del lote experimental a efecto de determinar el contenido nutricional del área del ensayo en el cual se establece niveles bajos de nitrógeno(29,04 ppm) y de fosforo ()24.24 ppm).

Por tal razón se incorporó antes de la siembra abonos totalmente descompuestos (cuyasa –pollasa y bovinasa)

3.7.2 Preparación del suelo

Esta labor se realizo en forma manual mediante un pase de arado y dos de rastra para pulverizar el suelo, luego se procedió a la delimitación de las parcelas experimentales según el diseño propuesto.

3.7.3 Inoculación

Se empleo los rizobios (UDZOBIO) que es un inoculante de origen biológico obtenido a partir del aislamiento de bacterias del género *Rhizobium*, importantes para la fijación de nitrógeno.

Para lograr el efecto deseado se siguieron los siguientes pasos:

- Colocamos el contenido de la bolsa de rizobios en un recipiente limpio
- Adicionamos una solución azucarada en agua al 10% (10 gr de azúcar: 100 ml de agua) en proporción 1:2 (inoculo: solución de azúcar),
- Mezclar bien,

- Agregamos el rhizobium de acuerdo a las dosis establecidas en los tratamientos del inoculante por kilogramo de semilla y mezclamos hasta que toda la semilla quede cubierta con el rhizobio.
- Dejamos secar a la sombra,
- Sembramos el mismo día de la inoculación.

3.7.4 Siembra

Una vez que realizamos la inoculación, la siembra se realizó en forma manual (mateado), depositando 4-5 semillas por sitio a distancia de 30 cm entre plantas y 60 cm entre hileras en cada unidad experimental, el sistema de siembra utilizado es el que, comúnmente han utilizado los agricultores donde se desarrolló la investigación muchos ciclos atrás y que en definitiva lo adoptamos para no sesgar los resultados.

3.7.5 Riegos

Durante toda la fase investigativa no hubo necesidad de dar riegos dados la presencia de precipitaciones en la zona.

3.7.6 Control de malezas

Se efectuó en forma manual con azadón para mantener el ensayo dentro del umbral de daño económico.

3.7.7 Controles fitosanitarios

Durante el desarrollo del cultivo se tuvo la presencia de antracnosis (*Colletotrichum pisi*) para lo cual se aplicó una pulverización de carbendazin (curativo) en dosis de 1cc/ litro de agua cada 15 días, 2 veces durante el desarrollo del cultivo, y para alternaría (*Alternaria sp.*) utilizamos clorotalonil (protectante) 1cc/litro de agua cada quince días dos aplicaciones durante el ciclo de cultivo.

3.7.8 Cosecha

Se realizó en forma manual y, cuando los granos alcanzaron su madurez fisiológica, esto ocurrió a los 90 días después de la siembra aproximadamente.

3.8 Variables evaluadas.

Para determinar el efecto de los tratamientos se tomaron los siguientes datos:

3.8.1 Altura de la planta.

La altura de planta se realizo a los 30, 45 y 60 días después de la siembra, se tomo en 10 plantas al azar del área útil de cada parcela experimental, tomando en cuenta el efecto borde, se considerando la altura entre la parte basal y el ápice de la hoja terminal el resultado se registró en centímetros se utilizo un flexómetro.

3.8.2 Número de vainas por planta

Esta variable se evaluó a la cosecha, en las plantas seleccionadas para la toma de datos de cada parcela experimental, contabilizando el número total de vainas por planta

3.8.3 Número de granos por vaina

En las mismas plantas seleccionadas en la variable anterior, se tomaron 10 vainas al azar y se contabilizó el número de granos por vaina.

3.8.4 Peso de 100 granos en verde

Se pesaron 100 granos de vainas obtenidas al momento de la cosecha de las plantas seleccionadas para el muestreo dentro del área útil de cada tratamiento, para lo cual se utilizo una balanza y el resultado lo expresamos en gramos.

3.8.5 Longitud de vaina

Esta variable se cuantifico en las mismas plantas seleccionadas para la toma de datos, se efectuó a la cosecha y se midió longitudinalmente las vainas con ayuda de un flexómetro, el resultado se expresó en centímetros.

3.8.6 Rendimiento

Esta variable se obtuvo cosechando el área útil de cada parcela experimental se peso y el resultado se expresó en kg/ha.

3.8.7 Análisis económico

Para el análisis económico se consideró el costo de producción del cultivo por hectárea, el rendimiento total por tratamiento proyectado a hectárea y el precio por kilogramo en el mercado.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Altura de la planta.

Los valores promedios de altura de planta a los 30, 45 y 60 días después de la siembra se muestran en el cuadro número 2. El análisis de varianza no reporto significancia estadística en la evaluación a los 30, 45 y 60 días. Los coeficientes de variación fueron: 10; 13 y 9% respectivamente.

Cuadro2. Valores Promedios de altura de planta en (Cm), en el estudio sobre el efecto de la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), variedad

Rogger temprana, El Ángel -Carchi 2011

Tratamientos	Dosis Inoculante gramos/Kg/semilla	Altura de planta (cm)			Promedio
		30 dds	45 dds	60 dds	
T1	15	15,43	27,77	39,79	27,66
T2	10	14,14	26,68	41,79	27,53
T3	5	14,76	28,87	39,27	27,63
T4 (Testigo)	0	13,94	28,94	42,67	28,51
Promedio:		14,6	28,1	40,9	
C.V. (%)		10	13	9	
Significancia estadística		ns	ns	ns	

CV= Coeficiente de variación; ns= no significativo; dds=días después de la siembra

Tabla 2. Variable altura de planta a los 30-45-60 días.

Elaborado por: Raúl Castro

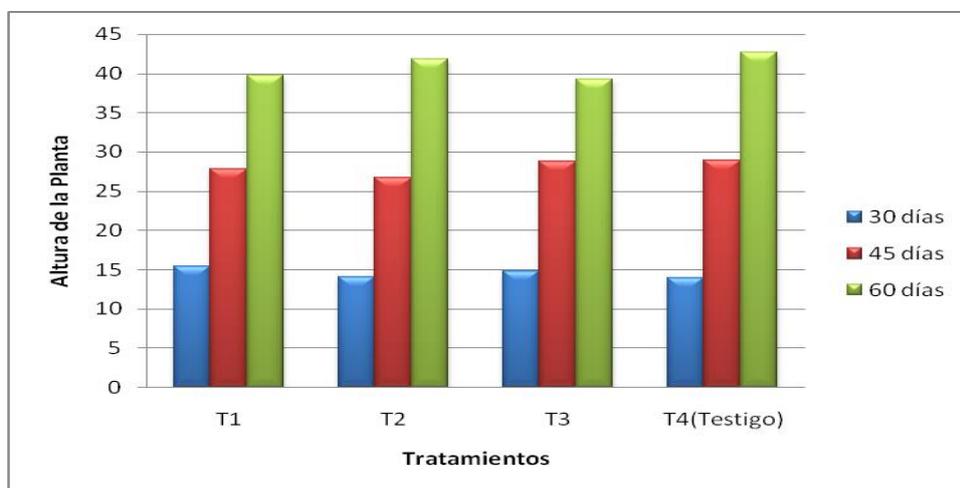


Grafico 1. Variable altura de planta a los 30-45-60 días.

Elaborado por: Raúl Castro

4.2 Numero de vainas por planta a la cosecha

Los valores promedios de número de vainas por planta a la cosecha se indican en el cuadro N° 3, efectuado el análisis estadístico se determina que no existen diferencias significativas entre tratamientos, es decir aceptamos a hipótesis

Cuadro 3. Valores Promedios de número de vainas por planta a la cosecha, en el estudio sobre el efecto de la inoculación con tres dosis de rizobios en el cultivo de arveja *Pisum sativum* L.variedad Rogger temprana. El Ángel – Carchi 2011

Tratamientos		
Nro	Dosis Inoculante gramos/Kg/semilla	Número de vainas por planta a la cosecha
T1	15	23,98
T2	10	23,98
T3	5	23,45
T4 (Testigo)	0	25,40
Promedio:		24,2
C.V. (%)		13
Significancia estadística		Ns

nula. CV= Coeficiente de variación; ns= no significativo

Tabla 3. Variable Numero de vainas por planta a la cosecha

Elaborado por: Raúl Castro

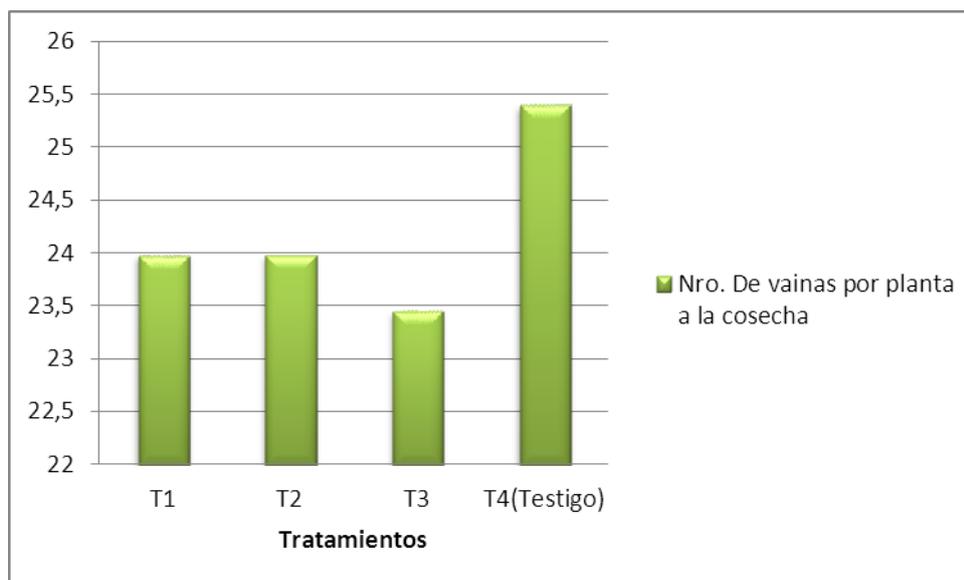


Gráfico 2. Variable número de vainas/planta a la cosecha

Elaborado por: Raúl Castro

4.3 Número de granos por vaina a la cosecha

Los valores promedios de número de granos por vaina a la cosecha se presentan en el cuadro N° 4, efectuado el análisis de varianza se determina que no existen diferencias significativas entre tratamientos el coeficiente de variación fue del 6%.

Rogger temprana , El Ángel -Carchi 2011

Tratamientos		
Nro	Dosis Inoculante gramos/Kg/semilla	Número de granos por vaina a la cosecha
T1	15	6,60
T2	10	6,60
T3	5	6,65
T4 (Testigo)	0	6,80
Promedio:		6,7
C.V. (%)		6
Significancia estadística		Ns

CV= Coeficiente de variación; ns= no significativo

Tabla 4. Variable número de granos /vaina a la cosecha

Elaborado por: Raúl Castro

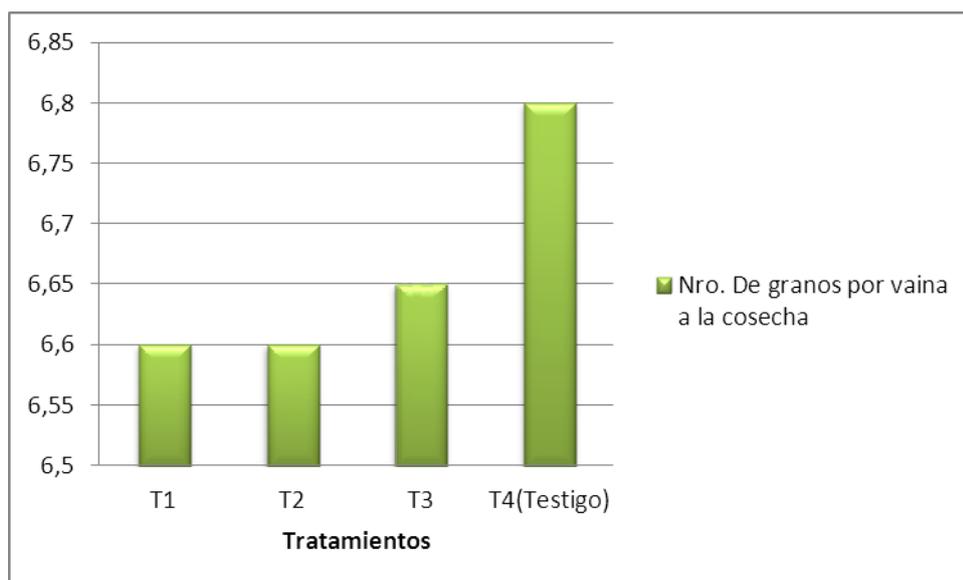


Gráfico 3. Variable número de granos /vaina a la cosecha

Elaborado por: Raúl Castro

4.4 Peso de 100 granos

Los valores promedios de peso de 100 granos en verde se pone a consideración en el cuadro N° 5, realizado el análisis estadístico se pudo determinar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, el coeficiente de variación fue del 12 %.

Cuadro 5. Valores Promedios de peso de 100 granos, en el estudio sobre el efecto de la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), variedad rogger temprana, El Ángel -Carchi 2011

Tratamientos		
Nro	Dosis Inoculante gramos/Kg/semilla	Peso de 100 granos (g)
T1	15	56,25
T2	10	50,00
T3	5	50,00
T4 (Testigo)	0	50,00
Promedio:		51,6
C.V. (%)		12
Significancia estadística		Ns

CV= Coeficiente de variación; ns= no significativo

Tabla 5. Variable peso de 100 granos a la cosecha (g)

Elaborado por: Raúl Castro

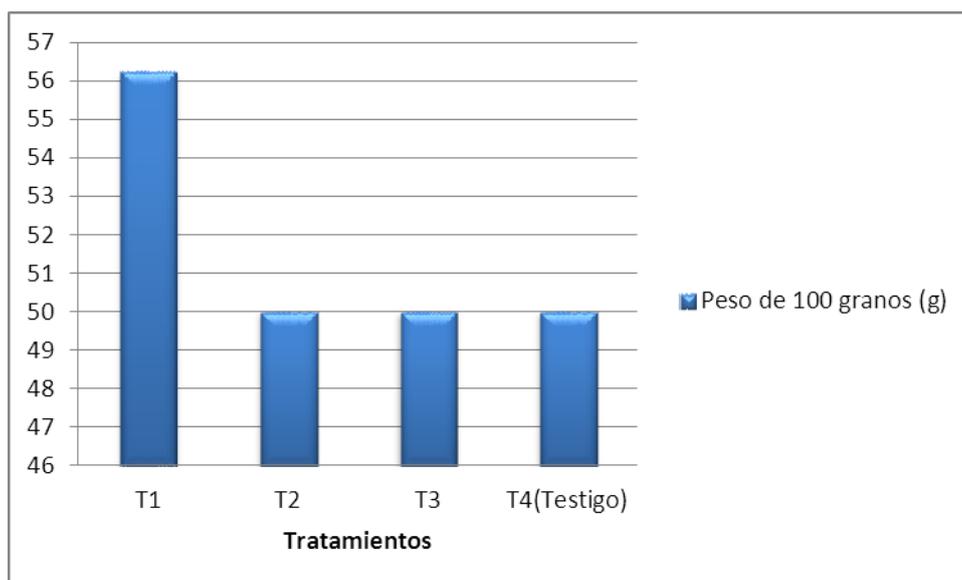


Gráfico 4. Variable peso de 100 granos a la cosecha (g)

Elaborado por: Raúl Castro

4.5 Longitud de vaina

Los valores correspondientes a promedios de la variable longitud de vaina en verde se presentan en el cuadro N°6. El análisis estadístico correspondiente determinó que no existen diferencias significativas entre tratamientos, el coeficiente de variación fue del 3 %.

Cuadro 6. Valores Promedios de longitud de vaina , en el estudio sobre el efecto de la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), variedad rogger temprana , El Ángel -Carchi 2011

Tratamientos		
Nro	Dosis Inoculante gramos/Kg/semilla	Longitud de vaina (cm)
T1	15	7,84
T2	10	7,98
T3	5	7,80
T4 (Testigo)	0	7,93
Promedio:		7,9
C.V. (%)		3
Significancia estadística		ns

CV= Coeficiente de variación; ns= no significativo

Tabla 6. Variable longitud de vaina a la cosecha (cm)

Elaborado por: Raúl Castro

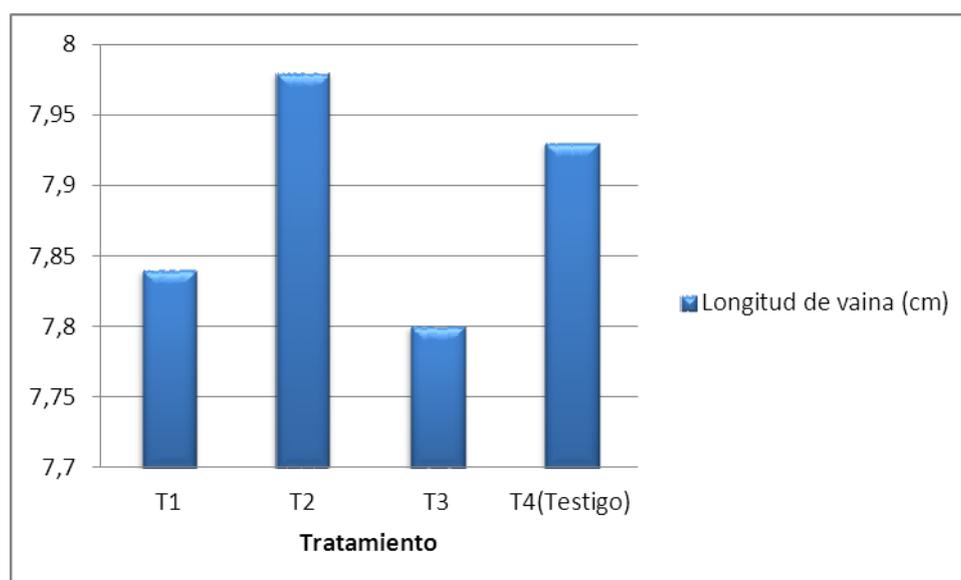


Gráfico 5. Variable longitud de vaina a la cosecha (cm)

Elaborado por: Raúl Castro

4.6 Rendimiento

Los promedios de rendimiento Kg/ha se presentan en el cuadro N° 7. Efectuado el análisis estadístico se determina que no existen diferencias significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación del 10 %, aunque matemáticamente el tratamiento tres (5 gramos de inoculante por kilogramo de semilla), presenta el promedio mas alto.

Cuadro 7. Valores Promedios de rendimiento Kg/ha, en el estudio sobre el efecto a la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), variedad rogger temprana, El Ángel -Carchi 2011

Tratamientos		
Nro	Dosis Inoculante gramos/Kg/semilla	Rendimiento Kg/ha
T1	15	4656,30
T2	10	4756,30
T3	5	5181,30
T4 (Testigo)	0	4887,50
Promedio:		4870,35
C.V. (%)		10
Significancia estadística		ns

Tabla 7. Variable rendimiento Kg/ha

Elaborado por: Raúl Castro

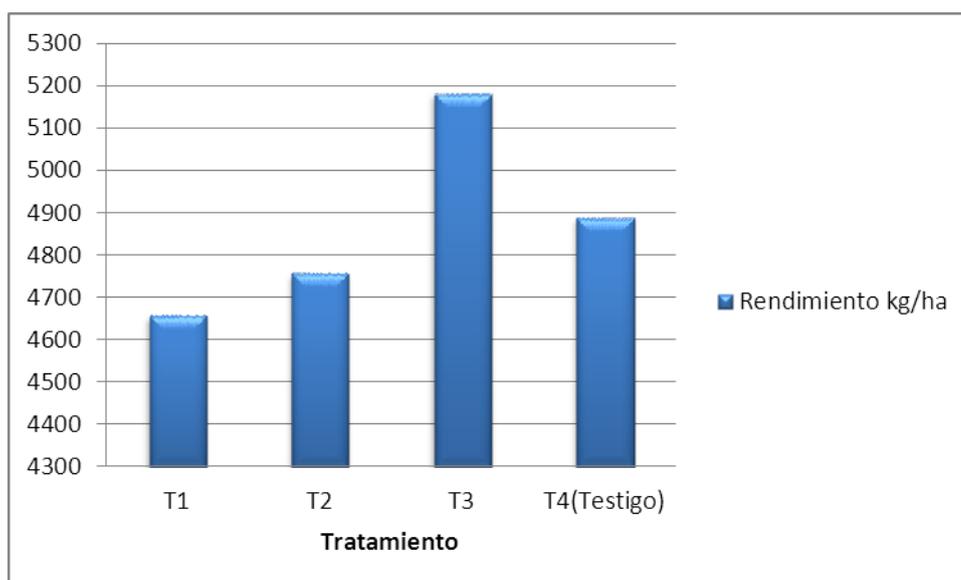


Gráfico 6. Variable rendimiento Kg/ha

Elaborado por: Raúl Castro

4.7 Análisis Económico

En el cuadro 8 se presentan el análisis económico, según los resultados obtenidos el tratamiento número tres (5 gramos de inoculante por kilogramo de semilla), con un 83,3 % de utilidad correspondiente a 1413,5 USD. de ganancia neta obtuvo los valores mas altos.

Cuadro 8. Análisis económico en el estudio sobre el efecto a la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja (*pisum sativum*), variedad rogger temprana, El Ángel – Carchi 2011.

Tratamientos	Rendimiento Kilogramos / ha	Ingreso por Venta de arveja Usd/ha	Costo tratamiento USD/ha	Utilidad económica USD	% de utilidad
T1	4656,30	2793,08	1718,8	1074.3	62.5
T2	4756,30	2853,8	1710,9	1142.9	66.8
T3	5181,30	3108,8	1695.3	1413.5	83.3
T4	4887,50	2932,5	1679,7	1252.8	74.5

Tabla 8. Análisis Económico
Elaborado por: Raúl Castro

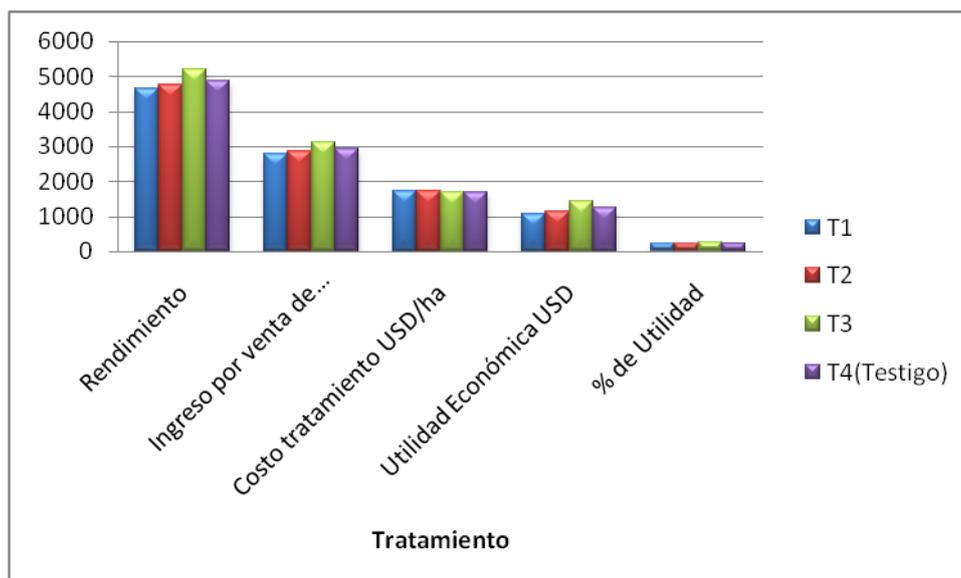


Gráfico 7. Análisis Económico
Elaborado por: Raúl Castro

DISCUSION

En la presente investigación se estudio la respuesta a la inoculación con tres dosis de Rhizobios (*Rhizobium tropici*), en el cultivo de arveja "*Pisum sativum* L" variedad rogger temprana.

Los resultados determinaron que de acuerdo a las variables evaluadas no se logro diferencias en: altura de planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos, longitud de vaina y rendimiento; lo cual se deba seguramente a que la leguminosa sembrada requiera de la inoculación con *Rhizobium* específico y eficiente, que permita lograr incrementos significativos en sus rendimientos como lo menciona Brockwell and Bottomley (1995).

Los valores obtenidos en rendimiento Kg/ ha de acuerdo a su categorización se pudo determinar que el tratamiento tres (5 gramos inoculante / kg / semilla) obtuvo el promedio mas alto si bien estadísticamente no existe diferencias significativas con los restantes tratamientos matemáticamente tiene un comportamiento mejor.

El análisis económico del rendimiento Kg/ha en función a la venta y costos de producción de cada tratamiento, determina que el tratamiento tres (5 gramos inoculante / kg / semilla), alcanzo el mayor rendimiento con una relación costo beneficio superior a los restantes tratamientos.

PRUEBA DE HIPÓTESIS

Relación dosis versus altura de planta a los 30,45 y 60 días.

En el cuadro 9 se presentan los resultados de la prueba de hipótesis dosis versus altura de planta a los 30, 45 y 60 días después de la siembra, en donde se establece que no existe significancia estadística para la correlación descrita anteriormente es decir la dosis de inoculante no ejerce ninguna influencia versus la altura de planta con coeficientes de correlación de 0,4 – 0,47 - 0,02 respectivamente y con coeficientes de determinación de 16 – 22 - 0,04 (%), aceptando consecuentemente la hipótesis nula.

Cuadro 9. Correlación entre dosis y altura de planta a los 30-45 y 60 días en el estudio sobre el efecto de la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja, (*Pisum sativum*) variedad rogger temprana , El Ángel –Carchi 2011

Tratamientos	Dosis Inoculante gramos/Kg/semilla	Altura de planta (cm)			Promedio
		30 dds	45 dds	60 dds	
T1	15	15,43	27,77	39,79	27,66
T2	10	14,14	26,68	41,79	27,53
T3	5	14,76	28,87	39,27	27,63
T4 (Testigo)	0	13,94	28,94	42,67	28,51
R		0,73	0,47	0,02	
CD (%)		53	22	0,04	
Significancia estadística		ns	ns	ns	

R= Correlación

CD= Coeficiente de determinación

ns= no significativo

dds= días después de la siembra

Tabla 9. Relación dosis versus altura de planta a los 30,45 y 60 días.

Elaborado por: Raúl Castro

Relación dosis versus numero de vainas.

En el cuadro 10 se presentan los resultados de la prueba de hipótesis dosis versus número de vainas, en donde se detecta que las dosis del inoculante no ejerció ninguna incidencia en esta correlación, el valor calculado fue de 0,51 con un coeficiente de determinación de 26%, aceptando la hipótesis nula.

Cuadro 10.Correlación entre dosis versus número de vainas en el estudio sobre el efecto de la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja, (*Pisum sativum*)variedad rogger temprana , El Ángel –Carchi 2011

Tratamientos		
Nro	Dosis Inoculante gramos/Kg/semilla	Número de vainas por planta a la cosecha
T1	15	23,98
T2	10	23,98
T3	5	23,45
T4 (Testigo)	0	25,40
R		0,51
CD (%)		26
Significancia estadística		ns

R= Correlación

CD= Coeficiente de determinación

ns= no significativo

Tabla 10. Relación dosis versus numero de vainas.

Elaborado por: Raúl Castro

Relación dosis versus numero de granos /vaina.

El cuadro 11 reporta que no existe ninguna significancia estadística en la prueba de hipótesis entre dosis y numero de granos/vaina, es decir que no existe relación alguna, el coeficiente de correlación fue de 0,01 y el de determinación de 0,01%, y aceptando la hipótesis nula consecuentemente.

Cuadro 11. Correlación entre dosis versus número de granos/vaina en el estudio sobre el efecto de la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja, (*Pisum sativum*) variedad rogger temprana , El Ángel –Carchi 2011

Tratamientos		
Nro	Dosis Inoculante gramos/Kg/semilla	Número de granos por vaina a la cosecha
T1	15	6,60
T2	10	6,60
T3	5	6,65
T4 (Testigo)	0	6,80
R		0,01
CD (%)		0,01
Significancia estadística		ns

R= Correlación

CD= Coeficiente de determinación

ns= no significativo

Tabla 11. Relación dosis versus numero de granos /vaina.

Elaborado por: Raúl Castro

Relación dosis versus peso de 100 granos

El cuadro 12 se aprecia los resultados obtenidos para la prueba de hipótesis entre dosis y peso de cien granos, no se detectó ninguna significancia estadística en la correlación correspondiente, es decir la dosis del inoculante no tiene ninguna relación con respecto al peso de cien granos, consecuentemente rechazamos la hipótesis alternativa.

Cuadro 12. Correlación entre dosis versus peso de cien granos en el estudio sobre el efecto de la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja, (*Pisum sativum*) variedad rogger temprana, El Ángel –Carchi 2011

Tratamientos		
Nro	Dosis Inoculante gramos/Kg/semilla	Peso de 100 granos (gr)
T1	15	56,25
T2	10	50,00
T3	5	50,00
T4 (Testigo)	0	50,00
R		0,75
CD (%)		56
Significancia estadística		Ns

R= Correlación

CD= Coeficiente de determinación

ns= no significativo

Tabla 12. Relación dosis versus peso de 100 granos

Elaborado por: Raúl Castro

Relación dosis versus longitud de vaina.

El cuadro 13 se presentan los resultados para la correlación dosis de inoculante versus longitud de vaina el cual establece que no existe significancia estadística, en consecuencia las dosis del inoculante no tiene relación alguna con la longitud de vaina. La correlación obtuvo un valor de 0,02 con un coeficiente de determinación de 0,04%, rechazando la hipótesis alternativa.

Cuadro 13. Correlación entre dosis versus longitud de vaina en el estudio sobre el efecto de la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja, (*Pisum sativum*) variedad rogger temprana, El Ángel -Carchi 2011

Nro	Dosis Inoculante gramos/Kg/semilla	Longitud de vainas (cm)
T1	15	7,84
T2	10	7,98
T3	5	7,80
T4 (Testigo)	0	7,93
R		0,02
CD (%)		0,04
Significancia estadística		ns

R= Correlación

CD= Coeficiente de determinación

ns= no significativo

Tabla 13. Relación dosis versus longitud de vaina.

Elaborado por: Raúl Castro

Relación dosis versus rendimiento.

El cuadro 14 reporta que no existe ninguna significancia estadística en la prueba de hipótesis entre dosis y rendimiento, es decir que no existe relación alguna, el coeficiente de correlación fue de 0,63 y el de determinación de 39%, consecuencia de lo anterior aceptamos la hipótesis nula.

Cuadro 14. Correlación entre dosis versus rendimiento en el estudio sobre el efecto de la inoculación de 4 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja, (*Pisum sativum*) variedad rogger temprana, El Ángel -Carchi 2011

Tratamientos		
Nro	Dosis Inoculante gramos/Kg/semilla	Rendimiento Kg/ha
T1	15	4656,30
T2	10	4756,30
T3	5	5181,30
T4 (Testigo)	0	4887,50
R		0,63
CD(%)		39
Significancia estadística		ns

R= Correlación

CD= Coeficiente de determinación

ns= no significativo

Tabla 14. Relación dosis versus rendimiento.

Elaborado por: Raúl Castro

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis e interpretación de los resultados experimentales, nos conducen a las siguientes conclusiones:

1. Al valorar el comportamiento agronómico en el cultivo de la arveja el rendimiento del tratamiento tres (5 gramos inoculante / kg / semilla) obtuvo el promedio más alto, aunque no difirió significativamente versus los otros tratamientos en los parámetros de: altura de planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos y longitud de vaina
2. Con el tratamiento tres (5 gramos inoculante / kg / semilla) se obtuvo mayor utilidad económica de 252,5 % superior a los restantes tratamientos, manteniéndose dentro del umbral económico.

Analizadas las conclusiones se recomienda:

1. La inoculación con *Rhizobium* específico y eficiente, que permita lograr incrementos significativos en rendimiento.
2. Realizar investigaciones posteriores bajo otros parámetros como: sistemas de siembra, diferentes variedades de arveja e incrementar las dosis de inoculante, asumiendo que una mayor cobertura vegetal incrementaría el número de bacterias /gramo de inoculante con ello aumentarían los rendimientos y consecuentemente disminuyendo la utilización de fertilizante nitrogenado.

Al inocular en otras variedades de arveja las mismas que tendrían diferente masa radicular y con ello el comportamiento de los rhizobios sería diferente.

BIBLIOGRAFIA

BERNAL G. y ESTEVEZ C. 1994. Evaluación de inoculantes importados de soya utilizando el medio BJSM (*Bradyrhizobium japonicen* selective médium) Revista INIAP 1994.

BROCKWELL AND BOTTOMLEY 1995 Aplicaciones Biotecnológicas en Ecología Microbiana. Cundinamarca , CO. Pontificia Universidad Javeriana-Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste p. 1-3.

BERNAL G., SUAREZ A., JEREZ M. Y CAMPAÑA D. 2002. Inoculación de la Semillas de leguminosas con la bacteria *Rhizobium*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Plegable No 195.

ESTEVEZ C. AND CONSTANTE D. 1993 Study of Ecuadorian peat for Inoculants carriers, and inoculants response in alfalfa, Symbiotic Nitrogen Fixation ,University of Minnesota, July 25-29, 1993.

GRAHAM P.H 1.998 Biological Dinitrogen Fixation: In: Principales and Aplications of Soil Microbiology. Edited by Sylvia et.al. New Jersey. USA.

GRAHAM P.H 2004 Web site: www.rhizobium.umm.edu.

INIAP 1998. Informe Anual del Departamento de Suelos y Aguas pp.60-65 Evaluación de cepas de "*Rhizobium lupini*" en el cultivo de chocho.

INEC (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CESOS EC). 2001 III

Censo Nacional Agropecuario. Resultados Nacionales y Provinciales. Quito-Ecuador.

PERALTA E., MURILLO A., CAICEDO C., PINZON J., Y RIVERA M.1998 Manual Agrícola de Leguminosas, Cultivos y Costos de Producción, INIAP, PROFIZA, CRSP-U. Minnesota-COSUDE, Quito-Ecuador, 43p.

PRONALEG (PROGRAMA NACIONAL DE LEGUMINOSAS Y GRANOS ANDINOS) . 2001 Informe de Investigación: Estudio de la Producción , pos cosecha, mercadeo, y consumo de frejol arbustivos en el Valle del Chota, Ecuador. Quito. Ecuador, 79 p.

VICENT J. M. 1975 Manual Practico de Rhizobiología. Centro Regional de Ayuda Técnica. Buenos Aires (Arg.) Editorial Hemisferio Sur.200p.

ANEXOS

Cuadro 15.

Cuadrados medios y su significancia estadística para la variable altura de planta (cm) a los 30-45 y 60 días después de la siembra en el estudio sobre el efecto a la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), variedad roger temprana, El Ángel- Carchi 2011.

F.V	G.L	ALTURA DE PLANTA (cm)			Valor Tukey
		30 dds	45 dds	60 dds	5%
Total	15				
Bloques	3	4,79 ns	25,25 ns	49,52 *	
Tratamientos	3	1,80 ns	4,56 ns	10,43 ns	4,42
Error	9	2,06	13,34	12,23	

ns = No significativo

dds = días después de la siembra

* = Significativo al 5 %

Tabla 15. Cuadros medios para la variable Altura de la planta

Elaborado por: Raúl Castro

Cuadro 16.

Cuadros medios y su significancia estadística para la variable número de vainas por planta a la cosecha en el estudio sobre el efecto a la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), variedad rogger temprana, El Ángel- Carchi 2011.

F. V.	G.L	Número de vainas por planta		Valor Tukey
				5%
Total	15			
Bloques	3	35,68	ns	
Tratamientos	3	2,80	ns	4,42
Error	9	9,52		

ns = No significativo

Tabla 16. Cuadros medios para la variable Número de vainas por planta
Elaborado por: Raúl Castro

Cuadro 17.

Cuadros medios y su significancia estadística para la variable número de granos por vaina en el estudio sobre el efecto a la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), variedad rogger temprana, El Ángel- Carchi 2011.

F. V.	G.L	Número de granos por vaina		Valor Tukey
				5%
Total	15			
Bloques	3	0,27	ns	
Tratamientos	3	0,04	ns	4,42
Error	9	0,19		

ns = No significativo

Tabla 17. Cuadros medios para la variable Número de granos por vaina.
Elaborado por: Raúl Castro

Cuadro 18.

Cuadrados medios y su significancia estadística para la variable peso de 100 granos (g) en el estudio sobre el efecto a la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), variedad rogger temprana, El Ángel-Carchi 2011.

F. V.	G.L	Peso de 100 granos (g)		Valor Tukey
				5%
Total	15			
Bloques	3	39,06	ns	
Tratamientos	3	39,06	ns	4,42
Error	9	39,06		

ns = No significativo

Tabla 18. Cuadros medios para la variable Peso de 100 granos (g)
Elaborado por: Raúl Castro

Cuadro 19.

Cuadros medios y su significancia estadística para la variable longitud de vaina (cm) en el estudio sobre el efecto a la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), variedad rogger temprana, El Ángel- Carchi 2011.

F. V.	G.L	Longitud de vaina (cm)		Valor Tukey
				5%
Total	15			
Bloques	3	0,20	ns	
Tratamientos	3	0,03	ns	4,42
Error	9	0,06		

ns = No significativo

Tabla 19. Cuadros medios para la variable Longitud de vaina (cm).
Elaborado por: Raúl Castro

Cuadro 20.

Cuadros medios y su significancia estadística para la variable rendimiento Kg/ parcela en el estudio sobre el efecto a la inoculación con 3 dosis de Rhizobios en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), variedad rogger temprana, El Ángel- Carchi 2011.

F. V.	G.L	Rendimiento Kg/parcela		Valor Tukey
				5%
Total	15			
Bloques	3	2,20	ns	
Tratamientos	3	0,53	ns	4,42
Error	9	0,62		

ns = No significativo

Tabla 20. Cuadros medios para la variable Rendimiento Kg/parcela.
Elaborado por: Raúl Castro

Disposición de los tratamientos en campo en el estudio sobre el efecto a la inoculación con 3 dosis de rhizobios en el cultivo de arveja *pisum sativum*, variedad rogger temprana, el ángel- carchi 2011.

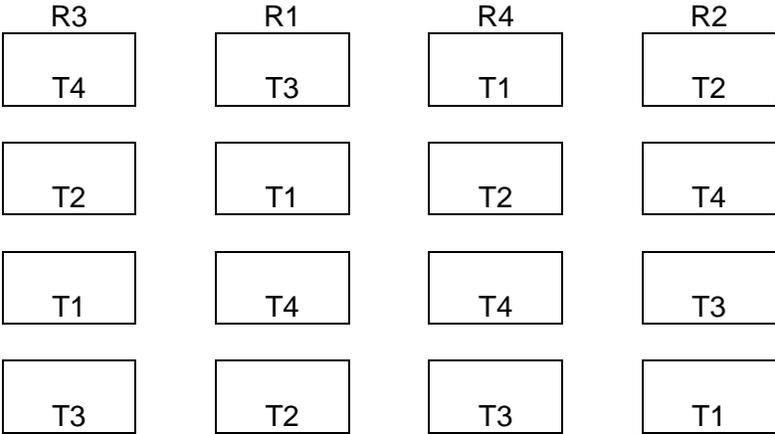
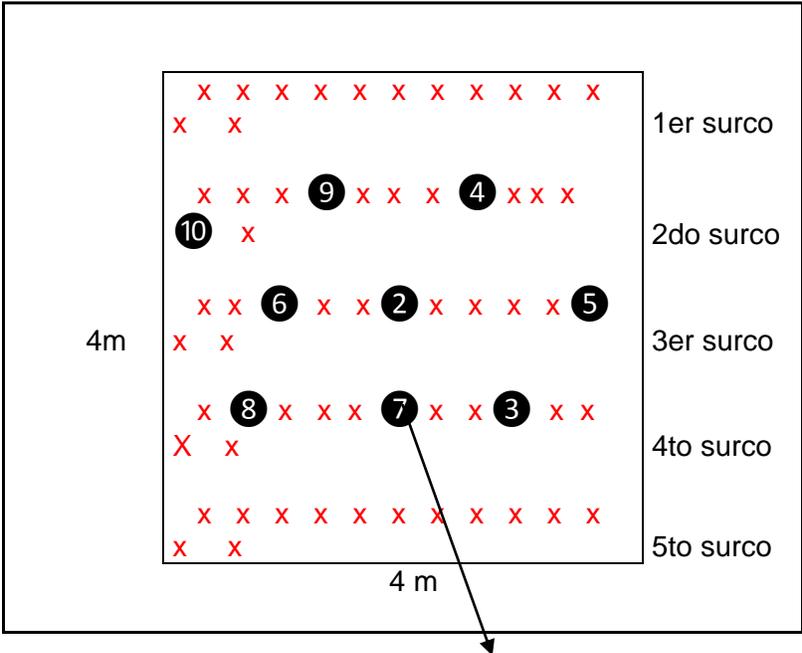


Gráfico 8. Disposición de los tratamientos.
Elaborado por: Raúl Castro

Unidad experimental extrapolada 5 surcos/13 sitios



Plantas seleccionadas para tomar los datos

Gráfico 9. Unidad experimental extrapolada
Elaborado por: Raúl Castro

Relacion dosis versus altura de planta a los 30 días.

Fórmula utilizada para obtener el coeficiente de correlación.

$$r = \frac{\sum XY - (\sum X)(\sum Y)/n}{\sqrt{[\sum X^2 - (\sum X)^2/n][\sum Y^2 - (\sum Y)^2/n]}}$$

(X)	(Y)
Dosis	Vs. Altura de planta a los 30 días
15	15,43
10	14,14
5	14,76
0	13,94
Σ= 30	Σ= 58,27

$$SC(X) = \sum_{i=1}^4 X_i^2 - (\sum_{i=1}^4 X_i)^2/n$$

$$SC(X)^2 = 15^2 + \dots + 0^2 - (30)^2 / 4$$

$$SC(X)^2 = 350 - 225 = 125$$

$$SC(Y)^2 = 15,43^2 + \dots + 13,94^2 - (58,27)^2 / 4$$

$$SC(Y)^2 = 850,2 - 848,8 = 1,4$$

$$SC(XY) = \sum_{i=1}^4 XY - \left(\sum_{i=1}^4 X\right)\left(\sum_{i=1}^4 Y\right) / 4$$

$$SC(XY) = (15 * 15,43) + \dots + (0 * 13,94) - (30)(58,27) / 4$$

$$SC(XY) = 446,7 - 437,02 = 9,7$$

$$9,7$$

$$r = \frac{9,7}{\sqrt{(125)(1,4)}} = 0.73$$

$$\sqrt{(125)(1,4)}$$

En nuestro ejemplo los valores tabulares para $4-2=2$ grados de libertad, a niveles del 5 y del 1% son, 0.950 y 0.990, respectivamente; por cuanto el valor calculado en nuestro ejemplo, es de 0.73, aceptamos la hipótesis nula de que no existe relación entre las variables.

El coeficiente de determinación viene dado por:

$$r^2(100) = (0,73)^2 \times 100 = 53\%$$

COSTOS DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE ARVEJA

ÁREA : 64m2 (TRATAMIENTO 3) = 10.85 USD

ÁREA : 10000 m2 (1 Ha) =

1695.3 USD

CONCEPTO	MANO DE OBRA			INSUMOS Y MATERIALES					EQUIPO Y MAQUINARIA				TOTAL USD
	Jornal	costo	subt	nombre	cantidad	unidad	costo	subt	nombre	cnt	costo	subt	
Análisis de suelo		2,5											2,5
Surcado	1	1	1										1
Fertilización de fondo	1	1	1	abonos	300	libras	0,01	3					1
Inoculación	1	0.25	0.25	rhizobios	3	gramos	0.1	0.3					0.5
Siembra	1	1	1	arveja	2	libras	0,5	1	pala	1	depreciar	0,5	0,6
Riego	1	2	2						bomba	1	depreciar	0,5	0,6
Deshierbe manual	1	2	2						pala	1	depreciar	0,5	0,6
Control fitosanitario	1	1	1		100	cc	0,05	2	bomba	1	depreciar	0,5	0.4
Riego	1	2	2						bomba	1	depreciar	0,5	0,6
Control fitosanitario	1	1	1		100	cc	0,05	2	bomba	1	depreciar	0,5	0.4
Deshierbe manual	1	2	2						pala	1	depreciar	0,5	0,6
Alzado de guachos	1	2	2						pala	1	depreciar	0,5	0,6
Cosecha	1	2	2										0,5
Renta del terreno													2,25
													10.85

Tabla 21. Costos de producción del cultivo de arveja.
Elaborado por: Raúl Castro

LABONORT

LABORATORIOS DEL NORTE

Av. Cristobal de Troya y Aurelio Mosquera Ibarra - Ecuador Telefax. 2605177 cel. 099591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD				
Nombre: RAUL CASTRO					Provincia: Carchi				
Ciudad: El Angel					Cantón: Espejo				
Teléfono: 094502171					Parroquia: San Francisco				
Fax:					Sitio: Cuarantun				
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO				
Sitio: Cuarantun					Nro Reporte.: 2559				
Superficie:					Tipo de Análisis: Completo + T				
Número de Campo: M1					Muestra: Suelo M1				
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2011-02-18				
A Cultivar:					Fecha de Reporte: 2011-02-25				
Nutriente			Valor		Unidad		INTERPRETACION		
N			29.04		ppm				
P			24.24		ppm				
S			11.62		ppm				
K			0.26		meq/100 ml				
Ca			14.99		meq/100 ml				
Mg			5.4		meq/100 ml				
Zn			7.66		ppm				
Cu			6.34		ppm				
Fe			69.78		ppm				
Mn			13.98		ppm				
B			0.57		ppm				
pH			5.63						
Acidez Int. (Al+H)					meq/100 ml				
Al					meq/100 ml				
Na			0.047		meq/100 ml				
Ce			0.595		mS/cm				
MO			2.62		%				
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)	Clase Textural			
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Areca	Limo	Arcilla	
2.76	6.33	23.76	21.29			46.40	46.00	7.60	FRANCO
Dr. Quim. Edison M. Miro M.									
Responsable Laboratorio:									

Gráfico 10. Análisis de Suelos

Elaborado por: Labonort.



Figura 1. Preparación de suelo



Figura 2. Surcado



Figura 3. Surcado



Figura 4. Siembra de Arveja



Figura 5. Brotación



Figura 6 Plantas para muestreo



Figura 7. Desarrollo del cultivo



Figura 8. Desarrollo del cultivo



Figura 9. Engrose del cultivo



Figura 10. Control fitosanitario