

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA



Influencia de la inoculación con *Sinorhizobium meliloti* (Rhizobiaceae) y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de la “alfalfa” *Medicago sativa* L, (Fabaceae) en las parcelas del Seminario Mayor San Carlos San Marcelo, Moche-Trujillo: Perú

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AGRÓNOMA

LUISA GUEVARA ZAGACETA

TRUJILLO, PERÚ

2020

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente jurado:

Dr. Martin Delgado Junchaya
PRESIDENTE

M.Sc. Sergio Adrián Valdivia Vega.
SECRETARIO

Ing. Dr. Juan Carlos Cabrera La Rosa
VOCAL

Dr. Jorge Pinna Cabrejos
ASESOR

DEDICATORIA

Esta tesis lo dedico a mis padres:

Rosalio Guevara y Marcelina Zagaceta, y mis queridos hermanos: Marleni, Adolfo, María y Laura; quienes con su apoyo incondicional y su confianza en mi persona apostaron por mi formación y profesionalismo.

*A mis queridas sobrinas **Iris del Pilar, Ariana Valeria, Fátima Belén, Sofía, Miluzka y Luana** quienes son mi inspiración para luchar por una agricultura sostenible y sustentable Por su bienestar y futuro.*

*A **mi Dios** por darme la perseverancia, la lucha constante, por ser guía y compañía durante todos los días de mi vida.
A mis amigos y maestros quienes confiaron en mí, para lograr obtener con satisfacción los éxitos, metas y propósitos.*

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la esperanza, la capacidad y la fortaleza para alcanzar mis metas trazadas.

Mi sincero agradecimiento a mi hermano Rev. Padre Adolfo Guevara Zagaceta, por ser el apoyo incondicional durante todos los años de estudios universitarios en la UPAO y a toda mi familia Guevara Zagaceta por formarme íntegramente y por su apoyo incansable desde sus diversas perspectivas y formas de vida.

Un infinito agradecimiento a Judith Visconde Morales y toda la familia Vizconde, por acogerme en su hogar y hacerme sentir parte de su familia.

A la mayor parte de los docentes de la Universidad Privada quienes se desprenden de sus conocimientos para prever a sus estudiantes lo mejor y formarles íntegramente en conocimientos, actitudes y con la capacidad de discernimiento e inclusión en una nueva vida profesional.

Al Dr. Jorge Pinna Cabrejos quien aceptó ser mi asesor y por su dedicación en todo el trabajo de investigación quien me brindó todas las facilidades y enseñanzas, gracias Dr. Por ser ejemplo a seguir, y por sus palabras que son aliento y perseverancia para lograr las metas trazadas.

ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA.....	i
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	13
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	14
2.1 Antecedentes	14
2.2 Origen y distribución de la alfalfa	15
2.3 Importancia.....	15
2.4 Clasificación taxonómica.....	16
2.5 Características del cultivar	16
Descripción organográfica	16
2.6. Cultivares de alfalfa.....	17
2.7 Aspectos agronómicos del cultivo de alfalfa	21
2.7.1 Densidad de siembra.....	21
2.7.2 Suelo y clima.....	22
2.7.3 Agua	23
2.7.4 Características del cultivo	24
2.7.5 Fertilidad de los suelos	25
2.8 Fijación biológica del Nitrógeno	27
2.8.1 Fijación del nitrógeno global	27
2.8.2. Organismos fijadores de nitrógeno.....	28
2.9 Bacterias de vida libre.....	28

2.10	Asociaciones simbióticas	29
2.11	Inoculación de semillas.....	30
2.12	Inoculantes	32
2.13	Inoculantes rizobianos.....	33
2.13.1	Calidad en inoculantes rizobianos	34
2.14	Ventajas de la fertilización con rizobios	34
2.15	Nodulación.....	35
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1	Lugar de ejecución	37
3.2	Datos meteorológicos	37
3.3	Materiales	38
3.4	Metodología.....	39
3.4.1	Diseño Experimental	39
3.4.2	Características generales.....	39
3.4.3	Características del campo experimental.....	39
3.4.4	Acciones previas al experimento	41
3.4.5	Evaluaciones registradas	41
3.4.6.	Análisis de suelo.....	42
3.4.7	Análisis textural y capacidad total de cambio	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1	Altura de planta una semana después del corte	44
4.2	Altura de planta dos semanas después del corte	45
4.3	Altura de planta tres semanas después del corte	46
4.4	Altura de planta 4 semanas después del corte.....	47
4.5	Materia seca de planta	48
4.6	Materia seca de raíz.....	49
4.7	Rendimiento	50
V.	DISCUSIÓN	54
V.	CONCLUSIONES	57
VI.	RECOMENDACIONES.....	58
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

VIII. ANEXOS	63
Anexo 1. Altura de planta	63
Anexo 2. Altura de planta	63
Anexo 3. Altura de planta.....	64
Anexo 4. Altura de planta.....	64
Anexo 5. Materia seca de planta.....	65
Anexo 6. Materia seca de raíz.....	65
Anexo 7. Rendimiento	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Índice de pH (Cultivos)	23
Cuadro 2. Producción de materia seca en t.	23
Cuadro 3. Fijación biológica del nitrógeno.....	27
Cuadro 4. Datos meteorológicos	37
Cuadro 5. Análisis de fertilidad del suelo	42
Cuadro 6. Análisis textural y capacidad total de cambio	43
Cuadro 7. Altura de planta Prueba de Duncan a la semana del corte.....	44
Cuadro 8. Prueba de Duncan para altura de planta a las dos semanas del corte	45
Cuadro 9. Prueba de Duncan para Altura de planta a las tres semanas del corte.	46
Cuadro 10. Prueba de Duncan para altura de planta a las cuatro semanas del corte	47
Cuadro 11. Prueba de Duncan para Materia seca de planta.	48
Cuadro 12. Prueba de Duncan para materia seca de raíz.	49
Cuadro 13. Prueba de Duncan para Rendimiento	50
Cuadro 14. Prueba de Duncan para Rendimiento (t.ha ⁻¹).....	51
Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable largo de tallo	52
Cuadro 16. Prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en la variable largo de tallo	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prueba de Duncan, altura de planta a la primera semana después del corte	44
Figura 2. Prueba de Duncan, altura de planta a las dos semanas después del corte	45
Figura 3. Prueba de Duncan, altura de planta a las tres semanas después del corte	46
Figura 4. Prueba de Duncan, altura de planta a las cuatro semanas después del corte	47
Figura 5. Prueba de Duncan. Materia seca de planta	48
Figura 6. Prueba de Duncan para materia seca de raíz	49
Figura 7. Prueba de Duncan. Rendimiento en gramos por parcela.....	50
Figura 8. Prueba de Duncan. Rendimiento en toneladas por hectárea.....	51
Figura 9. Inicio de evaluación.....	63
Figura 10. Midiendo el rendimiento	63
Figura 11. Técnica del m ² para medir rendimiento por hectárea	64
Figura 12. Floración	651
Figura 13. Sacando la raíz a 30-40 cm de profundidad.....	65
Figura 14. Raíz obtenida	65
Figura 15. Peso en fresco para obtener materia seca.....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

En la presente tesis se evaluó la influencia de la inoculación con *Sinorhizobium meliloti* y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de la alfalfa. Para el trabajo se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones con un total de 16 parcelas experimentales en las parcelas del Seminario Mayor San Carlos San Marcelo, Moche - Trujillo: Perú. Como resultado se observó que la mayor altura de la planta se dió a la cuarta semana después del corte donde el tratamiento T1 (*Sinorhizobium meliloti*), alcanzó 54.53 cm, el tratamiento T2 (Fertilizante), 54.42 cm, teniendo ambos diferencia significativa con T3 (*Sinorhizobium meliloti* + urea) que fue de 45.29 cm, y con T4 (testigo) que tiene 50.66 cm. Para la materia seca de la planta se observa que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados y también entre los bloques, siendo el tratamiento T1 (*Sinorhizobium meliloti*) el mayor con un peso de 0.24 kg, obteniendo entre todo un coeficiente de variabilidad de 11.33% lo que indica que los datos obtenidos son confiables. En cuanto a la materia seca de raíz, se puede observar que los pesos son similares a los de la planta, pero además de no haber diferencias estadísticas entre los mismos, supera al resto el que tiene aplicación de urea, siendo el testigo similar al que tuvo *Sinorhizobium meliloti*. En los rendimientos se aprecia que su comportamiento es similar a lo descrito para la materia seca. Los resultados indican que es necesario aplicar fertilizante nitrogenado al suelo (urea) y que es mejor que aplicar *Sinorhizobium* solo, sin urea; y que cuando se aplica de esta manera, rinde estadísticamente igual que la urea; lo que significa que si se quiere realizar agricultura orgánica de alfalfa se debe aplicar *Sinorhizobium* al suelo.

Palabras Claves: Alfalfa, *Sinorhizobium*, Urea.

ABSTRACT

In this thesis, the influence of inoculation with Rhizobium and nitrogen fertilization on the yield of alfalfa was evaluated. For the experiment, the design completely randomized blocks with 4 treatments and 4 replications with a total of 16 experimental plots was done. The aim of the present work was to measure the influence of inoculation with *Sinorhizobium meliloti* (Rhizobiaceae) and nitrogen fertilization to improve the yield of alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Fabaceae) in the plots of the San Carlos San Marcelo Major Seminary, Moche - Trujillo: Peru. As a result, it was observed that the highest height of the plant occurred at the fourth week of the cut where the T1 treatment (Rhizobium) reached 54.53 cm, while the T2 treatment (Fertilizer) did it with 54.42 cm, that is, there is no marked difference, but there is a significant difference with T3 (Sinorhizobium + fertilizer) which was 45.29 cm, and with T4 (control) which is 50.66 cm. For the dry matter of the plant it is observed that there are statistical differences between the studied treatments and also between the blocks, being the T1 treatment (Rhizobium) the biggest with a weight of 0.24 kg, obtaining among all a coefficient of variation 11.33% what it indicates that the data obtained is reliable. Regarding the root dry matter, it can be observed that the weights are similar to those of the plant, but in addition to not having statistical differences, it exceeds the rest the one that has application of urea, being the control similar to the one that had Rhizobium. For the yield, it can be observed that just like what was found for dry matter. The results indicate that it is necessary to apply nitrogen fertilizer to the soil (Urea), and that it is better to apply Rhizobium alone, without Urea; and when applied in this way, it yields statistically the same as Urea; which means that if you want to perform organic agriculture of alfalfa you must apply Sinorhizobium to the soil.

Key Words: Alfalfa, Sinorhizobium, Urea

I. INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es un cultivo propio de los países de clima templado, es una de las especies forrajeras de gran importancia a nivel mundial, debido a sus usos y al sistema radicular que posee. Al ser una leguminosa, esta especie es capaz de aprovechar altos contenidos de nitrógeno del suelo ya que cuenta con la relación simbiótica entre la raíz y los Rhizobium. También al tener un sistema radicular profundo le permite utilizar la humedad del suelo de hasta seis metros o más, es por esto que la planta puede resistir sequías prolongadas Hanson (1972).

La ganadería intensiva demanda en forma regular alimento balanceado comercial a base de alfalfa, debido a su alto valor nutricional y fácil mezclado. Además, como forraje verde es un excelente alimento para los animales herbívoros, especialmente la ganadería de leche. También puede ser usada en pastoreo, o como pasto de corte, heno o harina. Es muy rica en proteínas, fibra, vitaminas y minerales, especialmente calcio Altamirano (2009).

Los fertilizantes minerales como la urea, usados indiscriminadamente llegan a generar serios desequilibrios en los agro ecosistemas por contaminación del suelo, el agua, el aire y los alimentos, pudiendo provocar la degradación de los suelos y la resistencia a plagas, la destrucción de los controles naturales y hasta poner en peligro la salud humana Albarracín (2017).

Frente al álgido problema que la agricultura viene afrontando de fertilizaciones indiscriminadas y sin percatar la contaminación de suelo, subsuelo, aire, agua, surge la iniciativa de efectuar una investigación sobre la inoculación de bacterias benéficas al suelo, en este caso *Sinorhizobium meliloti*, las cuales fijarán el nitrógeno atmosférico, que se aplicarán al cultivo de alfalfa de 4 años de plantación, para lograr un mejor desarrollo, crecimiento y rendimiento de esta leguminosa.

En la presente tesis se estudió la influencia de la inoculación del *Sinorhizobium meliloti* con la fertilización nitrogenada (urea) en condiciones de campo, para garantizar la producción sostenible en el rendimiento en las parcelas del Seminario

Mayor San Carlos San Marcelo, Distrito de Moche – Provincia de Trujillo –
Departamento de la Libertad, Perú.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Antecedentes

Westermeyer (2006), en su estudio “Efecto de *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii (Frank) y *Pantoea agglomerans* (Beijerinck) inoculadas a la rizósfera de *Trifolium pratense* L.”, concluyen que el desempeño de *Rhizobium leguminosarum* no fue óptimo. Esta especie no demostró su conocido potencial como bacteria fijadora de nitrógeno, ya que no colonizó la rizósfera de la manera esperada y con respecto a la fertilización nitrogenada sostiene que existe una importante relación entre el aporte que realiza la fertilización y la acción de las cepas estudiadas. Buenas condiciones de fertilidad, en general, promueven la acción de ambas. Altas dosis de N inhiben la acción bacteriana.

Referente al número mínimo de rizobios por semilla, que garantice una buena nodulación, Racca y otros (2001), consideran que al inocular se debe incorporar una importante cantidad de rizobios por semilla. Para alfalfa son requeridos para una excelente nodulación más de 1000 rizobios por semilla. Por otro lado, Bonomi (1985) recomienda 105 rizobios por semilla grande, 104 rizobios por semilla mediana y 103 rizobios por semilla pequeña. Castillo (1989) recomienda 1000 rizobios por semilla pequeña como el trébol y alfalfa, 10000 rizobios por semilla mediana y 100000 rizobios por semilla grande.

Pacotaype (2018), encontró que los tratamientos con melaza de caña + harina de trigo, maicena + harina de trigo y melaza de caña + roca fosfórica, mantuvieron el número de los rizobios por encima del mínimo exigido (1000 rizobios/semilla) hasta los 19 días; mientras el tratamiento maicena + roca fosfórica mantuvo el número adecuado de rizobios sólo hasta los 6 días. De acuerdo a los resultados obtenidos el mejor adherente y material de recubrimiento para reemplazar la goma arábica y carbonato de calcio es la mezcla de melaza de caña + harina de trigo, melaza de caña + roca fosfórica y maicena + harina de trigo.

2.2. Origen y distribución de la alfalfa

La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas, cuyo nombre científico es *Medicago sativa L.*, es una planta perenne, vivaz y de porte erecto. Es conocida desde la antigüedad como la reina de las plantas forrajeras y tiene su origen en dos especies con características definidas diferentes: *Medicago sativa* (común) y *Medicago falcata* (amarilla). La zona de origen de la alfalfa (*Medicago sativa L.*), es Asia Central y el sur de Cáucaso, abarcando esta zona geográfica Turquía, Siria, Irak, Irán, Afganistán, parte occidental de Paquistán y Cachemira. Sus bondades se difundieron rápidamente en la región llegando posteriormente a suelos europeos Del Pozo (1983).

De su centro de origen en Persia, la alfalfa se difundió a través de las caravanas comerciales y las invasiones, donde la difusión más importante fue con las invasiones árabes a través del norte de África, llegando a España, de ahí a Europa; y con la conquista y colonización de América, llegó también al continente americano Muslera y Ratera (1984).

Es probable que se extendiese su cultivo a Grecia como consecuencias de las guerras médicas, quienes le dieron el nombre de “medica”. De Grecia pasó a Italia y de ahí a las distintas provincias del Imperio Romano. La caída de este imperio marca la virtual desaparición de la alfalfa de Europa; sin embargo, en el siglo XVI se volvió a introducir la alfalfa en Italia desde España. Los conquistadores españoles la transportaron primero a México y al Perú, de donde rápidamente pasó al resto de Sudamérica. Los primeros en introducir el cultivo de alfalfa en los Estados Unidos de América fueron los colonos en 1736 de donde se diseminó al resto de la Unión Americana Del Pozo (1983).

2.3. Importancia

La alfalfa en sus diversas variedades es una de las leguminosas más cultivadas e importantes para la ganadería por la cantidad de forraje obtenido por

superficie cultivada y por su valor nutritivo, siendo apetecible y digestible por rumiantes y no rumiantes, sea en estado fresco, henificado, deshidratado, ensilado o transformado en harina siendo por ello la reina de los forrajes Juscafresa (1985). La importancia del cultivo de alfalfa va desde su interés natural por sus proteínas, fibra, vitaminas y minerales, hasta porque su cultivo aporta elementos de interés como limitador, reductor de la erosión y de plagas y enfermedades de los cultivos que le siguen en la rotación Espinoza y Ramos (2001).

2.4. Clasificación taxonómica

A esta especie forrajera, le corresponden los niveles taxonómicos siguientes:

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Aosidae
Orden	:	Fabales
Familia	:	Fabaceae
Tribu	:	Rifolieae
Género	:	<i>Medicago</i>
Especie	:	<i>Sativa L.</i>

Fuente: Martínez y otros (2015).

2.5. Características del cultivar

Descripción organográfica

Lopez (1993), realiza la siguiente descripción organográfica:

2.5.1. La raíz

La raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada, hasta 5 m de longitud, con numerosas raíces secundarias. Posee una corona que sale del terreno de la cual emergen brotes que dan lugar a los tallos.

2.5.2. La corona

Es característica en esta forrajera como en otras leguminosas trifoliadas, constituye la zona terminal de la parte superior de la raíz principal. Es una superficie que está a continuación de la raíz y su función es la de emitir nuevas yemas que originarán los nuevos tallos, en esta estructura se van almacenando los nutrientes necesarios para que la planta pueda emitir nuevos brotes después del corte.

2.5.3. El tallo

Es delgado y erecto para soportar el peso de las hojas y de las inflorescencias. Además, es muy consistente, por lo tanto, es una planta muy adecuada para la realización de varios cortes.

2.5.4. Las hojas

Son trifoliadas, aunque las primeras hojas verdaderas son unifoliadas. Los márgenes son lisos y con bordes superiores ligeramente dentados.

2.5.5. La flor

La flor característica de esta familia es de la subfamilia papilionoidea. Color azul o púrpura, con inflorescencias en racimos que nacen en las axilas de las hojas.

2.5.6. El fruto

Es una legumbre indehiscente sin espinas que contiene entre dos y seis semillas amarillentas, arriñonadas y de 1.5 a 2.5 mm de longitud.

2.6. Cultivares de alfalfa

Existen muchísimos cultivares de alfalfa; cada región de cada país los produce. A continuación, se menciona algunos de ellos cultivados en nuestro país.

Rebound (alfalfa)

Cultivar desarrollado en los Estados Unidos de América (USA) por “Forange Genetics” que combina características excepcionales como una dormancia invernal intermedia larga y una muy rápida recuperación después del corte. Alto potencial de rendimiento y muy buena tolerancia a las condiciones invernales. Es un cultivar con muy significativa resistencia invernal, superior a cualquier otro cultivar de la misma dormancia. La calidad de su forraje es similar al de las alfalfas de tipo IQ o calidad mejorada, pero su rendimiento potencial es muy superior.

Excelente resistencia a plagas y enfermedades, alta expresión de la característica de multifoliada, color verde oscuro muy atractivo, son factores que se combinan para darle a este cultivar un excelente impacto visual. Este cultivar se ha comportado bien en un amplio rango de medio ambientes y está muy bien adaptado a las zonas donde se siembra típicamente cultivares de dormancia 3 a 6.

WL 330 HQ (alfalfa)

Cultivar desarrollado por “Forange Genetics”, posee una dormancia invernal intermedia larga, de extremada tolerancia al frío invernal, lo cual lo convierte en la opción ideal para zonas alto andinas. Por su dominancia de “HQ” o Hight Quality, esta alfalfa posee mejor calidad de forraje que otros cultivares. Máxima producción de materia seca. Presenta alta resistencia a la antracnosis, pudrición bacteriana, pudrición radicular por *Phytophthora*, marchitez por *Verticillium* y *Fusarium*, y pudrición radicular por *Aphanomyces*; con resistencia al nematodo del tallo y pulgón de la arveja.

WL 440 HQ (alfalfa)

Cultivar semidormante (dormancia =6) de reciente liberación al mercado, que se caracteriza por tener altos rendimientos y una superior calidad alimenticia (HQ) en sistemas de manejo de 5 a 7 cortes al año. Su amplia adaptación hace a WL 440HQ una excelente elección para los ganaderos lecheros y para los productores de alfalfa fresca o henificada maximizando la rentabilidad de sus operaciones.

Tiene alta resistencia a los principales insectos, nematodos y enfermedades del cultivo lo que asegura altos rendimientos y larga persistencia bajo un amplio rango de tipos de suelo y de condiciones de clima y manejo. Muy buen aspecto visual en el campo, con tallos finos y muy alto porcentaje de hojas de color verde oscuro y de excelente calidad que lo hace muy atractivo.

Beacom (alfalfa)

Cultivar desarrollado en USA por “Forange Genetics” que por su grado de dormancia, asegura altos rendimientos forrajeros durante todas las estaciones del año, teniendo además una excelente persistencia que le da gran estabilidad y larga vida. En pruebas realizadas en diferentes valles de Estados Unidos se ha mostrado con singular consistencia como el cultivar de mejores rendimientos, superando a cultivares tradicionales de similar dormancia como CUF 101. Alta resistencia a *Fusarium*, *Phytophthora*, nematodo del nudo de la raíz y a los áfidos.

Moderada resistencia a *Verticillium* y antracnosis. Es un cultivar con rápido rebrote después del corte, bien adaptado a condiciones de costa y sierra baja y media.

WL 625 HQ (alfalfa)

Provee ventajas significativas en rendimientos, calidad, resistencia a insectos rápido rebrote, larga persistencia y mayor valor alimenticio relativo, atributos probados que pronto lo harán la elección número uno para la siembra de alfalfa en el Perú.

- Alfalfa no dormante.
- Muy alto rendimiento en una amplia gama de tipos de suelo y época de cosecha.
- Sobresalientes niveles de proteína %NDT, y digestibilidad.
- Mayores ingresos efectivos en heno y lechería.
- Muy resistente a los principales insectos, enfermedades y nemátodos.
- Muy buena apariencia visual en el campo: hojas anchas verdes, tallos finos y tolerancia a enfermedades de las hojas.

- Sobresaliente persistencia bajo sistema de manejo intensivo.
- Muy rápida recuperación después del corte.

AGP PERU SAC. Semillas (2008-2009), presenta un catálogo promocionando a las gramíneas y leguminosas de última generación, tal como se describe a continuación:

Alfalfa AGP 650, Súper peruana (LATENCIA 9), Origen: Baldrich-Chile.

Adaptación muy buena hasta los 3,000 msnm. Especialmente para la costa y los valles interandinos subtropicales. Necesitan suelos de textura media, profundos y drenados, con pH entre 5.8 y 7.5. Rendimiento: al inicio de la floración alcanzando entre 22 y 24% de proteína cruda (PC) y 60% de digestibilidad. Alta producción durante los primeros cinco años, de 10 a 11 cortes y de 22 a 30 t de MS/ha/año. Cualidades: es muy resistente al ataque de *Fusarium*, *Phytophthora* y áfidos. Rápido rebrote con capacidad para la producción uniforme de forraje a lo largo de todo el año.

Alfalfa Califina (latencia 9), Origen: California –USA.

Adaptación a todos los valles costeros e interandinos de clima templado rendimiento: 22 a 30 t de MS/ha/año, de 9 a 11 cortes. Puede llegar al 21% de PC a inicios de floración. Cualidades: resistente al pulgón, nemátodo del tallo y raíz; *Fusarium* y *Phytophthora*. Recomendaciones: valles interandinos bajo riego, hasta los 3,100 msnm.

Alfalfa AGP 550 Súper lechera (latencia 8), Origen: Baldrich-Chile.

Adaptación: buena en los valles de la costa e interandinos, hasta los 3,000 msnm. Desarrolla bien en suelos ligeros, drenados, profundos, con pH superiores a 5.6. Rendimiento antes de la floración puede llegar a los 24% de PC y una digestibilidad de 60%. De 8 a 10 cortes por año. Resistente al ataque de *Fusarium* y áfidos, también resistente al Mildiú. En condiciones de suelo con mal drenaje o poco profundos funciona mejor que otro cultivar de similar dormancia.

Alfalfa CUF 101 (latencia 9), Origen: California - USA

Adaptación: hasta los 3,000 msnm. En valles costeros e interandinos de clima subtropicales. Rendimiento: de 20 t de MS/ha/año, con 8 a 10 cortes. Puede llegar a 21% de PC a inicios de floración. Persistencia en el campo hasta los 5 años, luego necesita renovación. Cualidades: altamente resistente a los pulgones, Fusariosis y nematodos de la raíz.

Alfalfa Monarca (latencia 8), origen, alfalfares de Argentina.

Adaptación: hasta los 3,200 msnm. En los valles de la costa interandinos o bajo riego. De gran capacidad de rebrote basal durante la primavera y verano. Muy tolerante a plagas y enfermedades como roya y pulgones, además posee una proteína de rápida digestibilidad que hace un 30 % menos de incidencia de timpanismo. Requiere suelos profundos y bien drenados, pH de 6,1 a 8.0. Es necesario hacer enmiendas con cal para suelos ácidos se debe aplicar fósforo como abono de fondo antes de sembrar, para evitar su desecación y promover una germinación uniforme. Producción: entre 24 a 28 t de MS/ha/año, con 22% de PC con 75% de digestibilidad, crecimiento semi erecto, puede cubrir toda el área sembrada con tallos y hojas de excelente calidad nutricional.

Alfalfa Moapa 69 (latencia 8), Origen: Uncla- USA.

Adaptación: valle de la costa e interandinos. Rendimiento: se puede obtener hasta 20 t de MS/ ha/ año, en 10 cortes. Por su alta relación hoja/tallo asegura una producción de forraje de buena calidad. Llega al 22% de PC al inicio de la floración. Después de 5 años de producción, es necesaria su renovación. Resistente al nematodo del tallo, áfidos y a la pudrición por *Phytophthora*.

2.7. Aspectos agronómicos del cultivo de alfalfa

2.7.1. Densidad de siembra.

Del Pozo (1983) menciona que una densidad alta de siembra haría que la planta no pueda encontrar suficientes elementos nutritivos en el suelo para su crecimiento, y su producción forrajera resultaría insignificante. Por lo contrario, un

número bajo de plantas es equivalente a un mal aprovechamiento de la fertilidad del suelo. Es por esto que se debe implementar la densidad adecuada de semilla de alfalfa.

2.7.2. Suelo y clima.

La alfalfa es una especie de gran adaptación a distintos climas: húmedos, subhúmedos, semiáridos y áridos. La diversidad de cultivares disponibles permite tener posibilidades de producción en distintos ambientes. Se adapta a distintos tipos de suelos, pero prefiere los suelos profundos y bien drenados. En aquellos suelos con drenaje lento hay que plantar cultivares que tengan buen comportamiento a enfermedades de raíz y corona.

Picasso (2010), expresa que el cultivo necesita idealmente un suelo profundo, bien drenado y franco arenoso. Si las condiciones son distintas a las mencionadas la persistencia de las plantas comienza a resentirse, especialmente en suelos pesados y muy húmedos o que tienden a encharcarse.

El pH óptimo del cultivo es de 7.2 siendo la acidez un factor limitante para su cultivo. Si el pH baja de 6.8 es necesario realizar el encalado. Además, existe una relación directa entre la formación de nódulos y el efecto del pH sobre la Alfalfa. La bacteria nodulante de la Alfalfa (*Rhizobium meliloti*), deja de reproducirse por debajo de pH 5 Clementeviven (2010).

El pH ideal varía de 6.8 a 7.5, rango en el cual la mayoría de los nutrientes, como, por ejemplo: calcio, potasio, fósforo, magnesio y azufre, están disponibles. La disponibilidad de nutrientes afecta dramáticamente el rendimiento de los cultivos en especial el de la alfalfa Rotondaro (2018) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índice de pH por cultivo

CULTIVOS	Índices de pH				
	4.7	5.0	5.7	6.8	7.5
	Potencial de producción en %				
Alfalfa	2	9	42	100	100
Maíz	34	73	83	100	85
Soja	65	79	80	100	93

El consumo de nutrientes por tonelada de materia seca de alfalfa dependerá de la producción. En el cuadro 2 se muestran los requerimientos de la alfalfa Rotondaro (2018).

Cuadro 2. Producción de materia seca en toneladas / ha.

PRODUCCIÓN (t MS/ha)	Índices de pH				
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Hasta 9	227	25	205	99	17
9-11.2	253	32	270	121	21
11.2- 13.4	351	38	315	148	27
13.4–15.7	418	45	451	187	34
15.7- 17.9	480	53	451	187	34
+ de 17.9	559	61	524	226	39

2.7.3. Agua

Vaca citado por Altamirano (2009), menciona que la alfalfa es resistente a la sequía, pero aún con esta característica el cultivo requiere el suministro de agua necesaria para su producción y desarrollo. El sistema radicular profundo permite cultivar en secano con pluviometrías de 500 mm al año. Necesita riegos de 600 metros cúbicos por hectárea cada mes.

2.7.4. Control de plagas

Durante el proceso de evaluaciones, después de la segunda semana de evaluación el cultivo se vio afectado por la prodiplosis (*Prodiplosis longifila*), mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*) tuvieron una fuerte influencia, para lo cual nos encontramos obligados hacer control químico, y retrasar unas semanas más las evaluaciones.

2.7.5. Características del cultivo

Rendimiento en forraje

El índice más utilizado de productividad de las especies pratenses lo constituye el rendimiento o producción de materia seca, a lo largo de la vida de la planta. El rendimiento de materia seca es mayor en el segundo o tercer año de crecimiento Soto (2000).

Durante el ciclo anual de la planta el contenido de materia seca varía aumentando con los avances de la madurez Cabezas (1972).

La variación de los niveles de la reserva de carbohidratos no estructurales y la acumulación de materia seca es mínima, antes que la planta alcance un estado de pre botón y llega a ser máxima al inicio de floración (10%). El periodo más crítico es la dormancia de invierno y el crecimiento de primavera está determinado por las reservas acumuladas durante el otoño anterior Soto (2000).

Desarrollo y crecimiento

El crecimiento del follaje luego de su emergencia es lento, la raíz principal es pivotante, robusta, tiene un rápido desarrollo inicial y puede alcanzar de 25 a 30 cm cuando la planta tiene 10 cm de altura. Posee una corona que sale de terreno, de la cual emergen los brotes que dan lugar a los tallos Soto y Martines (1985).

Adaptabilidad del cultivo

La alfalfa es una especie de gran plasticidad que puede prosperar en una región semiárido, subhúmeda. Sin embargo, para expresar su potencial genético, sus requerimientos, deben ser cubiertos, en especial, agua, nutrientes y temperatura. De la interacción de estos factores, dependerá su potencial productivo y la persistencia del cultivo López (1993).

Persistencia del cultivo

El porcentaje de las plantas que sobreviven luego de varios años de cultivo de alfalfa es una característica íntimamente ligada a la constitución genética de cada cultivar, al comportamiento frente a las principales enfermedades, al tipo de crecimiento o tipo de corona, y es también dependiente del manejo de pastoreo Takasaki (1976).

Valor nutricional

La alfalfa es un forraje que proporciona elevados niveles de proteína (18,2%), minerales y vitaminas de calidad, sin embargo, contienen pequeñas cantidades de almidón (44,9%) Mc Donald y otros,(1969). Su valor energético también es muy alto estando relacionado con el valor nitrogenado del forraje. Además, es una fuente de minerales como: calcio, fósforo, potasio, magnesio, azufre, entre otros. Los elevados niveles de B-caroteno (precursores de la vitamina A) influyen en la reproducción de los bovinos Soto (2000).

El valor nutricional de las hojas es superior al de los tallos, sin embargo, a medida que la planta avanza en el estado de madurez, la relación hoja-tallo cambia, factor que contribuye al descenso del valor nutritivo de la leguminosa Gonzales y otros (1973).

2.7.5. Fertilidad de los suelos

La productividad y persistencia de la alfalfa están acondicionadas por factores del suelo, clima, sanidad vegetal, utilización y de manejo. Dentro de los

factores manejables por el hombre están los relacionados con la nutrición de la planta Soto (2000). El consumo de nutrientes está influenciado por la intensidad y frecuencia de cortes, ya que, al ser mayor, estas incrementan los requerimientos totales de los mismos Romero (1987) citado por Tingal (2015).

Fertilización nitrogenada

La fertilización nitrogenada de la alfalfa es una práctica cuestionada generalmente en los alfalfares establecidos, porque la planta asimila el nitrógeno atmosférico que la bacteria *Rhizobium meliloti* fija simbióticamente en los nódulos formados en sus raíces y el abonado nitrogenado no mejora la producción anual de forraje o lo hace de una forma no rentable Lee y Smith (1972), citado por Tingal (2015).

Como ya se ha indicado anteriormente, la alfalfa puede cubrir sus necesidades de nitrógeno para producir proteínas vegetales, gracias a su convivencia con la bacteria *Rhizobium meliloti* que fija el nitrógeno atmosférico a través de los nódulos que forma en las raíces. Asimismo, si a la alfalfa se le aporta abono nitrogenado, sea químico o en los purines, la planta toma con preferencia el aportado y deja de producir nódulos y fijar nitrógeno atmosférico a través de las bacterias.

Este comportamiento de la alfalfa ha promovido diferentes investigaciones encaminadas a utilizar a la planta como capturadora del nitrógeno en exceso del suelo Beaudoin y otros, (1992); es decir, hacer que la planta, en lugar de fijar nitrógeno atmosférico, aproveche el nitrógeno excedente de otros cultivos o el aportado en forma de purines, lo que contribuiría a eliminar este residuo contaminante procedente de las explotaciones ganaderas. Debe tenerse en cuenta la profundidad de sus raíces, que pueden superar el metro y medio, por lo que contribuiría asimismo a captar el nitrógeno filtrado a profundidades a las que no llegan las raíces de otros cultivos.

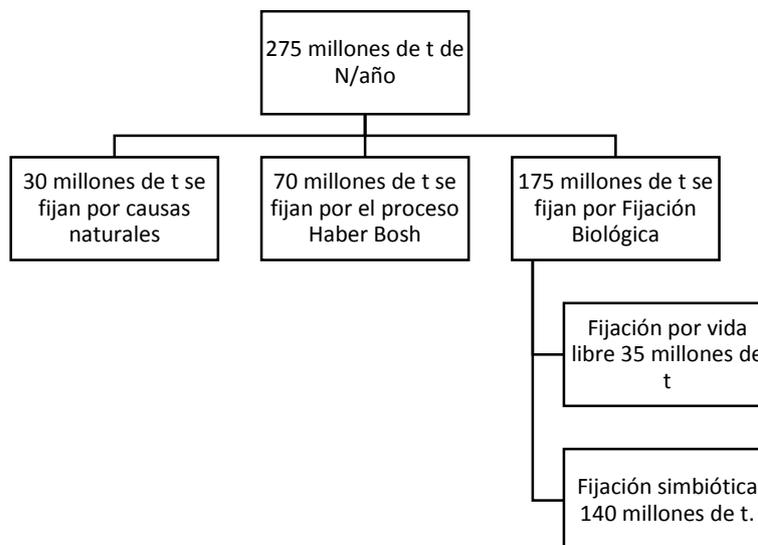
De los diferentes estudios que se han llevado a cabo, se extraen diversas conclusiones a tener en cuenta en el momento de aportar fertilizantes:

- La alfalfa tiene capacidad para obtener el nitrógeno que necesita a través de la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico que realizan las bacterias nitrificantes instaladas en los nódulos de las raíces.
- Ahora bien, si a la planta se le aporta nitrógeno en forma mineral (abonos nitrogenados), orgánica (purines, etc.) o foliar (aminoácidos), aquella utiliza los abonos aportados con preferencia y deja de fijar nitrógeno.
- Los rendimientos no se incrementan con el abonado mineral, pero los gastos del cultivo sí. Hay casos excepcionales en los cuales la aportación de fertilizantes nitrogenados puede mejorar el rendimiento del cultivo, como son en los alfalfares mal establecidos o a la salida del invierno, cuando las bajas temperaturas reducen la actividad de las bacterias nitrificantes. En estos casos, una pequeña aportación de fertilizante nitrogenado es recomendable, Lee y Smith (1972), citado por Tingal (2015).

2.8. Fijación biológica del Nitrógeno

2.8.1. Fijación del nitrógeno global

Cuadro 3. Fijación biológica del nitrógeno.



Diseño elaborado por la autora.
Fuente: Sevillano y Rodriguez (1987)

2.8.2. Organismos fijadores de nitrógeno.

En la naturaleza, la fijación del nitrógeno es una facultad reservada a unos cuantos géneros de bacterias y ciertas algas azul-verdosas, que pueden clasificarse dentro del grupo de las bacterias con el nombre de Cianobacterias. Ningún organismo superior presenta esta capacidad, a pesar de que algunos pueden hacerlo indirectamente, a través del establecimiento de asociaciones simbióticas con bacterias fijadoras de nitrógeno. La relación más conocida es la que se verifica entre las plantas leguminosas y diversas bacterias del género *Rhizobium*. Otras bacterias fijadoras de nitrógeno viven asociadas con plantas huéspedes, y muchas viven libremente en el suelo o en el agua. Unas son fotosintéticas, otras requieren oxígeno, y otras, finalmente, solamente pueden vivir en medios anaerobios o faltos de oxígeno. Todos los microorganismos se caracterizan por poseer un potente equipo enzimático que les permite fijar directamente el nitrógeno atmosférico; y como en el proceso industrial, el producto inicial que se forma es el amoniaco. Disponen además de enzima común, la nitrogenasa, que es básicamente el que regula el proceso Navarro (2003).

Solo los procariontes pueden llevar a cabo la fijación biológica de nitrógeno (FBN). La habilidad para fijar N_2 es ampliamente usada entre varios géneros de bacterias, y existe una altísima variedad metabólica entre los microorganismos que tienen esta capacidad. Se distinguen tres formas mediante las cuales los microorganismos pueden llevar a cabo la FBN: por medio de asociaciones simbióticas, simbiosis asociativas, y bacterias de vida libre según, Newton y Fisher, citado por Fernández y otros (2002).

2.9. Bacterias de vida libre

Es la capacidad de ciertos microorganismos para fijar nitrógeno sin vivir en simbiosis con plantas superiores. Un cierto número de bacterias heterótrofas es capaz, gracias a la oxidación del carbono orgánico, de fijar nitrógeno molecular de la atmósfera y de hacer así, la síntesis de sus constituyentes celulares. Este es el hecho esencial que explica porque un suelo se enriquece por sí solo en nitrógeno.

Esta fijación puede ser realizada en el suelo por diversas bacterias aerobias que actúan en suelos ligeros, bien aireados, ricos en calcio y pobres en nitrógeno asimilable. Pertenecen a este grupo los géneros *Azotobacter*, *Azonomonas*, *Azotococcus*, *Beijerinckia* y *Derkia*. También bacterias anaerobias del género *Clostridium* actúan en condiciones contrarias a las de las bacterias aerobias.

La mayoría de bacterias que fijan nitrógeno no están asociadas con plantas o animales. Ellas viven libres en el suelo y fijan nitrógeno para su propio beneficio y en el momento de su muerte este nitrógeno es aprovechado por las plantas de acuerdo con Newton y Fisher citado por Fernández y otros (2002).

2.10. Asociaciones simbióticas

Para la agricultura, la relación simbiótica más importante son las bacterias denominados rizobios con plantas leguminosas. Esta asociación, maximiza la transferencia de nitrógeno fijado a la planta a partir de los rizobios residentes en su interior, los cuales están presentes en una estructura denominada nódulo, en las raíces de la planta. La planta de forma recíproca provee de protección y supe de compuestos ricos energéticamente a la bacteria. Los nódulos también proveen un ambiente con bajo contenido de oxígeno, lo cual es vital ya que la nitrogenasa, enzima que cataliza la FBN, es desnaturalizada por el oxígeno. Sin embargo, algunas cantidades de oxígeno deben ser provistas a la bacteria para que esta pueda respirar y producir la energía requerida tanto para su supervivencia como para conducir la FBN. Una proteína especial transportadora de oxígeno denominada leghemoglobina, regula la cantidad de oxígeno que llega a la bacteria. Esta proteína es de altísima afinidad, puesto que por cada 10000 leghemoglobinas ligadas al oxígeno solo se encuentra una molécula de oxígeno libre Madigan y otros (2002); Newton y Fisher (2002).

La cantidad de nitrógeno fijado por una leguminosa depende no solo de la calidad de la sepa bacteriana, sino también de las condiciones externas Navarro (2003).

Los Rhizobium que infectan las raíces de las distintas especies de leguminosas tienen un margen de tolerancia bastante amplio frente a la reacción del suelo. La reacción óptima es la comprendida entre un pH del 5,5 al 7 aunque pueden desarrollarse en un suelo con pH 4, si existe nitrógeno combinado disponible. Por lo general los límites extremos se encuentran entre pH 5 y 10.

Otros factores nocivos para el micro organismo son: La desecación del suelo, temperaturas por debajo de 0° C o por encima de 50° C, la aireación deficiente y falta de una cantidad pequeña de molibdeno. La presencia de este elemento para que se realice el mecanismo de fijación de nitrógeno por las leguminosas está bien demostrada. Las plantas pueden desarrollarse perfectamente y sus raíces estar relativamente bien noduladas en suelos con un contenido muy bajo de molibdeno, pero los nódulos no fijan nitrógeno.

Se ha estudiado la fijación de N₂ alrededor del 15% de las casi 20000 especies de la familia fabaceae (leguminosae) de las cuales como un 90% poseen nódulos radicales Salisbury (2003).

2.11. Inoculación de semillas

Erdman (1968) indica que desde 1886 se hace uso del sistema de inoculación. Por su parte Castillo, (1985) indica que la inoculación de semillas tiene como objetivo la fertilización nitrogenada de estas plantas.

Bologna (2014) menciona que los objetivos de la inoculación son:

- Mejorar la velocidad de implantación de las leguminosas y adelantar los primeros pastoreos.
- Mayor producción total de forraje de la pastura durante su ciclo productivo.
- Aumentar la concentración de N y proteína en el forraje mejorando su valor nutritivo.
- Sustitución parcial de fertilizantes nitrogenados mejorando los resultados económicos de los productores.

- Mayor sustentabilidad de los sistemas de producción pastoriles al utilizar recursos naturales renovables (energía solar y nitrógeno del aire).
- Mejorar la fertilidad de los suelos y contribuir a mejorar los rendimientos de grano en rotaciones de pasturas con cultivos.

Las leguminosas como la alfalfa, el trébol, y el lotus, tienen la habilidad de formar una relación simbiótica con una bacteria del suelo llamada rizobio (DGPA, 2005). Un método de inoculación antes de la siembra es el de preparar una suspensión del inoculante, con agua azucarada según las recomendaciones del fabricante, para cubrir la semilla desnuda. Esta semilla inoculada debe usarse inmediatamente ya que los rayos del sol matan a las bacterias, pero puede ser guardada en un lugar fresco y oscuro como máximo 24 horas.

Para preparar la suspensión debe usarse agua limpia y sin residuos de pesticidas y definitivamente evitar el agua químicamente tratada (agua clorada). Este método es recomendable cuando la semilla es sembrada bajo condiciones favorables del suelo. Cuando las condiciones del suelo son desfavorables como por acidez ($\text{pH} < 5.2$) o sequedad, la supervivencia del rizobio puede lograrse pelletizando la semilla con goma arábica y carbonato de calcio micropulverizado. Pero desde que este último método es dificultoso para producir una alta calidad de semilla inoculada es mejor adquirir semilla comercialmente pelletizada. Fertilizantes de reacción neutra como el superfosfato sí se pueden usar con la semilla inoculada con agua azucarada. La cobertura comercial estándar usada para pelletizar la semilla con el inóculo contiene cal finamente molida a la que se le puede agregar azufre y molibdeno dependiendo de las deficiencias que se presenten en suelo. Como la exposición a altas temperaturas causa la muerte rápida del inoculante, los paquetes deben ser refrigerados hasta su uso, pero de ninguna manera se deben congelar.

2.12. Inoculantes

Castillo (1985), indica que la inoculación consiste en la aplicación de un cultivo de cepas seleccionadas y específicas de bacterias del género *Rhizobium* a las semillas. Este cultivo recibe el nombre de inoculante de leguminosas, que pueden ser de diferentes clases de acuerdo a su presentación física como:

Inoculantes líquidos

Son cultivos bacteriológicos que se comercializan en los frascos originales de multiplicación. Se caracterizan por su alta concentración de *Rhizobium* por mililitro y poseen una vida más limitada que la mayoría de los otros tipos. Se pueden aplicar al suelo. También se adaptan para ser utilizados en mezcla con algunos fertilizantes apropiados e inoocuos para las bacterias, como también pueden ser directamente empleados junto a la semilla o pelletizados junto a ella.

Cultivos liofilizados

Son aquellos en que los gérmenes son deshidratados a bajas temperatura y se envasan en ampollas de vidrio. Tienen la ventaja de su larga duración, pero por el contrario poseen una elevada mortalidad de gérmenes. Pueden ser utilizados con las semillas. Su utilización comercial no es común.

Inoculantes en turba

Son los más conocidos y difundidos, prácticos por su apropiada vida útil y fácil conservación y manejo. Es un medio de cultivo muy favorable para el desarrollo de los *Rhizobium* y excelente medio de conservación para estas bacterias.

Otra forma de clasificar a los inoculantes se refiere a su forma de aplicación: inoculantes aplicados a la semilla, al suelo o a los fertilizantes.

En términos generales, se considera que los inoculantes deben poseer un mínimo de 1×10^9 *Rhizobium* viables por gramo en fábrica, y un 1×10^8 por gramos hasta el término de su vida útil Castillo (1985). De igual manera, Racca y otros, (2001), consideran que un buen inoculante para alfalfa debe proveer abundante

número de rizobios por g (gramo de producto). La exigencia es de 1×10^9 rizobios por g de producto a la elaboración y de 1×10^8 rizobios por g de producto al vencimiento de 6 meses.

2.13. Inoculantes rizobianos.

Racca y otros (2001) mencionan que la inoculación es la tecnología desarrollada con la finalidad de incorporar rizobios altamente infectivos y altamente eficientes en las leguminosas de interés agropecuario. El proceso productivo comienza con una exhaustiva selección de las cepas de rizobios contemplando infectividad y efectividad en laboratorio, invernáculo y campo. Las cepas más eficientes son aquellas que tienen mayor cantidad de nódulos medianos y grandes, arracimados o palmados, siendo rojos en su interior, ubicados en la raíz primaria, y tienen rápida y prolongada fijación. Acompañadas por una mayor producción de materia seca y de peso total de N.

En cambio, los rizobios menos eficientes tienen nódulos más pequeños, ubicados en raíces secundarias y tienden a paralizar la FBN en etapas más tempranas presentando en esos casos nódulos de coloración verde. Los biotipos ineficientes tienen nódulos pequeños, alargados y son en su interior blancos desde etapas muy tempranas. Estos no realizan la FBN y son consideradas cepas parásitas.

Hay tres maneras de incorporar los rizobios: Inoculación convencional, la preinoculación y pelletización.

Los inoculantes rizobianos son formulaciones comerciales que contienen rizobios, para ser aplicados a la semilla o al suelo durante la plantación. Está estimado que aproximadamente 2000 toneladas de inoculantes son producidas anualmente en el mundo, una cantidad suficiente para inocular 20 millones de hectáreas de leguminosas. La gran mayoría, casi el 50%, son producidas en los Estados Unidos de América. Los inoculantes son comercializados en presentación sólida, en polvo, granulada o inoculantes líquidos, en formulaciones de caldo.

Los métodos de inoculación dependen del tipo de inoculante. Los líquidos y polvos son generalmente aplicados sobre las semillas, mientras que los inoculantes granulares son aplicados directamente al suelo Rebah y otros, (2007).

La inoculación consiste en recubrir la semilla con polvo fino mediante el uso de una sustancia adhesiva (carbonato de calcio), y debe proporcionar un ambiente adecuado para la supervivencia de los microorganismos con los cuales debe inocularse Garrido (2008).

2.13.1. Calidad en inoculantes rizobianos

Los inoculantes comerciales han sido usados por más de un siglo, y ellos han contribuido al incremento de la productividad de los cultivos. Un buen inoculante debe ser preparado con una cepa de rizobio seleccionada por la alta eficiencia en la FBN y la habilidad competitiva para la nodulación. Las cepas deben sobrevivir en la formulación del inoculante, manteniendo sus propiedades durante el almacenamiento y tolerando factores de estrés tales como la acidez, la desecación, las altas temperaturas y los plaguicidas empleados en el cultivo. El factor más importante en la calidad del inoculante es un alto número de rizobios vivos ($> 2 \cdot 10^9$ ufc/g) y ninguna o una mínima contaminación por microorganismos antagonistas de los rizobios; o patógenos para plantas y humanos Rebah y otros (2007).

2.14. Ventajas de la fertilización con rizobios

Perticari (2006) expresa que los rizobios son bacterias Gram negativas y estas son habitantes comunes del suelo donde están presentes las leguminosas. Sin embargo, no todos los rizobios pueden formar nódulos o fijar nitrógeno con todas las leguminosas. Por ejemplo, *Sinorhizobium meliloti* es la bacteria específica para alfalfa. Esto permite diferenciar a los rizobios por su infectividad o capacidad de nodulación. Ocurre la misma situación con el proceso de FBN, no siempre las cepas altamente infectivas poseen alta efectividad o alta capacidad de fijación de N.

La simbiosis leguminosa – rizobio juega un rol importante en la agricultura, debido a que ofrece la habilidad de convertir nitrógeno molecular en formas disponibles para la planta, proceso conocido como fijación biológica de nitrógeno, además de que en algunos tipos de cultivo puede asegurar hasta el 100% de la fertilización nitrogenada. La mayoría de las investigaciones para optimizar la FBN y para incrementar el uso de leguminosas en sistemas de cultivos ha sido en parte estimulado por el incremento en el precio de los fertilizantes y por los aspectos ambientales implicados detrás de la aplicación de este fertilizante, por lo tanto, también contribuye a la preservación del medio ambiente que ha sido afectado por la utilización de fertilizantes químicos de síntesis. Además, este tipo de bioestimulantes conllevan un beneficio adicional que es la producción de factores de crecimiento vegetal, solubilización del fósforo, actividad ACC de aminosas, entre otras Rebah y otros (2007).

2.15. Nodulación

La alfalfa es una leguminosa, que tiene la capacidad de asociarse con bacterias específicas fijadoras del nitrógeno atmosférico. Estas bacterias toman el nitrógeno del aire y lo convierten en nitrógeno asimilable para la alfalfa. En esta asociación simbiótica, la alfalfa provee hidratos de carbono necesarios para la supervivencia y actividad de las bacterias, a cambio del nitrógeno que las bacterias le proveen a la planta. Estas bacterias son sensibles a la acidez del suelo, toleran hasta pH 6. De 6 a 5,6 la supervivencia se limita a la rizófora de la alfalfa y por debajo de éste hay poca probabilidad de supervivencia del rizobio. Además, con pH bajo hay muy poco desarrollo de las raíces secundarias y por lo tanto no hay posibilidades que la bacteria inocule a la planta. Al no haber nodulación la alfalfa busca nitrógeno del suelo, necesario para producir forraje y formar sus proteínas. La acidez del suelo perjudica la nodulación de la raíz, puesto que la bacteria específica *Rhizobium meliloti*, responsable de la fijación simbiótica del nitrógeno, es muy sensible a la acidez del suelo Soto, (2000). La nodulación se inhibe ante la presencia de nitrógeno.

En suelos con alto contenido de materia orgánica (5% o más) es difícil lograr una buena nodulación. El nitrógeno proveniente del agregado de fertilizantes nitrogenados, también inhibe al rizobio. La técnica de la inoculación es muy económica y permite incorporar bacterias altamente infectivas y efectivas. Los nódulos efectivos son de color rojo en su interior y se ubican junto a la raíz primaria, en racimos. Hay que revisar la pastura con una pala, descalzar plantas y sacarle con mucho cuidado la tierra, evitando que se desprendan los nódulos. Los nódulos que no son efectivos tienen una coloración blanquecina en su interior. El momento para encontrarlos es la primavera. En verano con las altas temperaturas y el suelo seco es muy difícil encontrarlos Soto (2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en las parcelas de alfalfa (alfalfa mochera), en las instalaciones del seminario Mayor San Carlos y San Marcelo, perteneciente al Distrito de Moche, provincia de Trujillo, Región La Libertad. Ubicado en el kilómetro 556 en la carretera Panamericana Norte a 20 m.s.n.m, con una superficie de 1000 m².



3.2. Datos meteorológicos

Cuadro 4. Datos meteorológicos de la estación meteorológica Agroindustrial UPAO 2018.

MES	T°	T°	%HR. Externa	Punto de rocío	Velocidad de viento		Lluvia mm	Rad. Solar J/S	Evapotranspiración mm/día
	Máx °C	Mín °C			m/s	k/h			
ENERO	28.19	21.04	68.1	18.23	1.31	4.73	0.06	859.32	4.49
FEBRERO	31.09	22.6	64.6	18.83	1.06		0.19	945.54	5.24
MARZO	28.9	21.65	70.16	18.67	25.03	2.91	0.02	888.6	4.12
ABRIL	28.79	21.38	68.01	18.01	0.92	3.31	0.1	823.03	4.32
MAYO	30.3	32.9	99.34	18.06	1.92	6.93	0.00	1428.7	7.02
JUNIO	22.98	19.35	75.05	16.11	1.02	3.66	0.09	358.3	1.81

Fuente: Estación Meteorológica "Agroindustrial UPAO" de la UPAO.

3.3. Materiales

3.3.1. Materiales de oficina

- Libreta de campo
- Lapiceros
- Registros
- Calculadora
- Corrector
- Hojas bond
- Resaltador

3.3.2. Materiales de campo

- Estacas
- Cinta métrica
- Balanza
- Lampa
- Pico
- Rastrillo
- Hoz
- Carretilla
- Metro cuadrado
- Rafia

3.3.3. Insumos

- Fertilizante nitrogenado (Urea)
- Inoculante *Sinorhizobium meliloti*
- Agua
- Insecticidas
- Melaza
- Azufre

3.3.4. Equipos

- Balanza
- Mochila de fumigar

- Cámara fotográfica
- Laptop
- USB

3.4. Metodología

3.4.1. Diseño Experimental

Se utilizó el diseño de Bloques Completamente al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones con un total de 16 parcelas experimentales.

Se efectuó en análisis de varianza (ANOVA) y la Prueba de DUNCAN al 0.05% de probabilidad para determinar la diferencia estadística de las variables en estudio.

3.4.2. Características generales

Número de Tratamientos: 4

Numero de Repeticiones: 4

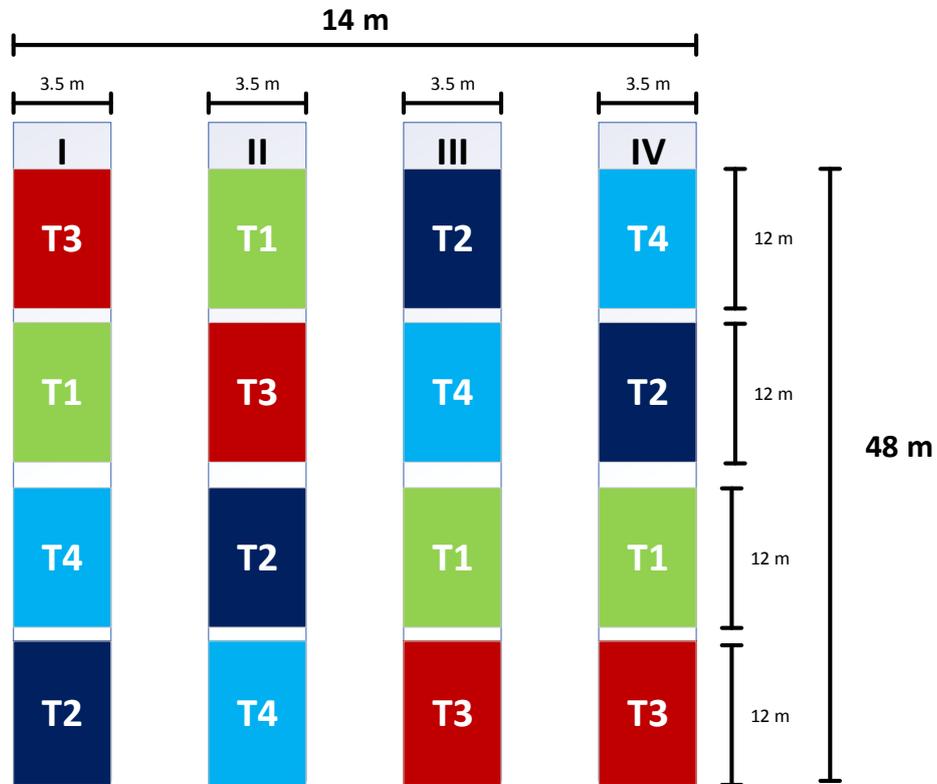
Dosis de nitrógeno: 30 kgN.ha⁻¹ (2,6 kg urea en 8 repeticiones en dos parcelas).

Dosis de *Sinorhizobium meliloti* (250ml / Tratamiento)

Dosis de *Sinorhizobium meliloti* por ha: 29.5 litros.

3.4.3. Características del campo experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.



Leyenda:

T1 *Sinorhizobium meliloti*

T2 Urea

T3 *Sinorhizobium meliloti* + Urea

T4 Testigo

BLOQUE:

Largo : 48 m

Ancho : 3.5 m

Superficie : 168 m²

PARCELA EXPERIMENTAL:

Largo : 12 m

Ancho : 3.5 m

Superficie : 42 m²

N° de Parcelas por Bloque	:	4
Superficie Neta del Experimento	:	700 m ²
SUPERFICIE TOTAL	:	700 m ²

3.4.4. Acciones previas al experimento

a) Deshierbo

Esta actividad se realizó con la finalidad de evitar la competencia por nutrientes del cultivo de alfalfa con las malezas, los deshierbo se realizó en cada corte.

b) Corte

Esta actividad se realizó al mes de haber aplicado los tratamientos. Se evaluó al azar 1m² por tratamiento con el objetivo de tener pesos en fresco y evaluar el rendimiento por hectárea, esta labor se llevó a cabo después de la cuarta semana de evaluación.

c) Riego

El riego debe permitir un suministro adecuado de agua a la planta de acuerdo a sus requerimientos y al tipo de riego, dichas parcelas se riegan por riego de gravedad, teniendo problemas de encharcamiento.

3.4.5. Evaluaciones registradas

Las evaluaciones se realizaron al azar.

A. Número de plantas por m²

Se determinó a las 4 semanas después del corte cuando la alfalfa estuvo en el 10% de floración cercano al nuevo corte. Para lo cual se utilizó el metro cuadrado elaborado con pitas y estacas, se prosiguió al corte, conteo de macollos y peso total por metro cuadrado, por cada una de los tratamientos.

B. Altura de planta

Después del corte se realizaron 4 evaluaciones, una por semana, la primera evaluación (primera semana después del corte) se midió la distancia que alcanza desde el nivel del suelo hasta el ápice, la primera evaluación fue al azar, se tomaron 10 plantas por macollo, y 10 macollos por tratamiento, al inicio cada planta se señaló con una cinta de color, las mismas que fueron evaluadas semanalmente hasta terminar el proceso de evaluación.

C. Tratamientos estudiados

T1 *Sinorhizobium meliloti* 500ml

T2 Urea 1.1kg

T3 *Sinorhizobium meliloti* + Urea. 500ml + 1.1kg

T4 Testigo sin aplicación

3.4.6. Análisis de suelo

La muestra de suelo fue tomada en diferentes partes de la zona experimental a una profundidad de la superficie de 35-40cm (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de fertilidad del suelo

MUESTRA	M.O %	P ppm	K ppm	pH 1:1	% SATURAC.	CE _{ES} mS/cm	CaCO ₃ %
1 Muestra de suelo	1.02	24.18	583.75	7.54	48	1.631	4.6

Los resultados, muestran bajo contenido de M.O, por debajo del 1.02 %, lo cual hace un suelo con baja aireación. El nivel de pH, 7.5 indica que se trata de un suelo ideal, rango en el cual la mayoría de los nutrientes, como, por ejemplo: calcio, potasio, fósforo, magnesio y azufre, están disponibles. La CE 1.6 que presenta el suelo es muy bajo.

3.4.7. Análisis textural y capacidad total de cambio

La muestra fue tomada días antes de la aplicación de los tratamientos a las parcelas experimentales, según resultados de laboratorio nos encontramos frente a suelo franco arcilloso, los cuales difieren a lo señalado por Picasso (2010), expresa que el cultivo necesita idealmente suelo profundo, bien drenado y franco arenoso. Si las condiciones son distintas a las mencionadas la persistencia de las plantas comienza a marchitarse, especialmente en suelos pesados y muy húmedos o que tienden a encharcarse (Cuadro 6)

Cuadro 6. Análisis textural y capacidad total de cambio

TURNO Y SUBTURNO	% DE PARTICULAS			TEXTURA (U.S.D.A)	C.T.C meq/100g
	ARENA	LIMO	ARCILLA		
1 Muestra de suelo	35.12	36.13	28.75	Franco arcillosa	23.1

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de planta una semana después del corte

En el cuadro 7, existen diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados en altura de planta a la semana del corte y también entre los bloques (Anexo 1). El coeficiente de variabilidad en la prueba de Duncan es de 2.78% lo que indica que los datos obtenidos son altamente confiables.

Cuadro 7. Altura de planta a la semana del corte Prueba de Duncan.

TRATAMIENTOS	cm	DUNCAN 0.05
T1 Sinorhizobium	28.87	a
T2 Urea	24.08	a
T3 Sinorhizobium + Urea	18.85	a
T4 Testigo	18.24	b
Cv =	2.78%	

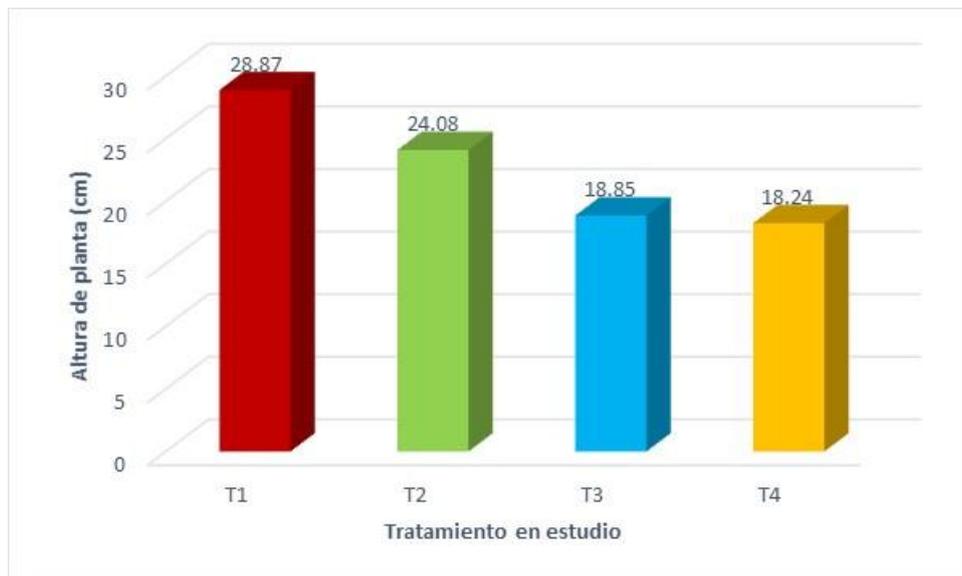


Figura 1. Prueba de Duncan, altura de planta a la primera semana después del corte

Al efectuar la prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad, (cuadro 7, Figura 1), para el estudio de Altura de planta a la semana del corte se puede observar que el tratamiento T1 que fue inoculado, con *Sinorhizobium meliloti* supera a los demás tratamientos, aunque sin diferencias estadísticas y que todos los tratamientos superan al testigo que no contó con *Sinorhizobium meliloti* ni con Urea.

4.2. Altura de planta dos semanas después del corte

Existen diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados en Altura de planta a las dos semanas del corte y también entre los bloques (Anexo 2), el coeficiente de variabilidad en la prueba de Duncan es de 4.99% lo que indica que los datos obtenidos son altamente confiables.

Cuadro 8. Prueba de Duncan para altura de planta a las dos semanas del corte

TRATAMIENTOS	cm	DUNCAN 0.05
T1 Sinorhizobium	29.85	a
T2 Urea	29.63	a
T4 Testigo	27.89	a
T3 Sinorhizobium + Urea	24.05	a
Cv=	4.99%	



Figura 2. Prueba de Duncan, altura de planta a las dos semanas después del corte

Al efectuar la prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad, (cuadro 8, Figura 2), para el estudio de Altura de planta a las dos semanas del corte se puede observar que el tratamiento T1 al igual que en la anterior evaluación, supera a los demás tratamientos, aunque sin diferencias estadísticas.

4.3. Altura de planta tres semanas después del corte

Existen diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados en altura de planta a las tres semanas del corte y también entre los bloques (Anexo 3), el coeficiente de variabilidad en la prueba de Duncan es de 3.88% lo que indica que los datos obtenidos son altamente confiables.

Cuadro 9. Prueba de Duncan para Altura de planta a las tres semanas del corte.

TRATAMIENTOS	cm	DUNCAN 0.05
T1 Sinorhizobium	45.65	a
T2 Urea	34.90	a
T4 Testigo	34.71	ab
T3 Sinorhizobium + Urea	28.67	b
CV=	3.88%	

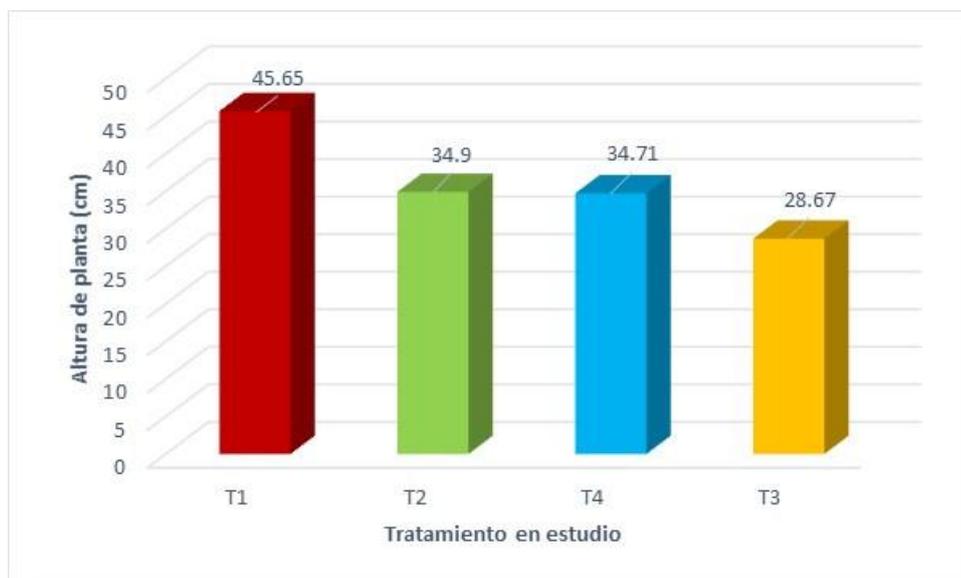


Figura 3. Prueba de Duncan, altura de planta a las tres semanas después del corte

Al efectuar la prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad (cuadro 9, Figura 3), para el estudio de Altura de planta a las tres semanas después del corte, se puede observar que en esta ocasión el testigo supera al tratamiento con mezcla de *Sinorhizobium meliloti* con Urea, y que no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos, aunque el tratamiento T1 con *Sinorhizobium meliloti* supera al resto de tratamientos.

4.4. Altura de planta 4 semanas después del corte

No existen diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados para Altura de planta a las cuatro semanas del corte, pero sí entre los bloques (Anexo 4), el coeficiente de variabilidad en la prueba de Duncan es de 24.55% lo que indica que los datos obtenidos son altamente confiables.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para altura de planta a las cuatro semanas del corte

TRATAMIENTOS	cm	DUNCAN 0.05
T1 Sinorhizobium	54.53	a
T2 Urea	54.42	ab
T4 Testigo	50.66	b
T3 sinorhizobium + Urea	45.29	b
CV=	24.55 %	

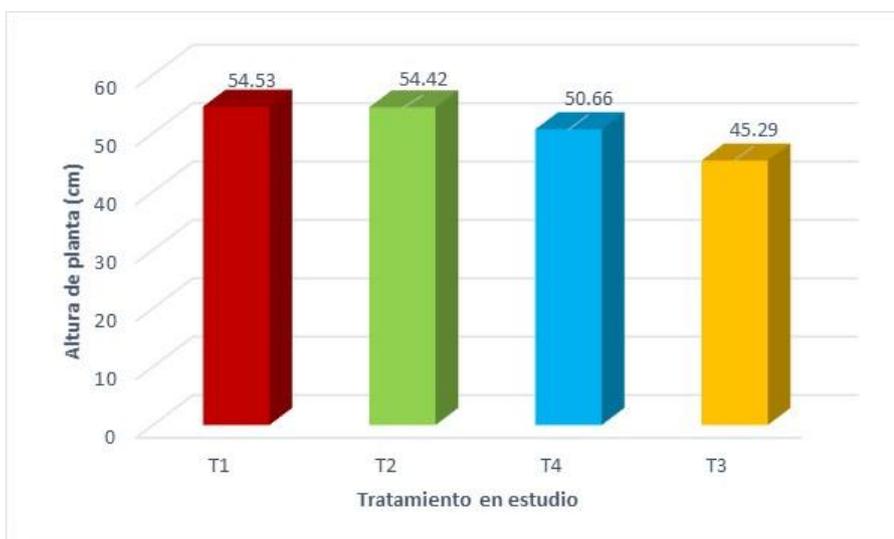


Figura 4. Prueba de Duncan, altura de planta a las cuatro semanas después del corte

Al efectuar la prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad, (cuadro 10, Figura 4), para el estudio de Altura de planta a las cuatro semanas del corte, se puede observar que el tratamiento T1 (*Sinorhizobium meliloti*), alcanzó 54.53 cm, mientras que el tratamiento T2 (Urea), lo hace con 54.42 cm, es decir, no hay diferencias estadísticas, pero sí hay una diferencia significativa con T3 (*Sinorhizobium meliloti* + urea) fue de 45.29 cm, y con T4 (testigo) que tiene 50.66 cm.

4.5. Biomasa seca de planta

No existen diferencias estadísticas en el Análisis de varianza entre los tratamientos estudiados para biomasa seca de planta, (Anexo 5)

Cuadro 11. Prueba de Duncan para Biomasa seca de planta.

TRATAMIENTOS	g.m ²	DUNCAN 0.05
T1 Sinorhizobium	0.24	a
T2 Urea	0.22	ab
T3 Sinorhizobium + urea	0.18	b
T4 Testigo	0.12	b

CV= 11.33%

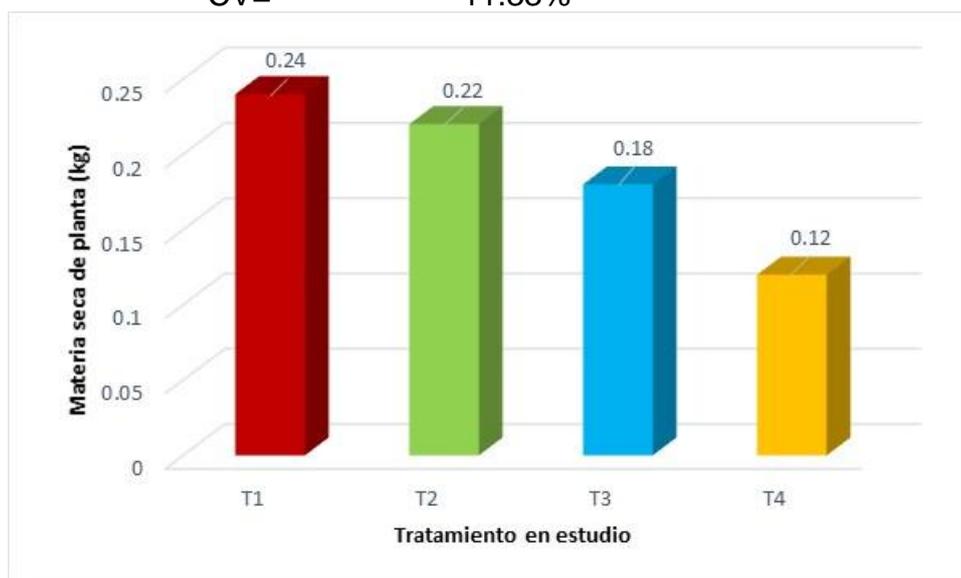


Figura 5. Prueba de Duncan. Biomasa seca de planta

Al efectuar la prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad (cuadro 11, Figura 5), para Materia seca de planta, se puede observar que el coeficiente de variabilidad es de 11.33% lo que indica que los datos obtenidos son confiables, y que el tratamiento T1 (*Sinorhizobium meliloti*) alcanzó 0.24 kg, mientras que el tratamiento T2 (urea), lo hace con 0.22 kg, es decir, no hay una diferencia marcada, pero tampoco hay una diferencia significativa con T3 (*Sinorhizobium meliloti* + urea) que es de 0.18 kg, pero si con T4 (testigo) que tiene 0.12 kg.

4.6. Biomasa seca de raíz

No existen diferencias estadísticas en el Análisis de varianza entre los tratamientos estudiados para biomasa seca de raíz (Anexo 6).

cuadro 12. Prueba de Duncan para materia seca de raíz.

TRATAMIENTOS	g.m ²	DUNCAN 0.05
T2 Urea	0.23	a
T3 Sinorhizobium +Urea	0.19	a
T1 Sinorhizobium	0.18	A
T4 Testigo	0.18	A
CV=	9.65 %	

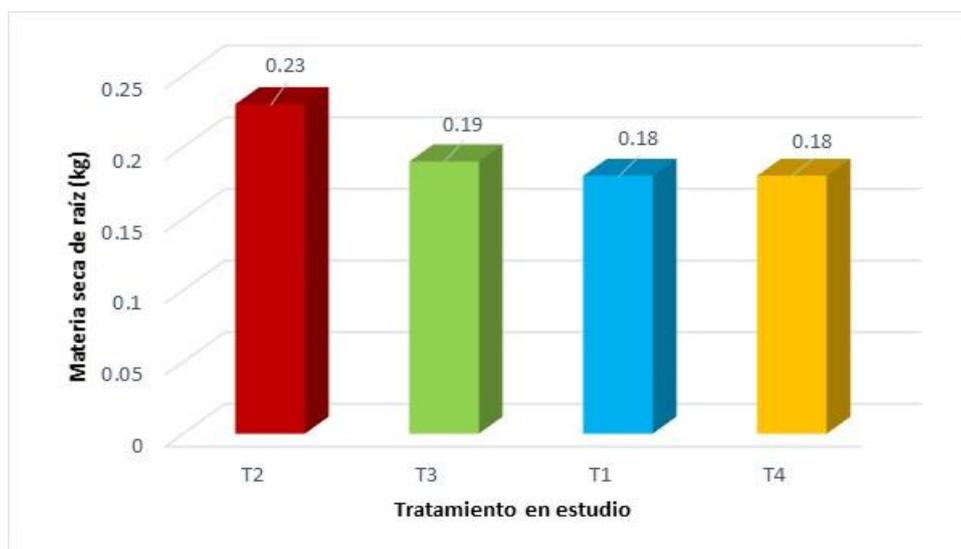


Figura 6. Prueba de Duncan para biomasa seca de raíz

Al efectuar la prueba de significación de Duncan al 0.05 de probabilidad (Cuadro 12, Figura 6), para materia seca en raíz, se puede observar que los pesos son similares a los de la planta, pero además de no haber diferencias estadísticas entre los mismos; supera al resto el que tiene aplicación de Urea, siendo el testigo similar al que tuvo *Sinorhizobium meliloti*

4.7. Rendimiento

No existen diferencias estadísticas en el Analisis de varianza entre los tratamientos estudiados para rendimiento (Anexo 7). El coeficiente de variabilidad en la prueba de Duncan es de 2.78 % lo que indica que los datos obtenidos son confiables.

Cuadro 13. Prueba de Duncan para Rendimiento

TRATAMIENTOS	g.m ²	DUNCAN 0.05
T2 Urea	1700.00	a
T1 Sinorhizobium	1650.00	ab
T3 Sinorhizobium + Urea	1600.00	b
T4 Testigo	1500.00	b
CV=	2.78 %	



Figura 7. Prueba de Duncan. Rendimiento en gramos por parcela

Al efectuar la prueba de Duncan al 0.005 de probabilidad (cuadro 13, Figura 7), para el rendimiento, se puede observar que al igual que lo encontrado para materia seca, no hay diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2, aunque en esta ocasión rinde más el T2 (Urea) que el T1 (*Sinorhizobium meliloti*). El T2 (urea) supera al testigo significativamente, pero el que tiene *Sinorhizobium meliloti* T1 no lo hace significativamente.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para Rendimiento (t.ha⁻¹)

TRATAMIENTOS	t.ha ⁻¹
T2 Urea	0.40
T1 sinorhizobium	0.39
T3 sinorhizobium + Urea	0.38
T4 Testigo	0.36

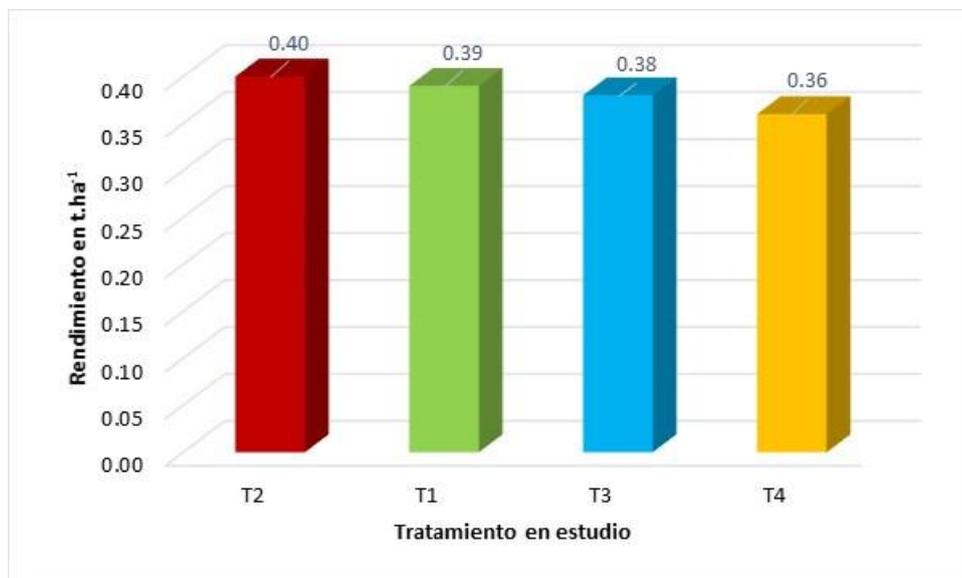


Figura 8. Prueba de Duncan. Rendimiento en toneladas por hectárea.

Los resultados indican que aplicar fertilizante nitrogenado al suelo (Urea), es mejor que aplicar *Sinorhizobium* sólo sin urea; y que cuando se aplica de esta manera este último rinde estadísticamente igual que la Urea; lo que significa que si se quiere realizar agricultura orgánica de alfalfa se puede aplicar *Sinorhizobium* al

suelo, lográndose rendimientos de 1,650 kg. ha⁻¹, bastante cercanos a los 1,700 kg. ha⁻¹ con Urea, y estadísticamente similares.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable largo de tallo

F.V.	SC	gl	CM	F	
Repeticiones	0,0202	3	0.0067	4.00	**
Tratamiento	0,2558	3	0.0233	13.88	**
Entre bloques	0,2334	3	0.0467	27.47	**
Bloque I	0,0084	3	0.0042	2.52	NS
Bloque II	0,0200	3	0.0100	2.47	NS
Bloque III	0,0100	3	0.0050	2.49	NS
Bloque IV	0,0041	3	0.0020	1.18	NS
Error	0,0553	33	0.0017		
Total	0,3313	39			

Coefficiente de variación: 9.36%

**= Altamente significativo

NS = No Significativo

En la tabla de Análisis de Varianza para la variable largo de tallo (Cuadro 15), se observa una alta significación estadística al 1% entre tratamientos y presenta significación entre repeticiones. El análisis entre los grupos bloques, presenta alta significación estadística, en cambio el análisis realizado dentro de cada uno de los grupos muestra una no significación; observándose un coeficiente de variación de 9,36% lo que para Ferreira (2000), significa que el experimento presenta una óptima precisión experimental, ya que el valor obtenido es inferior al 10%. El promedio es de 0,44 m.

Cuadro 16. Prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en la variable largo de tallo

TRATAMIENTO	Medias (m)	Rangos
T1 Rhizobium	0,58	a
T2 Urea	0,46	a b
T3 Rhizobium + Urea	0,38	b c
T4 Testigo	0,31	C

En la prueba de significación Tukey al 5% para la variable largo de tallo, se observan tres rangos de significación. Los que obtuvieron los mejores resultados fueron el tratamiento T1 y el tratamiento T2, sobresaliendo el tratamiento T1 con una media de 0,58 m de largo de tallo.

Mientras que el que presentó el menor resultado fue el testigo (T4) con una media de 0,31 metros.

V. DISCUSIÓN

Se observa que respecto a una de las variables estudiadas, como es la altura; entre la primera y segunda semana después del corte, la variación del aumento de altura no fue tan marcada en el T1 que fue de 28.87 cm pasó a 29.85 cm, lo contrario ocurrió en los otros tratamiento; así en el T2 subió de 24.08 cm a 29.63 cm, en el T3 de 18.85 cm aumentó a 24.05 cm y en el T4 de 18.24 cm a 27.89 cm.

A la tercera semana, el aumento de la altura de la alfalfa en sus diversos tratamientos, produjo un aumento considerable solamente en el T1 que pasó de 29.85 cm a 45.85 cm y en los otros se mantuvo constante el aumento como ocurrió de la primera a la segunda semana, así el T4 de 27.89 cm a 34.71 cm, el T2 subió 5 cm y el T3 subió 4.5 cm.

Cuando se llegó a la cuarta semana después del corte, prácticamente las cuatro muestras aumentaron su altura marcadamente respecto a las anteriores semanas, siendo el de mayor pronunciación la T2, que pasó de 34.90 cm a 54.42 cm y la T4 (muestra testigo) subió de 34.90 cm a 54.42 cm.

Todos estos resultados, muestran un crecimiento sostenido de la alfalfa, observándose en una que otra semana una diferencia notoria en unos que otros. Pero, que es lo que indican, simplemente que el tratamiento aplicado, si rinde los resultados esperados, datos que luego de ser tratados estadísticamente en lo concerniente a la prueba de Duncan que sirve para medir este tipo de tratamientos, permiten afirmar que son altamente confiables, es decir se puede afirmar que el estudio es positivo.

Estos resultados son similares a los hallados por Pacotaype (2018), cuando luego de realizar su experimento encontró que los tratamientos con melaza de caña + harina de trigo, maicena + harina de trigo y melaza de caña + roca fosfórica, mantuvieron el número de los rizobios por encima del mínimo exigido (1000

rizobios/semilla) hasta los 19 días; mientras el tratamiento maicena + roca fosfórica mantuvo el número adecuado de rizobios sólo hasta los 6 días.

Lo contrario sucedió con Westermeyer (2006), en su estudio “Efecto de *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* (Frank) y *Pantoea agglomerans* (Beijerinck) inoculadas a la rizósfera de *Trifolium pratense* L.”, donde halló que el desempeño de *Rhizobium leguminosarum* no fue óptimo, es decir, concluyó que altas dosis de N inhiben la acción bacteriana.

Teóricamente Lee y Smith (1972) citado por Tingal 2015, afirman que La fertilización nitrogenada de la alfalfa es una práctica cuestionada generalmente en los alfalfares establecidos, porque la planta asimila el nitrógeno atmosférico que la bacteria *Sinorhizobium meliloti* fija simbióticamente en los nódulos formados en sus raíces y el abonado nitrogenado no mejora la producción anual de forraje o lo hace de una forma no rentable. Pero a la vez, se conoce que la alfalfa puede cubrir sus necesidades de nitrógeno para producir sus proteínas vegetales, gracias a su convivencia con la bacteria *Sinorhizobium meliloti* que fija el nitrógeno atmosférico a través de los nódulos que forma en las raíces. Asimismo, si a la alfalfa se le aporta abono nitrogenado, sea químico o en los purines, la planta toma con preferencia el aportado y deja de producir nódulos y fijar nitrógeno atmosférico a través de las bacterias. Es decir, los resultados hallados son corroborados por estas afirmaciones teóricas.

Por lo que, este comportamiento de la alfalfa ha promovido diferentes investigaciones encaminadas a utilizar a la planta como capturadora del nitrógeno en exceso del suelo Beaudoin y otros (1992); Daliparthy y otros (1994); es decir, hacer que la planta, en lugar de fijar nitrógeno atmosférico, aproveche el nitrógeno excedente de otros cultivos o el aportado en forma de purines, lo que contribuiría a eliminar este residuo contaminante procedente de las explotaciones ganaderas. Debe tenerse en cuenta la profundidad de sus raíces, que pueden superar el metro

y medio, por lo que contribuiría asimismo a captar el nitrógeno filtrado a profundidades a las que no llegan las raíces de otros cultivos.

Para el peso seco de la planta se observa que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados, siendo el tratamiento T1 (*Sinorhisobium meliloti*) el mayor con un peso de 0.24 kg sin diferencia significativa con la urea, obteniendo entre todo un coeficiente de variabilidad de 11.33% lo que indica que los datos obtenidos son confiables. En cuanto al peso seco de raíz, se puede observar que los pesos son similares a los de la planta, pero además de no haber diferencias estadísticas entre los mismos, supera al resto el que tiene aplicación de urea, siendo el testigo similar al que tuvo *Sinorhizobium*. En los rendimientos se aprecia que su comportamiento es similar a lo descrito para la materia seca.

V. CONCLUSIONES

La mayor altura de la planta se observó a la cuarta semana del corte en donde el tratamiento T1 (*Sinorhizobium*), alcanzó 54.53cm, mientras que el tratamiento T2 (urea), lo hace con 54.42cm, es decir, no hay una diferencia marcada, pero sí hay una diferencia significativa con T3 (*Sinorhizobium* + urea) que fue de 45.2cm, y con T4 (testigo) que tiene 50.66 cm.

Respecto a la materia seca de la planta se observa que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados, pero sí entre los bloques, siendo el tratamiento T1 (*Sinorhizobium*) el mayor con un peso de 0.24 kg, obteniendo entre todos unos coeficientes de variabilidad de 11.33% lo que indica que los datos obtenidos son confiables.

En cuanto a la materia seca de raíz, se puede observar que los pesos son similares a los de la planta, pero además de no haber diferencias estadísticas entre los mismos; supera al resto el que tiene aplicación de Urea, siendo el testigo similar al que tuvo *Sinorhizobium*.

Los resultados de los rendimientos indican que es necesario aplicar fertilizante nitrogenado al suelo (Urea), y que es mejor aplicar *Sinorhizobium* solo, sin urea, y que cuando se aplica de esta manera, rinde estadísticamente igual que la urea; lo que significa que si se quiere realizar agricultura orgánica de alfalfa se debe aplicar *Sinorhizobium* al suelo.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar trabajos de investigación similares utilizando semillas de otras leguminosas y otros materiales adherentes y de recubrimiento.

Hacer uso de Sinorhizobium cuando se trata de una agricultura orgánica; y al inicio de la siembra, contar con semillas inoculadas.

Contar con evaluaciones sucesivas 2 o 3 meses después del corte del alfalfar.

Evaluar las poblaciones de nódulos, en las raíces de las plantas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Albarracín, E. 2017. Montaje de un proyecto comunitario, productor de harina de alfalfa, (*Medicago sativa*), en la vereda orgóniga. México: Edit. Universidad nacional Abierta y a Distancia – UNAD en el Municipio de Panqueba, Boyacá .
- Altamirano, G. 2009. Evaluación agronómica de una variedad y cinco híbridos de alfalfa (*Medicago sativa*). Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo. Ambato – Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Beaudoin, N., Denys, D., Muller, J., Monbrun, M. y Ledain, C. . (1992). Influence d'une culture de luzerne sur le lessivage du nitrate dans les sols de Champagne crayeuse. *Fourrages*, 129, 45-57.
- Bologna, J. 2014. ¿Por qué inocular leguminosas forrajeras? Departamento técnico Barenbrug Palaversich. Buenos Aires, Argentina.
- Bonomi, A. 1985. Technological development for *Rhizobium japonicum* growt. Proceed-ings of the workshop on *Rhizobium/legume* inoculants. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 263-271.
- Cabezas, R. 1972. Variacion de la calidad de alfalfa en la zona central de Chile (Pirque), durante la estación de verano. Tesis para optar el título Ingeniero Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago. 83 p.
- Castillo, D. 1985. V Seminario de Leguminosas de Grano. Estación Experimental DIPEX. Temuco, Chile. p.50-53.
- Clementeviven. 2010. La Alfalfa . Consultado 10.10.2019: Recuperado de: <http://area-web.net/clementeviven>.
- Del Pozo, M. 1983. La Alfalfa su cultivo y aprovechamiento. Madrid, España: Mundi-Prensa editorial.
- DGPA. 2005. Dirección de Crianzas. Manual de manejo de pastos cultivados para zonas altoandinas. Ayacucho, Perú.

- Erdman, W. 1968. Inocule sus leguminosas. Agricultura de las Américas. Estados Unidos.
- Espinoza, M. y Ramos J. 2001. El cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo. Folleto para productores. No. 22. Fundación Produce de Aguascalientes e INIFAP. Campo Ex-perimental Pabellón. CIRNOC-INIFAP. Pp. 1-8
inifap@codagea.edoags.gob.mx.
- Ferreira, J. (2000) Strategic interaction between futures and spot markets. Journal of economic, 141-151.
- Frenandez, M. et.al. 2002. Fijacion biológica del nitrógeno: factores limitantes. ciencia y Ciencia Medio Ambiente - CCMA-CSIC. Pp 196-198.
- Garrido, M. 2008. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Centro de Biotecnología y Bioindustria. Laboratorio de Microbiología de Suelos. Comunicación personal. mgarrido@corpoica.org.co. .
- Gonzales, C., y otros, 1973. Estudio del estado nutritivo en cultivos de alfalfa (Medicago Santiva I.) cultivares Moapa y Liquen. Agricultura Técnica (Chile) 23 (4): 165.
- Hanson, C. 1972. Ciencia y tecnología de la alfalfa, Tomo I. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur.
- Juscafresa, B. 1985. Forrajes fertilización valor nutritivo. (2a. ed.) . Madrid, España: Ed. Aedos.
- Juscafresca, B. 1983. Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. (2a. ed.) . Barcelona, España: Editorial Aedos .
- Lopez, I. 1993. Bases fisiológicas la utilización de la alfalfa En: Latrille L. (Ed.) producción animal. Universidad austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Producción Animal. Serie B17.Valdivia.pp:157-190.
- Madigan, M.,y otros. 2002. Biología de los microorganismos. (10a. ed.). México: Ed. Pearson.

- Mc Donald, P., Edwards, R. and Greenhalgh, J. 1969. Animal Nutrition. Cliver and Body. Edinburg, Germany. 407p.
- Muslera, P. y Ratera. L. 1984. Praderas y forrajes. (2a. ed.). Madrid, España: Editorial Mundi prensa.
- Navarro, S. 2003. Química Agrícola. (2a ed.). Mexico: Edit. Mundi Prensa.
- Newton, W. y Fisher, K. 2002. Nitrogen Fixation - A General Overwiev in Nitrogen Fixation at the Millenium . New York: Elsevier Publications.
- Pacotaype, H. 2018. Dinámica poblacional de Sinorhizobium meliloti en semillas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) pelletizadas con diferentes materiales, Ayacucho. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Perticari, A. 2006. Pasturas de alfalfa: importancia de una adecuada inoculación . Consultado el 20.10.2019:Recuperado de: <http://www.infogranjas.com.ar/index.php?option=com:content&view=article%id=1093%3Apasturas-de-alfalfa-importancia-de-una-adecuada-inoculation&catid=303%3Apasturas-alfalfa&Itemid0157>.
- Picasso, L. 2010. Descripción de Alfalfa (*Medicago sativa*). Consultado el 10.10.2019: Recuperado de: http://www.picasso.com.ar/descripcionsemillas_de_alfalfa.php.
- Racca, R., y otros, 2001. Contribución de la Fijación Biológica de Nitrógeno a la Nutrición Nitrogenada de la Alfalfa en la Región Pampeana. Buenos Aires, Argentina: Editorial INTA.
- Rebah, F.,y otros. 2007. Agro-industrial waste materials and wastewater sludge for rhizobial inoculant production: A review. Bioresource Technology. 98: 3535-3546. .
- Rotondaro, R. 2018. Boletín Informativo para el sector agropecuario- CORFO-Chubut. N° 77 de Diciembre de 2018. ACA Nutrición de Cultivos pp: 1-3. .
- Salisbury, F. 2003. Fisiología vegetal. México: Edit. Iberoamérica.

Sevillano, F. y Rodriguez, C. . 1987. Sistemas simbioticos fijadores de nitrogeno de interés aplicado en agricultura. En: Avances en la biologia de la Fijacion de nitrogeno atmosférico. . Sevilla, España: Edt Universidad de Sevilla.

Soto, P. 2000. Alfalfa en la zona centro sur de Chile. Colección libros INIA N° 4 Instituto de Investigación y Progreso Agropecuario. Chillan, Chile, 266 pp.

Soto, P. y Martines, G. 1985. Pastoreo en la alfalfa su uso oportuno en básico para el crecimiento de la planta. Investigación y Progreso Agropecuario.Quilamapu (INIA). Chillan, Chile.

Takasaki, J. 1976. Studies on the performace of lucerne swards. Relation ships between top weight ande carbohydrate root reserve of individual plant under sward con-dition.Proceding of Crop Science Society of Japan. 45(2): 238-242.

Tingal, J. 2015. Evaluación de Leguminosas en la Región de Cajamarca –Baños del Inca. Tesis Para optar el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias Cajamarca. p.14.

Westermeyer, M. 2006. Efecto de *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* (Frank) y *Pantoea agglomerans* (Beijerinck) inoculadas a la rizósfera de *Trifolium pratense* L. Valdivia. Valdivia, Chile: Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Austral de Chile.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Altura de planta

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	9.59895	3	3.19965	6.11307237	0.01489177	3.86254836
Columnas	297.97165	3	99.3238833	189.762657	1.8812E-08	3.86254836
Error	4.7107	9	0.52341111			
Total	312.2813	15				

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>F. de V.</i>	<i>S.C</i>	<i>G.L</i>	<i>C.M</i>	<i>Ft</i>	<i>Fc (0.05)</i>	<i>Fc (0.01)</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Significancia</i>
Filas	9.60	3.00	3.20	6.11	3.86	6.99	0.01340	*
Columnas	297.97	3.00	99.32	189.76	3.86	6.99	1.4312E-08	**
Error	4.71	9.00	0.52					
Total	312.28	15.00						

Anexo 2. Altura de planta

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	9.69699	3	3.26805	10.7289654	0.01489177	3.86254836
Columnas	298.88154	3	99.3458944	14.9087965	1.8812E-08	3.86254836
Error	4.7005	9	0.51451100			
Total	313.27903	15				

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>F de V.</i>	<i>S.C</i>	<i>G.L</i>	<i>C.M</i>	<i>Ft</i>	<i>Fc (0.05)</i>	<i>Fc (0.01)</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Significancia</i>
Filas	62.11	3.00	20.70	10.73	3.86	6.99	0.01220	**
Columnas	86.33	3.00	28.78	14.91	3.86	6.99	1.3549E-08	**
Error	17.37	9.00	1.93					
Total	165.80	15.00						

Anexo 3. Altura de planta

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	0.01304230	3	0.00444325	4.56890054	0.20383157	3.86254836
Columnas	0.03222054	3	0.01046905	102.706432	0.03966954	3.86254836
Error	0.02096548	9	0.0023668			
Total	0.06622832	15				

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>F de V.</i>	<i>S.C</i>	<i>G.L</i>	<i>C.M</i>	<i>Ft</i>	<i>Fc (0,05)</i>	<i>Fc (0,01)</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Significancia</i>
Filas	26.64	3.00	8.88	4.57	3.86	6.99	0.01460	*
Columnas	599.40	3.00	199.80	102.71	3.86	6.99	1.5004E-08	**
Error	17.51	9.00	1.95					
Total	643.55	15.00						

Anexo 4. Altura de planta

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>F. de V.</i>	<i>S.C</i>	<i>G.L</i>	<i>C.M</i>	<i>Ft</i>	<i>Fc(0.05)</i>	<i>Fc(0.01)</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Significancia</i>
Filas	16.73	3.00	5.58	1.81	3.86	6.99	0.01406	N.S
Columnas	226.76	3.00	75.59	24.48	3.86	6.99	1.5381E-08	**
Error	27.79	9.00	3.09					
Total	271.28	15.00						

Anexo 5. Materia seca de planta

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	0.01374769	3	0.00458256	1.8774101	0.20383157	3.86254836
Columnas	0.03111069	3	0.01037023	4.24853409	0.03966954	3.86254836
Error	0.02196806	9	0.0024409			
Total	0.06682644	15				

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>F. de V.</i>	<i>S.C</i>	<i>G.L</i>	<i>C.M</i>	<i>Ft</i>	<i>Fc(0.05)</i>	<i>Fc(0.01)</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Significancia</i>
Filas	0.01	3.00	0.00	1.88	3.86	6.99	0.01388	*
Columnas	0.03	3.00	0.01	4.25	3.86	6.99	1.4900E-08	**
Error	0.02	9.00	0.00					
Total	0.07	15.00						

Anexo 6. Materia seca de raíz

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	0.0365625	3	0.0121875	6.75	0.01112051	3.86254836
Columnas	0.0053125	3	0.00177083	0.98076923	0.44403196	3.86254836
Error	0.01625	9	0.00180556			
Total	0.058125	15				

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	0.0365625	3	0.0121875	6.75	0.01112051	3.86254836
Columnas	0.0053125	3	0.00177083	0.98076923	0.44403196	3.86254836
Error	0.01625	9	0.00180556			
Total	0.058125	15				

Anexo 7. Rendimiento

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	14712.5	3	4904.16667	2.43349414	0.13191	3.86254836
Columnas	87500	3	29166.6667	14.4727774	0.00086353	3.86254836
Error	18137.5	9	2015.27778			
Total	120350	15				

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>F. de V.</i>	<i>S.C</i>	<i>G.L</i>	<i>C.M</i>	<i>Ft</i>	<i>Fc(0.05)</i>	<i>Fc(0.01)</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Significancia</i>
Filas	14712.50	3.00	4904.17	2.43	3.86	6.99	0.013005	N.S
Columnas	87500.00	3.00	29166.67	14.47	3.86	6.99	1.4546E-08	**
Error	18137.50	9.00	2015.28					
Total	120350.00	15.00						

ANEXO 8



Inicio de evaluación



Midiendo el rendimiento



Técnica m^2 para medir rendimiento por hectárea



Floración



Sacando la raíz a 30-40 cm de profundidad



Raíz obtenida



Peso en fresco para obtener materia seca