

DENSIDAD DE SIEMBRA E INOCULACIÓN DE RHIZOBIUM (*Rhizobium meliloti*) EN SEMILLAS DE ALFALFA (*Medicago sativa*, L.) EN SEMILLEROS.

FRANKLIN ROBERTO PALATE CRIOLLO

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ESTRUCTURADO DE MANERA
INDEPENDIENTE PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR POR
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

CEVALLOS – ECUADOR

2012

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del presente trabajo de investigación, titulado “Densidad de siembra e inoculación de rhizobium (*Rhizobium meliloti*) en semillas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.) en semilleros”, nos corresponde propiamente a: Franklin Roberto Palate Criollo, autor del trabajo de investigación y al Patrimonio Intelectual de la Universidad Técnica de Ambato.

Franklin Roberto Palate Criollo

Autor

DENSIDAD DE SIEMBRA E INOCULACIÓN DE RHIZOBIUM (*Rhizobium meliloti*) EN SEMILLAS DE ALFALFA (*Medicago sativa*, L.) EN SEMILLEROS.

APROBADO POR:

Ing. Mg. Alberto Gutiérrez Albán

TUTOR

Ing. Mg. Luciano Valle Velásteguí

ASESOR DE BIOMETRÍA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

FECHA:

Ing. Agr. M.Sc. Julio Benítez R.

PRESIDENTE

Ing. Mg. Giovanni Velástegui Espín

Ing. Mg. Hernán Zurita Vásquez.

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado vida, sabiduría y fortaleza para seguir adelante pese a las adversidades y poder alcanzar este logro tan importante en mi vida.

A mi padre Juan Segundo Fidel (+), a quien le perdí desde muy pequeño y quien me hizo mucha falta, pero sé que desde el cielo me dio y seguirá dando bendiciones.

A mi madre María Balvina, quien ha sido padre y madre, pilar fundamental para alcanzar cada uno de mis logros y que supo luchar día a día para poder sobresalir, por su apoyo moral, valores y consejos.

A toda mi familia quien con sus consejos y apoyo en los buenos y malos momentos me han sabido ayudar.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la Facultad de Ingeniería Agronómica, por acogerme en sus aulas y darme los conocimientos para poder desempeñarme en el campo profesional.

Al Ingeniero Alberto Gutiérrez, Tutor, que con su ayuda, consejos, conocimientos y tiempo he podido culminar el presente trabajo de investigación, de igual manera al Ingeniero Luciano Valle, Asesor de Biometría y al Ingeniero Eduardo Cruz, Asesor de Redacción Técnica.

A mis profesores, quienes han impartido sus enseñanzas y experiencias en los cinco años de vida estudiantil, y a todos mis amigos que me han brindado su apoyo en cada uno de los momentos que los he necesitado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO	1
CAPÍTULO 1	3
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.2. ANÁLISIS CRÍTICO DEL PROBLEMA.	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	5
1.4. OBJETIVOS	6
1.4.1. General	6
1.4.2. Específicos.	7
CAPÍTULO 2	8
MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS	8
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	8
2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	9
2.2.1. Cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i> , L.) en el semillero.....	9
2.2.1.1. Generalidades.	9
2.2.1.2. Botánica de la alfalfa.....	9
2.2.1.3. Requerimiento del cultivo en el semillero.....	10
2.2.1.3.1. Suelo.....	10
2.2.1.3.2. Agua.	10
2.2.1.3.3. Clima.	11
2.2.1.4. Manejo del semillero de alfalfa.....	11
2.2.1.4.1. Preparación de terreno.....	11
2.2.1.4.2. Cama de siembra.	11
2.2.1.4.3. Elección de semilla.....	12
2.2.1.4.4. Inoculación de rhizobium.....	12

2.2.1.4.5. Siembra.....	13
2.2.1.4.6. Control de malezas.....	13
2.2.1.4.7. Aspectos Nutricionales.....	13
2.2.1.4.8. Riego.....	14
2.2.1.4.9. Plagas y enfermedades.....	14
2.2.2. Densidad de siembra.....	17
2.2.2.1. Factores incidentes en la densidad de semilla a emplearse.....	17
2.2.2.1.1. Calidad de semilla.....	17
2.2.2.1.2. Edad de la semilla.....	18
2.2.2.1.3. Cantidad de semilla.....	18
2.2.2.1.4. Temperatura.....	18
2.2.3. Inoculación de Rhizobium.....	19
2.2.4. Calidad de plántulas.....	19
2.3. HIPÓTESIS.....	20
2.4. VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.....	20
2.4.1. Variables independientes.....	20
2.4.2. Variable dependiente.....	20
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	21
CAPÍTULO 3.....	22
METODOLOGÍA.....	22
3.1. ENFOQUE, MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	22
3.1.1. Enfoque.....	22
3.1.2. Modalidad.....	22
3.1.3. Tipo de investigación.....	22
3.2. UBICACIÓN DEL ENSAYO.....	22
3.3. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR.....	23

3.3.1.	Clima.....	23
3.3.2.	Suelo.	23
3.3.3.	Agua.....	23
3.3.4.	Cultivos.....	23
3.4.	FACTORES DE ESTUDIO.	23
3.4.1.	Número de semilla por metro cuadrado (S).....	23
3.4.2.	Dosis de inoculante (D).	24
3.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	24
3.6.	TRATAMIENTOS.....	24
3.7.	DISEÑO O ESQUEMA DE CAMPO.....	25
3.7.1.	Esquema del ensayo.....	25
3.7.2.	Memoria.....	25
3.8.	DATOS TOMADOS.....	25
3.8.1.	Longitud de raíz principal.....	25
3.8.2.	Diámetro de raíz principal.	25
3.8.3.	Longitud de tallo principal.....	26
3.8.4.	Diámetro del tallo principal.	26
3.8.5.	Número de macollos.	26
3.8.6.	Área foliar.	26
3.9.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	26
3.10.	MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN.	27
3.10.1.	Adquisición de semilla.....	27
3.10.2.	Pruebas de germinación.	27
3.10.3.	Preparación de terreno.	27
3.10.4.	Limpieza de terreno.	27
3.10.5.	Emparejado del terreno.	27

3.10.6.	Trazado de las unidades experimentales.....	27
3.10.7.	Cercado.....	28
3.10.8.	Abonadura.....	28
3.10.9.	Inoculación de Rhizobium.....	28
3.10.10.	Siembra.....	28
3.10.11.	Riegos.....	28
3.10.12.	Toma de datos.....	28
CAPÍTULO 4		29
RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN		29
4.1.	LARGO DE RAÍZ.....	29
4.2.	DIÁMETRO DE RAÍZ.....	32
4.3.	LARGO DE TALLO.....	35
4.4.	DIÁMETRO DE TALLO.....	38
4.5.	NÚMERO DE MACOLLOS.....	41
4.6.	ÁREA FOLIAR.....	44
4.7.	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	46
CAPÍTULO 5		47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		47
5.1.	CONCLUSIONES.....	47
5.2.	RECOMENDACIONES	48
CAPÍTULO 6.....		49
PROPUESTA		49
6.1.	TÍTULO.....	49
6.2.	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	49
6.3.	JUSTIFICACIÓN.....	50
6.4.	OBJETIVO	51

6.5.	FUNDAMENTACIÓN.	51
6.5.1.	Alfalfa.	51
6.5.2.	Densidad de semilla.	51
6.5.3.	Inoculación de Rhizobium.	52
6.6.	IMPLEMENTACIÓN Y PLAN DE ACCIÓN.	52
6.6.1.	Adquisición de semilla.	52
6.6.2.	Pruebas de germinación.	52
6.6.3.	Preparación de terreno.	53
6.6.4.	Limpieza de terreno.	53
6.6.5.	Emparejado del terreno.	53
6.6.6.	Cercado.	53
6.6.7.	Abonadura.	53
6.6.8.	Densidad de siembra.	53
6.6.9.	Inoculación de Rhizobium.	54
6.6.9.1.	Metodología para la inoculación.	54
6.6.9.	Siembra.	54
6.6.10.	Riegos.	54
6.6.11.	Deshierba.	55
6.6.12.	Cosecha.	55
6.7.	ADMINISTRACIÓN.	55
6.8.	EVALUACIÓN.	55
6.8.1.	Económica.	55
6.8.2.	Social.	56
6.8.3.	Científico – Tecnológico.	56
7.	BIBLIOGRAFÍA.	57
	APÉNDICE	62

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. TRATAMIENTOS	24
CUADRO 2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LARGO DE RAÍZ.	29
CUADRO 3. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% EN LA VARIABLE LARGO DE RAÍZ.....	30
CUADRO 4. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE GRUPOS DE LA VARIABLE LARGO DE RAÍZ.....	31
CUADRO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE DIÁMETRO DE RAÍZ.....	32
CUADRO 6. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% EN LA VARIABLE DIÁMETRO DE RAÍZ.	33
CUADRO 7. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE GRUPOS DE LA VARIABLE DIÁMETRO DE RAÍZ.....	34
CUADRO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LARGO DE TALLO.	35
CUADRO 9. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% EN LA VARIABLE LARGO DE TALLO.....	36
CUADRO 10. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE GRUPOS DE LA VARIABLE LARGO DE TALLO.	37
CUADRO 11. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DIÁMETRO DE TALLO.	38
CUADRO 12. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% EN LA VARIABLE DIÁMETRO DE TALLO.	39
CUADRO 13. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE GRUPOS DE LA VARIABLE DIÁMETRO DE TALLO.....	40
CUADRO 14. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE EL GRUPO 2 (S2) DE LA VARIABLE DIÁMETRO DE TALLO.	40
CUADRO 15. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE MACOLLOS.	41

CUADRO 16. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% EN LA VARIABLE NÚMERO DE MACOLLOS.	42
CUADRO 17. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE GRUPOS DE LA VARIABLE NÚMERO DE MACOLLOS.....	43
CUADRO 18. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE EL GRUPO 3 (S3) DE LA VARIABLE NÚMERO DE MACOLLOS.	43
CUADRO 19. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ÁREA FOLIAR.	44
CUADRO 20. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% EN LA VARIABLE ÁREA FOLIAR.....	45
CUADRO 21. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE GRUPOS DE LA VARIABLE ÁREA FOLIAR.	46

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto se realizó en el barrio Simón Bolívar, parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua. El terreno se encuentra a una altitud de 2.650 msnm y en las siguientes coordenadas geográficas: 1°16'27.31'' Latitud Sur, y 78°34'32.42'' Longitud Oeste. Con el propósito de determinar la densidad de siembra (S1 1,5g/m², S2 2,0g/m², S3 2,5g/m²) e inoculación de rhizobium (*Rhizobium meliloti*) (D1 0,083g, D2 0,11g, D3 0,14g) en semillas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.) variedad morada nacional en semilleros, con la finalidad de obtener plántulas de mejor calidad.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 3x3+3, con cuatro repeticiones. Se efectuó el análisis de varianza ADEVA, pruebas de Tukey al 5% para determinar el mejor tratamiento y el análisis grupal para establecer la dosis de inoculante adecuada para cada una de las densidades de semilla.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Determinar la densidad de semilla por metro cuadrado de semillero, para la producción de plántulas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.).
- Definir la dosis de inoculante adecuada (*Rhizobium meliloti*) en las semillas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.) para la producción de plántulas.

Del análisis de los datos obtenidos se concluyó que:

- La densidad con 0,15 gramos de semilla por metro cuadrado de semillero fue la adecuada para la producción de plántulas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.).
- La dosis 0,14 gramos de inoculante (*Rhizobium meliloti*) fue la adecuada en las semillas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.) para la producción de plántulas.
- En la variable largo de raíz, el mejor tratamiento fue S1D3 (1,5g/m² y 0,14g de inoculante) con un valor medio de 0,36 metros.

- El mejor tratamiento para la variable diámetro de raíz fue S1D3 (1,5g/m² y 0,14g de inoculante) con un valor medio de 0,68 centímetros.
- El tratamiento S1D3 (1,5g/m² y 0,14g de inoculante) para la variable largo de tallo, mostró el mejor resultado con una media de 0,58 metros.
- En la variable diámetro de tallo, el mejor tratamiento fue S1D3 (1,5g/m² y 0,14g de inoculante) con un valor medio de 0,41 centímetros.
- El mejor tratamiento para la variable número de macollos fue S1D2 (1,5g/m² y 0,11g de inoculante) con un valor medio de 3,15 macollos.
- En la variable área foliar, el mejor tratamiento fue S1D3 (1,5g/m² y 0,14g de inoculante) con un valor medio de 4,77 centímetros cuadrados.

CAPÍTULO 1

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El escaso conocimiento de los agricultores en la densidad de siembra y la inoculación de *Rhizobium meliloti* en semillas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.), inciden altamente en la calidad de la plántula y producción en agricultores del sector Simón Bolívar, parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

Al respecto Rodríguez (2010), menciona que debido a la calidad alimenticia y a las altas producciones de materia seca de la alfalfa, esta forrajera se constituye en la base alimenticia de las explotaciones ganaderas tanto lecheras como de carne, conocida también como la reina de las forrajeras además de servir como alimento para el ganado, también contribuye con la salud del ser humano al poseer propiedades nutritivas y medicinales como vitamina A, B, E y un alto porcentaje de vitamina K.

Wikipedia (2011), describe que los semilleros permiten un mejor aprovechamiento y rendimiento en la superficie destinada para este fin; garantizan una mejor selección de la semilla logrando un buen desarrollo en su primer periodo de vegetación, pero el primordial objetivo es la de obtener plántulas de calidad en cuanto a sanidad, tamaño y vigor adecuado, garantizando un buen futuro del mismo en el proceso productivo.

La sobrevivencia de las plantas, en relación al número de las semillas sembradas es muy variable. Pero se asocia poco a la densidad inicial, ya que la mortalidad de las plantas durante los primeros meses es directamente proporcional a ella. Los stands densos pierden más plantas que los logrados con bajas densidades y llegan al primer año con un número similar de plantas. Smith y colaboradores (1962) citado por Duarte (2007), determinaron que, si bien las altas densidades de siembra permiten un aprovechamiento inicial más rápido, las poblaciones alcanzadas no son superiores una vez que la pradera está establecida. La competencia que se establece entre plantas,

primero a nivel radical, y luego por la luz, determinará la densidad de plantas final al año.

Pérez (s.f.), Menciona que el nitrógeno es un elemento esencial para los cultivos. Sin embargo, la mayoría de los seres vivos son incapaces de aprovecharlo en la forma en que se encuentra (N_2) y sólo algunos organismos procarióticos pueden reducirlo a amonio (NH_3), en un proceso conocido como fijación biológica de nitrógeno. Las bacterias que les llamamos fijadoras de nitrógeno pueden hacer la función de convertir el nitrógeno atmosférico en amonio gracias a la acción de una enzima, llamada nitrogenasa. Algunas de estas bacterias viven en "vida libre", es decir, en ciertos nichos, pero no necesariamente asociadas con otro organismo y otro grupo de bacterias que pueden hacer esta función, únicamente la realizan cuando se asocian en simbiosis con alguna planta, por ejemplo, un género de bacterias del suelo fijadoras de nitrógeno, llamado "Rhizobium"

1.2. ANÁLISIS CRÍTICO DEL PROBLEMA

Lacki (2010), manifiesta que al no poseer suficientes conocimientos, muchas familias rurales, simplemente no pueden desarrollarse: entre otros motivos porque no logran corregir sus propias ineficiencias, mejorar su desempeño laboral e incrementar su productividad. Pero esto es apenas la primera parte del gran problema. Adicionalmente, la inadecuada formación y capacitación de los agricultores incide negativamente en la productividad o rendimiento de los demás factores de producción, que de por sí ya suelen ser escasos como: la tierra, los animales, las obras de infraestructura, la maquinaria y los insumos materiales. Esto significa que la ineficiencia del factor de producción más abundante, que es la mano de obra, es una causa adicional de la insuficiencia de los factores más escasos.

La obtención de plántulas de alfalfa en semilleros es uno de los primeros pasos y sin duda importante para el proceso productivo de este forraje que asegurará el óptimo desarrollo en el campo definitivo. Al sembrar con densidades altas resultan perjudiciales debido a que las semillas van a competir unas con otras por luz, humedad, nutrientes y espacio para su desarrollo; esto hace que las plántulas de alfalfa disminuyan su calidad

resultando delgadas y débiles que no son aptos para el trasplante. Por otro lado, al implementar densidades bajas de siembra no se va a aprovechar óptimamente el espacio destinado para el semillero.

La falta de interés por parte de profesionales y agricultores en el correcto manejo y tecnificación de la obtención de plántulas de alfalfa, el mismo hecho del desconocimiento de la cantidad de semilla por los productores y las prácticas de producción ancestrales o tradicionales utilizados actualmente han sido las causas primordiales para que las plantas se obtengan de baja calidad y la producción disminuya debido a que se obtienen un número bajo de plántulas de alfalfa por semillero aptos y demandados por el mercado local.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Según la Fao (s.f.), con la utilización e implementación de semilleros obtenemos varias ventajas como: ahorro de semillas, desarrollo uniforme ya que generalmente cada plántula recibe la misma cantidad de agua, luz y nutrientes; y también permite obtener una buena calidad de plántulas. Es un sitio donde la calidad de la tierra, el abono y los cuidados especiales permiten las condiciones para que germine la semilla en mayor proporción. También podemos decir que es un lugar donde las plántulas inician su desarrollo antes de ser trasplantadas al terreno definitivo.

Wikipedia (2011) y Abela (s.f.), concuerdan en que por lo general, el nitrógeno es el nutriente más comúnmente deficitario en muchos suelos del mundo y el más comúnmente agregado al suelo. La fertilización nitrogenada a través de fertilizantes tiene fuertes impactos medioambientales. Para Abela (s.f.), cuando la planta tiene suficiente nitrógeno sus hojas y tallos crecen rápidamente, en cambio la deficiencia del mismo origina la clorosis en las hojas (amarillamiento) a partir de la base, y la falta de desarrollo y debilidad de todas las partes de la planta. En los suelos pobres o carentes de nitrógeno los rendimientos de los cultivos son bajos.

Según Infoagro (2010), la alfalfa es un cultivo de gran importancia debido a la fuente natural de proteínas (24%), fibra (16%), vitaminas y minerales que brinda; así

como su contribución paisajística y su utilidad como cultivo conservacionista de la fauna. Al mismo tiempo reduce la energía que supone la fijación simbiótica del nitrógeno para el propio cultivo y para los siguientes cultivos, en la rotación de las que forma parte. Además, debido a que es una especie pratense y perenne, su cultivo aporta elementos de interés como limitador y reductor de la erosión.

Además la alfalfa contribuye a la salud debido a que presenta un alto contenido en vitaminas A, B, E, K y minerales. Tiene un alto contenido en proteínas (hasta un 55%), aminoácidos utilizados por el organismo para la síntesis de sus proteínas, vitaminas, minerales (calcio) y oligoelementos (hierro, fósforo, zinc, cobre, selenio y sílice). Contiene enzimas básicas para el correcto funcionamiento de nuestro cuerpo, como por ejemplo proteasa, invertasa, y lipasa, que le confieren actividad reductora de las grasas en sangre, de ahí que sea útil para la arteriosclerosis, también repara el tejido conjuntivo, remineraliza, es muy rica en sílice, contiene más vitamina que los aceites de pescado y un gran número de oligoelementos.

Siendo estas las justificaciones que realzan la importancia de este cultivo es necesario conocer la densidad de semilla que se requiere en un semillero, como su respectivo manejo técnico y apropiado para poder obtener las plántulas de calidad para el trasplante al campo definitivo y por consiguiente tener una mejor producción de plántulas de alfalfa. Además el agricultor también se verá beneficiado económicamente ya que habrá menor pérdida de plántulas y desperdicio de semillas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. General

Establecer la técnica adecuada para el manejo de semillero en densidad de siembra e inoculación de rhizobium en la producción de plántulas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.) en el sector de Simón Bolívar, parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

1.4.2. Específicos

Determinar la densidad de semilla por metro cuadrado de semillero, para la producción de plántulas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.).

Definir la dosis de inoculante adecuada (*Rhizobium meliloti*) en las semillas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.) para la producción de plántulas.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Hycka (1983), en su ensayo realizado sobre Alfalfa en el secano respecto a la densidad de siembra, en la Estación Experimental de Zaragoza, utilizando 5, 10, 15, 20 kg/ha de semilla determinó, en cuanto a número de plantas por m² y porcentaje con respecto a las semillas viables sembradas, una fluctuación entre 76, 77, y 80.14% sin que se haya notado diferencias relacionadas con la densidad de siembra. Pero se observó una fuerte competitividad entre las plantas jóvenes por humedad, nutrientes y luz.

Soto y López (1986), en el ensayo realizado sobre Dosis de siembra en variedades de alfalfa en La Estación Experimental La Platina, Santiago de Chile, determinó que hubo un aumento lineal significativo del número de plantas/m² a medida que se aumentó la dosis de siembra pero independientemente de la variedad la mayor competencia entre las plantas originó una mayor mortalidad de plantas con dosis mayores. Las dosis utilizadas fueron 10, 20 y 30 kg/ha.

Sevilla, Pasinato y García (2002), en el trabajo sobre Producción de forraje y densidad de plantas de alfalfa irrigada comparando distintas densidades de siembra, realizada en la Estación Experimental Agropecuaria Ascasubi del INTA Buenos Aires, Argentina; determinó que la eficiencia de siembra tuvo una relación inversa con la densidad de semilla, indicando que con densidades de siembra crecientes se estableció una competencia de plántulas más temprana. Los valores observados fueron 77% en d1 (6kg/ha), 57% en d2 (12 kg/ha), 43% en d3 (18 kg/ha) y 42% en d4 (24 kg/ha). La muerte de plantas fue mayor con densidades de semilla crecientes.

Tovar (2006), en el ensayo sobre Incremento en invernadero de la calidad y cantidad del follaje de la alfalfa (*Medicago sativa*, L.) variedad florida 77 causado por la combinación de fertilización biológica y química en un suelo de la serie bermeo de La Sabana de Bogotá, determinó que la inoculación dual en la variedad Florida 77 con *Rhizobium* (*Sinorhizobium*) meliloti, cepa GR - 4 y con el inóculo con hongo MA

(*Archaeospora leptoticha*), demostró la eficacia de la fertilización biológica, aumentando el rendimiento y al mejorar en el follaje el contenido de nitrógeno y fósforo. La inoculación dual también estimuló la fijación simbiótica de nitrógeno porque incrementó los efectos de la inoculación rizobial al aumentar el rendimiento y el contenido de nitrógeno del follaje.

2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.2.1. Cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*, L.) en el semillero

2.2.1.1. Generalidades

Según Hanson (1972), citado por Altamirano (2009), la alfalfa 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 ésta especie es capaz de aprovechar altos contenidos de nitrógeno del suelo ya que cuenta con la relación simbiótica entre la raíz y los rizobios. 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.

2.2.1.2. Botánica de la alfalfa

Clementeviven (2010), menciona que su raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada que alcanza hasta cinco metros de longitud con numerosas raíces secundarias. Los tallos según Del Pozo (1983), menciona que es erecta, y el primer tallo nace entre los cotiledones. En las axilas de los cotiledones, o cuando éstos desaparecen de las hojas inferiores, se producen yemas que posteriormente dan origen a nuevos tallos.

Del Pozo (1983) y Clementeviven (2010) coinciden en que las primeras hojas verdaderas son unifoliadas, posteriormente son trifoliadas. Los márgenes son lisos y con los bordes superiores ligeramente dentados, menciona. Los folíolos adoptan formas oblongas y anchas; a lo largo del tallo varían de tamaño y forma.

Según Clementeviven (2010), las flores presentan una coloración azul o púrpura, con inflorescencias en racimos que nacen en las axilas de las hojas. Del Pozo (1983) manifiesta que la legumbre de *M. sativa* es larga, enrollada en espiral de tres a cinco vueltas e indehiscente; la misma que alberga variable número de semillas arriñonadas de un color que va del amarillo al color marrón oscuro.

2.2.1.3. Requerimiento del cultivo en el semillero

2.2.1.3.1. Suelo

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 resentirse, especialmente en suelos pesados y muy húmedos o que tienden a encharcarse.

Clementeviven (2010), manifiesta que 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.

2.2.1.3.2. Agua

Vaca (1987), citado por Altamirano (2009), menciona que la alfalfa es resistente a la sequía, pero aún con esta característica el cultivo necesita el suministro de agua necesaria para su producción y desarrollo. El sistema radicular profundo permite cultivar en secano con pluviometrías de 500mm al año. Necesita riegos de 600 metros cúbicos por hectárea cada mes.

2.2.1.3.3. Clima

Según Infoagro (2010) y Del Pozo (1983), la temperatura media anual para la producción forrajera está en torno a los 15°C siendo el rango óptimo de temperaturas, según las variedades de 18 a 28°C, acota que la alfalfa tolera sin dificultad temperaturas tan bajas como los 10 ° y 15 °C bajo cero.

2.2.1.4. Manejo del semillero de alfalfa

2.2.1.4.1. Preparación de terreno

Infoagro (2010), menciona que es necesario conocer las características del terreno, contenido de macro nutrientes como fósforo y potasio, condiciones de drenaje y pH. Las labores de preparación del terreno se inician con un subsolado para remover las capas profundas que mejorará las condiciones de drenaje y aumentará la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Esta labor es necesaria en el cultivo de la alfalfa, pues las raíces son muy profundas y favorece que estas penetren con facilidad.

El mismo autor manifiesta que para nivelar el terreno, disminuir el encharcamiento y eliminar las malezas existentes se realizan sucesivas remociones del suelo y al mismo tiempo intercalar las labores con aplicaciones de abonos y enmiendas, para mezclar los fertilizantes con la tierra y homogeneizar su distribución. Conviene aplicar el abonado de fondo y el encalado dos meses antes de la siembra para permitir su descomposición y estar a disposición de la planta.

2.2.1.4.2. Cama de siembra

Duarte (2007), dice que la condición óptima de la cama de siembra es aquella que permite depositar la semilla en la profundidad adecuada y en un íntimo contacto con el suelo, generando un ambiente de desarrollo sin limitantes. Para esto último se requiere que esté libre de malezas, sin impedancias físicas subsuperficiales, con óptima condición de humedad, con bajo nivel de cobertura de rastrojo y con una

superficie firme. El barbecho debe dejar al suelo libre de las malezas que consumen el agua y los nutrientes.

2.2.1.4.3. Elección de semilla

Para realizar la siembra Del Pozo (1983), explica que se debe elegir una semilla adecuada que proporcione altos rendimientos y que la semilla garantice limpieza, sanidad, calidad y viabilidad adecuadas. También es preciso elegir cultivares bien adaptados que soporten las condiciones de la zona.

2.2.1.4.4. Inoculación de rhizobium

Forganismos.chubut (2007), menciona que horas antes de sembrar, volcar la semilla de alfalfa sobre una lona, en un lugar poco iluminado como puede ser el interior de un galón. Distribuir uniformemente las semillas sobre la lona y pulverizarlas con algún líquido pegajoso, como agua con azúcar, leche, etc. Todas las semillas deben quedar humedecidas y las podremos observar brillosas. Entonces se procede a espolvorear sobre las semillas al contenido de la bolsita de inoculante que no pesa más de 250 gramos (rizobium con turba). Mezclar suavemente con pala playa o ancha, o bien rastrillo y luego comprobar que el inoculante quede adherido a las semillas. Dejar secar unas pocas horas, de manera que las semillas fluyan libremente en la sembradora y comenzar la siembra. No inocular más semillas que las que se van a sembrar, ya que pasado algunos días, el inoculante pierde efectividad.

Rocabado (2008), manifiesta que para inocular las semillas de alfalfa se debe preparar una solución adherente (10 cucharadas de azúcar diluidas en media taza de agua tibia). Mezclar la solución con la semilla. Vaciar todo el contenido de un sobre de inoculante. Luego se orea la semilla durante 30 minutos, a la sombra, en una capa de 1 cm y por último, embolsar y sembrar antes de las 24 horas.

2.2.1.4.5. Siembra

Duarte (2007), expresa que la profundidad de siembra de alfalfa es el gran problema para resolver a campo, porque desde que la semilla germina decrecen sus reservas hasta que la planta forma hojas verdes y se independiza de ellas. Eso hace que en todas las plántulas exista un periodo crítico en el cual las reservas son bajas y el área fotosintetizante no es suficiente. Cualquier adversidad puede provocar pérdidas importantes. Por eso es necesario acortar al máximo esa etapa. Y como el tamaño de la semilla y el tipo de suelo interactúan con la profundidad, la mejor eficacia de la implantación se logra en los suelos livianos y con semillas grandes.

Según Clementeviven (2010), la profundidad de siembra depende del tipo de suelo, en terrenos pesados se realizará entre 1 a 1,25 centímetros, pudiendo llegar hasta los 2,5 centímetros en terrenos ligeros o arenosos.

2.2.1.4.6. Control de malezas

Para Del Pozo (1983), uno de los limitantes de la productividad de los alfalfares son las malas hierbas, ésta vegetación compite con la alfalfa para conseguir humedad y elementos fertilizantes que le son necesarios. Esto hace que el cultivo se debilite, disminuya su densidad y obviamente la calidad del mismo.

2.2.1.4.7. Aspectos Nutricionales

Infoagro (2011), manifiesta que la alfalfa requiere de los siguientes elementos:

- Nitrógeno: En condiciones óptimas de cultivo; cuando el pH no es muy ácido y no existe déficit de ningún elemento esencial, la alfalfa obtiene el nitrógeno por las bacterias de sus nódulos. Pero durante el estado vegetativo de las plántulas, éstas requieren nitrógeno del suelo, hasta que se formen los nódulos y comience la fijación. Por tanto se debe abonar 20 kg/ha de nitrógeno, pues cantidades mayores producirán un efecto negativo al inhibir la formación de nódulos.

- Fósforo: La fertilización fosfórica es muy importante en el año de establecimiento del cultivo, pues asegura el desarrollo radicular. Como el fósforo se desplaza muy lentamente en el suelo se recomienda aplicarlo en profundidad incluso en el momento de la siembra con la semilla. En alfalfares de regadío con suelos arcillosos y profundos la dosis de P_2O_5 de fondo para todo el ciclo de cultivo es de 150-200 kg/ha.

- Potasio: La alfalfa requiere grandes cantidades de este elemento, pues de él depende la resistencia al frío, sequía y almacenamiento de reservas. Se recomienda aplicar abonado potásico de fondo antes de la siembra junto con el fósforo. El abonado potásico de mantenimiento se realizará anualmente a la salida del invierno. En suelos pobres se recomienda un abonado potásico de fondo de 200-300 kg/ha y restituciones anuales de 100-200 kg/ha.

2.2.1.4.8. Riego

Ávalos y Moschetti (s.f.) mencionan que el primer riego se debe aplicar lo antes posible a la siembra, y los posteriores de acuerdo al estado de desarrollo del cultivo. Con ello se logra proveer suficiente humedad a las pequeñas plantas en el sistema radicular, y así favorecer un rápido desarrollo.

2.2.1.4.9. Plagas y enfermedades

2.2.1.4.9.1. Plagas

- Pulgones

Del Pozo (1983), manifiesta que los pulgones (*Aphis medicaginis*), son hemípteros chupadores de cuerpo globoso, que cuentan con un largo pico con el que succionan los jugos del parénquima de las plantas. Estos insectos depositan toxinas en el vegetal que conlleva a una necrosis de los tejidos circundantes.

- Trips

Infoagro (2010), explica que los Trips (*Frankliniella sp.*) son insectos muy pequeños que se alimentan de las células de las plantas, y al romper los tejidos aparecen manchas blanquecinas en las hojas, peciolo y yemas.

- Ácaros

Para Clementeviven (2010), los ácaros (*Tetranychus sp.*) son parásitos que se concentra en la parte inferior de las hojas, de las que se alimenta y en las que pone sus huevos. Y los síntomas que se presentan son puntos translúcidos que se tornan con el tiempo de color marrón o negros.

- Moscas de la Alfalfa

Del Pozo (1983), menciona que *Contarinia medicaginis* es un díptero que deposita los huevos en la flor, éstos al convertirse en larvas se alimentan de la flor que rápidamente se deforman e hinchan y no producen ya frutos.

- Gorgojo

Del Pozo (1983), expresa que es un pequeño curculiónido gris cuya larva devora las semillas en el interior de las vainas, dándole la apariencia de estar vacías.

- Nematodos

Infoagro (2010), considera que los nematodos es una de las plagas que afecta a la producción de alfalfa, debido a que todo el ciclo de vida lo realiza en el tejido de la alfalfa. *Ditylenchus dispaci* ataca a los brotes de la corona, que da lugar a tallos cortos, frágiles con nudos anchos y entrenudos cortos. Las hojas jóvenes son más pequeñas, de color verde claro, llegando a ser casi blancas.

2.2.1.4.9.2. Enfermedades

- Mal Vinoso

Rhizoctonia violácea, aparece con forma regularmente circulares, se produce una amarillez y depresión de la planta que va acentuándose hasta provocar la muerte de la alfalfa. El síntoma aparece en el cuello de la raíz de una zona de aspecto gelatinoso y de color rosa al violeta. (Del Pozo, 1983).

Según Infoagro (2010), El síntoma clásico es la aparición en el cuello de una podredumbre que inicialmente afecta a la zona más externa, pero profundizando hasta la raíz principal. Esta enfermedad puede permanecer en el terreno hasta veinte años, y resulta difícil el saneamiento.

- Antracnosis

Del Pozo (1983), enuncia que la antracnosis es causada por *Colletotrichum trifolii*, afecta a la parte aérea de la planta marchitándola, estrechando los foliolos que amarillean para terminar secándose. En los tallos se forma unas manchas de color pardo en donde aparecen los cuerpos fructíferos del hongo; cuando ataca a la corona de la planta produce la muerte.

Para Infoagro (2010), este hongo ataca a las partes aéreas de la planta, sobre todo a los tallos, llegando incluso hasta el cuello. Presentan manchas fusiformes de color oscuro y negras en el centro, impidiendo el movimiento de agua y nutrientes, dando lugar a la muerte de las partes aéreas superiores. Generalmente es más común en alfalfares ya establecidos que en los recién sembrados, y especialmente en los últimos cortes.

- Viruela de la Hoja

Es como describe Del Pozo (1983), a *Pseudopeziza medicaginis* (lib.), Sacc., una enfermedad que se presenta en forma de rodales aparentemente cloróticos.

Especialmente atacan a plantas más jóvenes y partes densas de la planta, afectando primero a las hojas inferiores que terminan por caer al suelo.

- Roya

Infoagro (2010), manifiesta que *Uromyces striatus*, Schroet., aunque no produce la muerte de la planta, afecta a la producción y a la calidad del forraje. Esta enfermedad se manifiesta fundamentalmente en las hojas, apareciendo pústulas marrones o pardas, de hasta medio milímetro de diámetro, en cuyo interior se encuentran las esporas.

- Mildiu

Infoagro (2010), señala que no es una enfermedad muy frecuente pero su ataque resulta especialmente peligroso en el establecimiento. Los folíolos amarillean con aspecto variegado, llegando el envés a tomar un color grisáceo si las condiciones ambientales son húmedas.

2.2.2. Densidad de siembra

Para Duarte (2007), los principales factores que influyen en la densidad de semilla para la siembra dependen de la distribución y cantidad de las precipitaciones, la época de siembra, la calidad de la semilla y, fundamentalmente, la eficacia en la siembra, son los principales factores que influyen en la densidad de siembra.

2.2.2.1. Factores incidentes en la densidad de semilla a emplearse

2.2.2.1.1. Calidad de semilla

Duarte (2007), manifiesta que la siembra de la alfalfa debe realizarse con semillas de alta calidad física y genética. El primer atributo está asociado con el tamaño, con el poder germinativo, con el grado de contaminación con las malezas y con los cuerpos extraños, además del grado de dureza.

El mismo autor menciona que la presencia de semillas duras implica una alta resistencia de los tegumentos a la penetración del agua. Así, se genera una germinación más lenta y, en consecuencia, tardía. De todos modos, sería necesario no utilizar la semilla recientemente cosechada o, si no, escarificarla para reducir las pérdidas.

2.2.2.1.2. Edad de la semilla

Del Pozo (1983), menciona que la semilla misma puede presentar características que favorezcan o perjudiquen la germinación. Si la semilla es joven o recién producida por la planta, suele presentar un bajísimo poder germinativo. Las semillas maduras en las plantas, deben pasar una posterior maduración en condiciones secas con el fin de alcanzar su óptimo de germinación.

El mismo autor expresa que el envejecimiento de la semilla reduce la proporción de semillas duras, el mismo que es otro factor poco deseable ya que puede llegar a ser la causa de una mala germinación.

2.2.2.1.3. Cantidad de semilla

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.

2.2.2.1.4. Temperatura

Del Pozo (1983), manifiesta que la temperatura es un factor determinante de las condiciones y velocidad de germinación. Este parámetro regula la rapidez de absorción de agua a través del endospermo, aumentándose cuando la temperatura también lo hace. La semilla germina en rangos que van desde 1° C hasta los 37° C, con un óptimo de 30° C.

Según Duarte (2007), la alfalfa germina en el rango de temperaturas que se encuentra entre los 5° y los 35° C. El óptimo se ubica entre los 19° y los 25°, y en los 10° C está el mínimo requerido para su normal crecimiento inicial; es sensible al frío en la etapa de cotiledón y de la primera hoja unifoliada.

2.2.3. Inoculación de Rhizobium.

Perticari (s.f.), 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 y/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.

El mismo autor menciona que hay especificidad en la asociación o par simbiótico, en otras palabras determinadas especies de leguminosas combinan mejor con determinadas especies de rizobios e inclusive hay situaciones donde la especificidad es tal que variedades de una leguminosas combina en forma específica con determinadas cepas de rizobios. Cuando en los suelos donde se cultiva la leguminosa los rizobios requeridos están ausentes o no son eficientes se procede a la inoculación.

2.2.4. Calidad de plántulas.

Guzmán (2002), menciona que una plántula de buena calidad presenta parámetros notables como: la altura de plántula, diámetro de tallo que es determinante para mantener un equilibrio entre la parte inferior y superior de la planta, se busca que sea el mayor para asegurar la estabilidad de la planta una vez en campo. El número y tamaño de hojas deben estar sin deformaciones ni daños y de apariencia sana; una deficiencia o exceso de ellas tendrá un gran efecto en la sobrevivencia postrasplante y desarrollo posterior. Cuando se tienen pocas hojas disminuye la transpiración pero igualmente puede significar un manejo inadecuado previo a su venta. Las características del sistema radicular deben guardar relación con la parte aérea. Es importante tanto el

volumen como su longitud que asegure la adaptabilidad al suelo y la absorción de nutrientes

Los agricultores dedicados a la producción de forrajes, ganaderos tanto de carne y de leche como también productores de especies menores exigen cada día plántulas de calidad, por lo que el productor debe cubrir esta demanda. El hecho de utilizar una dosis de semilla adecuada por metro cuadrado proveerá al agricultor una producción eficiente de plántulas. Lo que no pasaría si el mismo utilizase dosis en las que a densidades altas perjudica a la calidad y obtenga plantas débiles no aptas para el mercado y también llegue a perjudicar la economía del productor.

2.3. HIPÓTESIS

Las densidades de semilla de alfalfa (*Medicago sativa, L.*) y de inoculante (*Rhizobium meliloti*) en semilleros incide en la calidad y producción de plántula.

2.4. VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.4.1. Variables independientes.

Densidad de semillas.

Dosis de inoculante.

2.4.2. Variable dependiente.

Calidad de plántulas.

2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	ÍNDICE
Variable Dependiente			
Calidad de Plántula Está dada por parámetros y atributos que presentan las plántulas.	Raíz	Longitud	m
		Diámetro	cm
	Tallo	Longitud	m
		Diámetro	cm
		Macollos	Número
Foliolo	Área foliar	cm ²	
Variable Independiente			
Densidad de semilla Es el número de kilos de semilla por hectárea que se necesitan y se van a utilizar para sembrar.	Semillas	Densidad de semilla por m ²	número/m ²
Dosis de Inoculante Es el contenido del principio activo, expresado en cantidad por unidad de peso, que se suministrará de una sola vez.	<i>Rhizobium meliloti</i>	Dosis de inoculante en semillas de alfalfa.	g/g semilla

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE, MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Enfoque

El enfoque de la investigación fue cuantitativo, pues determinó la cantidad de semilla por metro cuadrado así como la calidad de plántula.

3.1.2. Modalidad

Es de tipo mixto debido a que se realizaron tanto bibliográfica documental como la ejecución del proyecto en el campo.

3.1.3. Tipo de investigación

Fue de tipo experimental de campo, ya que se manejó variables como densidades de semilla de alfalfa como del inóculo empleados.

3.2. UBICACIÓN DEL ENSAYO

Este proyecto se efectuó en la propiedad de María Criollo Palate, localizado en el barrio Simón Bolívar, parroquia Picaihua, al oriente del cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Según el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se encuentra a una altitud de 2.650 msnm y en las siguientes coordenadas geográficas: 1°16'27.31'' Latitud Sur, y 78°34'32.42'' Longitud Oeste.

3.3. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

3.3.1. Clima

Según la Estación Meteorológica de primer orden “Querochaca” (2005 – 2009), el clima de esta zona es templado, con una temperatura media de 12.5 °C, una precipitación anual de 600 mm, la humedad relativa del 77% y con una velocidad de viento de 4.2 m/s.

3.3.2. Suelo

La característica del suelo de la zona es franco – arenoso. Con pendiente del 2% y un relieve plano ondulado. (Paredes, 2009)

3.3.3. Agua

La propiedad cuenta con agua de riego del Sistema Ambato – Huachi – Pelileo módulo 26. Con un caudal de 28 litros por segundo con un pH de 7.9.

3.3.4. Cultivos

Los cultivos predominantes de los agricultores del sector Simón Bolívar son: maíz blanco, arveja, papa de variedades Cecilia y semi chola, fréjol de enrame asociado con maíz y alfalfa de las variedades morada y blanca.

3.4. FACTORES DE ESTUDIO

3.4.1. Densidad (S)

(S1) 1.5g/m²

(S2) 2 g/m²

(S3) 2.5g/m²

(Variedad Nacional)

3.4.2. Dosis de inoculante por cantidad de semilla utilizada (D)

D1 (0,083 g)

D2 (0,11 g)

D3 (0,14 g)

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar, en arreglo factorial 3 x 3 + 3 que equivale a 12 tratamientos con cuatro repeticiones.

3.6. TRATAMIENTOS.

Nº	Fórmula	Descripción
1	S1 D1	1.5 g de semillas de alfalfa con inoculación de <i>Rhizobium meliloti</i> de 0.083 g por metro cuadrado.
2	S1 D2	1.5 g de semillas de alfalfa con inoculación de <i>Rhizobium meliloti</i> de 0.11 g por metro cuadrado.
3	S1 D3	1.5 g de semillas de alfalfa con inoculación de <i>Rhizobium meliloti</i> de 0.14 g por metro cuadrado.
4	S2 D1	2 g de semillas de alfalfa con inoculación de <i>Rhizobium meliloti</i> de 0.083 g por metro cuadrado.
5	S2 D2	2 g de semillas de alfalfa con inoculación de <i>Rhizobium meliloti</i> de 0.11 g por metro cuadrado.
6	S2 D3	2 g de semillas de alfalfa con inoculación de <i>Rhizobium meliloti</i> de 0.14 g por metro cuadrado.
7	S3 D1	2.5 g de semillas de alfalfa con inoculación de <i>Rhizobium meliloti</i> de 0.083 g por metro cuadrado.
8	S3 D2	2.5 g de semillas de alfalfa con inoculación de <i>Rhizobium meliloti</i> de 0.11 g por metro cuadrado.
9	S3 D3	2.5 g de semillas de alfalfa con inoculación de <i>Rhizobium meliloti</i> de 0.14 g por metro cuadrado.
10	Testigo 1	1.5 g de semillas por metro cuadrado.
11	Testigo 2	2 g de semillas por metro cuadrado.
12	Testigo 3	2.5 g de semillas por metro cuadrado.

3.7. DISEÑO O ESQUEMA DE CAMPO

3.7.1. Esquema del ensayo

El esquema del ensayo de campo se presenta en el anexo 1.

3.7.2. Memoria

Número total de tratamientos:	12
Número total de semilleros:	48
Área total de ensayo:	157.21 m ²
Área neta del ensayo:	48 m ²
Largo de la parcela:	19.9 m
Ancho de la parcela:	7.9 m
Distancia entre semilleros:	0.50 m
Distancia entre semillero – borde:	1.20 m
Método de siembra en semillero:	Voleo

3.8. DATOS TOMADOS

3.8.1. Longitud de raíz principal

Es la distancia comprendida entre el cuello y la cofia, se midió al final de la investigación para determinar su longitud con la utilización de una cinta métrica.

3.8.2. Diámetro de raíz principal

La medición se realizó a 4 cm del cuello de la plántula al final de la investigación utilizando un calibrador vernier.

3.8.3. Longitud de tallo principal

Distancia comprendida entre el cuello y el ápice de la plántula, la medición se hizo utilizando una cinta métrica.

3.8.4. Diámetro del tallo principal

Se efectuó la medición a 4 cm del cuello de la plántula utilizando el calibrador vernier al final de la investigación.

3.8.5. Número de macollos

Se contabilizó el número de macollos generados al final de la investigación.

3.8.6. Área foliar

Se determinó con malla de puntos. De los tres folíolos que comprenden la hoja, a la altura de 15cm.

3.9. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se realizó el Análisis de varianza (ADEVA), para las fuentes de variación que resultaron significantes se realizó la prueba de Tukey al 5%.

Fuente de Variación.	G.L.
Repeticiones	3
Tratamientos	11
Entre grupos	5
Grupo 1 (S1)	2
Grupo 2 (S2)	2
Grupo 3 (S3)	2
Error Experimental	33
TOTAL	47

3.10. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

3.10.1. Adquisición de semilla

La semilla a utilizarse fue de la variedad nacional morada y se obtuvo la cantidad requerida en el mercado local.

3.10.2. Pruebas de germinación

Se realizó las pruebas para determinar el porcentaje de germinación de las semillas de alfalfa. Se colocó cien semillas en tres cajas petri, luego en la incubadora y posteriormente se contabilizó el número de semillas germinadas para determinar el porcentaje.

3.10.3. Preparación de terreno

El suelo se removió a una profundidad de 50 cm, para obtener aireación y que la raíz se pueda desarrollar sin problemas de compactación.

3.10.4. Limpieza de terreno

Se procedió a dejar el terreno libre de malezas, restos de cultivos anteriores y demás objetos que pudieran perjudicar el desarrollo de la investigación.

3.10.5. Emparejado del terreno

Se realizó para poder realizar las unidades experimentales lo más nivelado posible.

3.10.6. Trazado de las unidades experimentales

El trazado se realizó utilizando herramientas manuales y se procedió a diseñar cada una de las unidades experimentales con sus respectivos caminos y bordes.

3.10.7. Cercado

Se efectuó utilizando zarán y se cubrió alrededor de todo el lote de ensayo a una altura de 1.40 m. para evitar la entrada de animales y aves que afecten al ensayo.

3.10.8. Abonadura

Se realizó una enmienda orgánica con Abono Orgánico Inoculado Bio CG, una cantidad de 2kg en cada una de las unidades experimentales.

3.10.9. Inoculación de Rhizobium

En los tratamientos indicados anteriormente se procedió a inocular ésta bacteria (*Rhizobium meliloti*) en las dosis de semilla a utilizarse en cada una de las unidades experimentales, las semillas se introdujeron en una solución azucarada (15 cucharadas de azúcar en ½ taza de agua tibia) para luego colocar el inoculante que recubrió la semilla y se dejó secar a la sombra, obviando los testigos.

3.10.10. Siembra

La siembra de las semillas inoculadas se procedió a hacerlas dentro de las 2 horas de inocular la semilla, para garantizar la sobrevivencia de las bacterias. Se hizo a una profundidad de 2cm aproximadamente en horas de la mañana.

3.10.11. Riegos

Se realizó de acuerdo a las condiciones climáticas que se presentaron, utilizando regaderas en etapas iniciales y luego riego por gravedad en melgas pequeñas.

3.10.12. Toma de datos

Se realizó de acuerdo con las especificaciones indicadas anteriormente en el numeral 3.8, datos tomados.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS, ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN

4.1. LARGO DE RAÍZ

En el cuadro 2 de Análisis de Varianza para la variable largo de raíz, se muestra una alta significación estadística al 1% para los tratamientos y no significación para repeticiones. En el análisis grupal se observa que existe una alta significación estadística entre grupos, en cambio para cada uno de los grupos no hay significación. El coeficiente de variación fue de 11,36%, según Ferreirra (2000), manifiesta que el coeficiente de variación con valores entre 10 a 15% el experimento presenta una buena precisión experimental, la media del largo de raíz es de 0,27 metros (Anexo 2).

CUADRO 2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LARGO DE RAÍZ

F.V.	SC	GI	CM	F
REPETICIONES	0,0054	3	0,0018	1,92 NS
TRATAMIENTO	0,1221	11	0,0111	11,79 **
ENTRE GRUPOS	0,1149	5	0,0230	24,47 **
GRUPO S1	0,0027	2	0,0014	1,49 NS
GRUPO S2	0,0027	2	0,0014	1,49 NS
GRUPO S3	0,0017	2	0,0008	0,85 NS
Error	0,0311	33	0,00094	
Total	0,1586	47		

Coeficiente de variación: 11,36%

**= Altamente significativo

NS= No significativo

CUADRO 3. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE LARGO DE RAÍZ

TRATAMIENTO	Media (m)	Rangos				
S1 D3	0,36	a				
S1 D2	0,35	a	b			
S1 D1	0,33	a	b	c		
T 1	0,28		b	c	d	
S2 D1	0,28			c	d	
T 2	0,27			c	d	e
S2 D3	0,29			c	d	e
S3 D3	0,24				d	e
S2 D2	0,24				d	e
S3 D1	0,23				d	e
S3 D2	0,21				d	e
T 3	0,20					e

Realizada la prueba de significación de Tukey al 5% para la variable largo de raíz (Cuadro 3), se observa cinco rangos de significación en el cual el tratamiento S1D3 presenta el mejor resultado, con una media de 0,36 metros de longitud de raíz debido a que a densidades bajas de plantas existe menor competencia entre ellas para la toma de nutrientes como sostiene Romero (s.f.) en su artículo Alfalfa: la importancia de la densidad de siembra.

Con respecto a la dosis de inoculante de rhizobium se necesita una fuerte inoculación de la bacteria a fin de conseguir el éxito en la fijación de nitrógeno en forma simbiótica especialmente en los géneros de las leguminosas, debido a que es específico para este género, según lo manifiesta Bidwell (1979).

Mientras que el testigo (T3), presentó el peor resultado con una media de 0,20 metros de longitud de raíz puesto que existió mayor número de plantas lo que se produce una alta competencia entre ellas.

CUADRO 4. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE GRUPOS EN LA VARIABLE LARGO DE RAÍZ

GRUPOS	Medias (m)	Rangos
S1 (1.5g/m ² con inoculante)	0,35	a
T1 (1.5g/m ² sin inoculante)	0,28	b
T2 (2.0g/m ² sin inoculante)	0,27	b c
S2 (2.0g/m ² con inoculante)	0,26	b c
S3 (2.5g/m ² con inoculante)	0,23	c d
T3 (2.5g/m ² sin inoculante)	0,20	d

En el cuadro 4 de la Prueba Tukey al 5%, análisis entre grupos, en la variable largo de raíz se observa cuatro rangos de significación en donde el grupo S1 (1,5g de semilla/m² con inoculante) presenta un mejor resultado con una media de 0,35 metros, debido a la densidad baja de semilla que permitió un mejor desarrollo en cuanto al largo de raíz y no existió competencia por nutrientes entre ellas según manifiesta Romero (s.f.).

En cuanto a las dosis de inoculante utilizadas resultaron ser suficientemente altas para el éxito de la nodulación del rhizobium en ésta leguminosa según Bidwell (1979). Además con la inoculación y posterior nodulación se asume que existió un mayor desarrollo radicular debido a una mejor asimilación de fósforo, debido a que el rhizobium hidroliza los compuestos fosfatados para dejar al fósforo en su forma inorgánica (ión), Rodas (2006).

El grupo con resultados no deseados es el T3 (2,5g de semilla/m² sin inoculante) con una media de 0,20 metros ya que presentó un número alto de plantas

por metro cuadrado de semillero y tuvieron competencia entre ellas por la toma de nutrientes y desarrollo.

4.2. DIÁMETRO DE RAÍZ

En el cuadro 5 de Análisis de Varianza para la variable diámetro de raíz, se observa que entre tratamientos existe alta significación estadística al 1%, y significativo entre repeticiones. El análisis grupal muestra una alta significación estadística entre grupos y no significación para cada uno de los grupos. El coeficiente de variación es de 9.40 %, dicho resultado según Ferreira (2000), presentan una óptima precisión experimental, con una media de 0,45 centímetros (Anexo 3).

CUADRO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DIÁMETRO DE RAÍZ

F.V.	SC	GI	CM	F	
REPETICIONES	0,0173	3	0,0058	3,21	*
TRATAMIENTO	0,6592	11	0,0599	33,28	**
ENTRE GRUPOS	0,6315	5	0,1263	70,17	**
GRUPO S1	0,0134	2	0,0067	3,72	NS
GRUPO S2	0,0138	2	0,0069	3,83	NS
GRUPO S3	0,0005	2	0,0003	0,17	NS
Error	0,0594	33	0,0018		
Total	0,7359	47			

Coefficiente de variación: 9,40%

**= Altamente significativo

*= Significativo

NS= No significativo

CUADRO 6. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE DIÁMETRO DE RAÍZ

TRATAMIENTO	Medias (cm)	Rangos		
S1 D3	0,68	a		
S1 D2	0,64	a		
S1 D1	0,60	a		
S2 D1	0,46	b		
T 1	0,45	b	c	
T 2	0,43	b	c	
S2 D3	0,41	b	c	
S2 D2	0,38	b	c	d
S3 D1	0,36	b	c	d
S3 D3	0,36	b	c	d
S3 D2	0,35		c	d
T 3	0,30			d

Efectuada la prueba de significación de Tukey al 5% para la variable diámetro de raíz (Cuadro 6), se observa cuatro rangos de significación, donde el tratamiento S1D3 presentó el mejor resultado, con una media de 0,68 centímetros, ya que a densidades bajas de plantas existe menor competencia entre ellas por la toma de nutrientes como manifiesta Romero (s.f.), en su artículo Alfalfa: la importancia de la densidad de siembra.

En referencia a la dosis de inoculante de rhizobium, Bidwell (1979), dice que una alta inoculación consigue el éxito en la fijación de nitrógeno, debido a que la bacteria es específica para esta leguminosa, además greentown (2012), menciona que las raíces de las plantas con carencia de nitrógeno suelen tener pocas ramificaciones. Si la falta de nitrógeno ya aparece en una fase inicial, toda la planta queda afectada. En el

testigo (T3), se obtuvo el resultado menor con una media de 0,30 centímetros ya que presentó una alta densidad que generó mayor competencia entre ellas.

CUADRO 7. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE GRUPOS EN LA VARIABLE DIÁMETRO DE RAÍZ

GRUPOS	Medias (cm)	Rangos	
S1 (1.5g/m ² con inoculante)	0,64	a	
T1 (1.5g/m ² sin inoculante)	0,45	b	
T2 (2.0g/m ² sin inoculante)	0,43	b	c
S2 (2.0g/m ² con inoculante)	0,42	b	c
S3 (2.5g/m ² con inoculante)	0,36	c	d
T3 (2.5g/m ² sin inoculante)	0,30	d	

El cuadro 7 de la Prueba Tukey al 5% para análisis entre grupos, muestra que existe cuatro rangos de significación en donde el grupo que presentó mejor resultado fue el S1 (1,5g de semilla/m² con inoculante), con una media de 0,64 centímetros, por el mismo hecho de tener una densidad de siembra baja que se manifestó con un mejor desarrollo radicular y no existió competencia por nutrientes entre ellas, según manifiesta Romero (s.f.).

Parker (2000), indica que el fósforo estimula el desarrollo de la raíz; la bacteria inoculada (rhizobium) provocó una mejor asimilación de fósforo, debido a que esta bacteria cambia el pH del entorno e hidroliza los compuestos fosfatados para dejar al fósforo en su forma inorgánica asimilable (ión) para la planta, mencionado por Rodas (2006). En lo que respecta a dosis de inoculante utilizadas resultaron ser suficientemente altas para el éxito de la nodulación del rhizobium y la posterior fijación de nitrógeno en ésta leguminosa según Bidwell (1979). El grupo que no presenta buenos resultados es el T3 (2,5g de semilla/m² sin inoculante) con una media de 0,30 centímetros debido a la alta densidad y por su puesto a la competencia entre ellas.

4.3. LARGO DE TALLO

En el cuadro 8 de Análisis de Varianza para la variable largo de tallo, se observa una alta significación estadística al 1% entre tratamientos y presenta significación entre repeticiones. El análisis entre los grupos 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 metros (Anexo 4).

CUADRO 8. 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	11	0,0233	13,88 **
ENTRE GRUPOS	0,2334	5	0,0467	27,47 **
GRUPO S1	0,0084	2	0,0042	2,47 NS
GRUPO S2	0,0100	2	0,0050	2,49 NS
GRUPO S3	0,0041	2	0,0020	1,18 NS
Error	0,0553	33	0,0017	
Total	0,3313	47		

Coeficiente de variación: 9,36%

**= Altamente significativo

*= Significativo

NS= No significativo

CUADRO 9. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE LARGO DE TALLO

TRATAMIENTO	Medias (m)	Rangos	
S1 D3	0,58	a	
S1 D2	0,56	a	
S1 D1	0,52	a	b
T 2	0,45		b c
S2 D1	0,43		b c
T 1	0,43		b c
S3 D3	0,41		c
S2 D3	0,41		c
S3 D1	0,38		c
S3 D2	0,36		c
S2 D2	0,36		c
T 3	0,36		c

En la prueba de significación Tukey al 5% para la variable largo de tallo (Cuadro 9), se observan tres rangos de significación. Los que reportaron los mejores resultados fueron el tratamiento S1 D3 y el tratamiento S1 D2, sobresaliendo el tratamiento S1 D3 con una media de 0,58 metros de largo de tallo. Connor y Loomis (2002), indican que las plantas con altas densidades interrelacionan entre ellos de varias maneras. Evidentemente, las plantas interfieren por luz. La demanda evaporativa que conduce a la transpiración de cada planta es menor en cultivos densos que en aquellos ralos, pero al mismo tiempo el área para la recepción de CO₂ y lluvia y el volumen de suelo que suministra la humedad almacenada y los nutrientes son también menores.

Mientras que el que presentó el resultado no deseado fue el testigo (T3) con una media de 0,36 metros, que podemos concordar con Parker (2000), quien

manifiesta que las plantas con deficiencia de nutrientes (nitrógeno) presentan un crecimiento lento presentando tallos débiles y cortos.

CUADRO 10. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE GRUPOS EN LA VARIABLE LARGO DE TALLO

GRUPOS	Medias (m)	Rangos
S1 (1.5g/m ² con inoculante)	0,55	a
T2 (2.0g/m ² sin inoculante)	0,45	b
T1 (1.5g/m ² sin inoculante)	0,43	b c
S2 (2.0g/m ² con inoculante)	0,40	b c
S3 (2.5g/m ² con inoculante)	0,38	c
T3 (2.5g/m ² sin inoculante)	0,36	c

En el cuadro 10 de la Prueba Tukey al 5% para análisis entre grupos, se observa tres rangos de significación, el grupo que sobresale es el S1 (1,5g de semilla/m² con inoculante), con una media de 0,55 metros de longitud. Y el grupo que no presentó buenos resultados es el T3 (2,5g de semilla/m² sin inoculante) con una media de 0,36 metros.

Las densidades utilizadas para cada tratamiento muestran claramente el efecto mismo de la densidad de semillas por metro cuadrado de semillero, debido a que a mayor número de plantas, existe competencia entre ellas por factores tales como luz, nutrientes y CO₂ como manifiesta Connor y Loomis (2002).

El inoculante utilizado y las dosis empleadas fueron suficientes para que exista la nodulación, fijación y asimilación de nitrógeno por la planta, por lo que los tallos presentaron mayor longitud ya que happyflower (2012), menciona que el nitrógeno es indispensable para promover el crecimiento de tallos y hojas en pastos, árboles, arbustos y plantas en general.

4.4. DIÁMETRO DE TALLO

Se realizó el análisis de varianza (Cuadro 11) para la variable diámetro de tallos, en el que se observa una alta significación estadística al 1% para repeticiones y también una alta significación entre tratamientos. El análisis entre grupos muestra una alta significación estadística, en cambio el análisis dentro de cada uno de los grupos presenta una no significación. El coeficiente de variación es de 9,33 % mostrando que el ensayo presenta una óptima precisión experimental según Ferreira (2000), ya que el valor es inferior a 10%. Con un promedio de 0,30 centímetros (Anexo 5).

CUADRO 11. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE DIÁMETRO DE TALLO

F.V.	SC	gl	CM	F	
REPETICIONES	0,0117	3	0,0039	4,92	**
TRATAMIENTO	0,1592	11	0,0145	18,21	**
ENTRE GRUPOS	0,1469	5	0,0294	36,75	**
GRUPO S1	0,0020	2	0,0010	1,25	NS
GRUPO S2	0,0097	2	0,0048	6,0	**
GRUPO S3	0,0007	2	0,0003	0,38	NS
Error	0,0262	33	0,0008		
Total	0,1972	47			

Coeficiente de variación: 9,33%

**= Altamente significativo

NS= No significativo

CUADRO 12. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE DIÁMETRO DE TALLO

TRATAMIENTO	Medias (cm)	Rangos	
S1 D3	0,41	a	
S1 D2	0,39	a	
S1 D1	0,38	a	b
T 1	0,31		b c
S2 D1	0,31		b c
T 2	0,29		c d
S2 D3	0,29		c d
S3 D3	0,26		c d
S3 D1	0,25		c d
T 3	0,25		c d
S2 D2	0,24		c d
S3 D2	0,24		d

En la prueba de significación Tukey al 5% para la variable diámetro del tallo (Cuadro 12), se observan cuatro rangos de significación. Los tratamientos que presentaron mayor diámetro de tallo fueron el S1D3 y el S1D2, siendo el primero el que presentó relevancia con una media de 0,41 centímetros, y el que mostró el resultado no esperado fue el tratamiento S3D2 con una media de 0,24 centímetros.

La densidad de semilla utilizada influyó significativamente, ya que existió la competencia por factores como agua, luz, nutrientes, aspectos que es ratificado por Connor y Loomis (2002), y hace que la planta se manifieste con un bajo desarrollo.

CUADRO 13. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE GRUPOS EN LA VARIABLE DIÁMETRO DE TALLO

GRUPOS	Medias (cm)	Rangos		
S1 (1.5g/m ² con inoculante)	0,39	a		
T1 (1.5g/m ² sin inoculante)	0,32	b		
T2 (2.0g/m ² sin inoculante)	0,29	b	c	
S2 (2.0g/m ² con inoculante)	0,28	b	c	d
S3 (2.5g/m ² con inoculante)	0,25	c		d
T3 (2.5g/m ² sin inoculante)	0,25	d		

La prueba Tukey al 5% para análisis entre grupos (Cuadro 13), muestra que existe cuatro rangos de significación en donde el grupo que presentó el mejor resultado fue el S1 (1,5g de semilla/m² con inoculante), con una media de 0,39 centímetros. Y el grupo que no presenta buenos resultados es el T3 (2,5g de semilla/m² sin inoculante) con una media de 0,25 centímetros.

CUADRO 14. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS DENTRO DEL GRUPO S2 EN LA VARIABLE DIÁMETRO DE TALLO

TRATAMIENTO	Medias (cm²)	Rangos	
S2 D1 (0.083g)	0,31	a	
S2 D3 (0.11g)	0,29	a	b
S2 D2 (0.14g)	0,25	b	

En la prueba de significación Tukey al 5% (Cuadro 14) para el análisis dentro del grupo S2 en la variable diámetro de tallo, se muestran dos rangos de significación, siendo el tratamiento S2 D1 (0.083g) el que presentó mejor resultado para

ésta variable con una media de 0,31 centímetros y el que mostró el resultado no deseado fue el D2 (0.14g) con una media de 0,25 centímetros.

4.5. NÚMERO DE MACOLLOS

En el cuadro 15 de Análisis de Varianza para la variable número de macollos, se observa una alta significación estadística al 1% entre tratamientos y también una alta significación entre repeticiones. Realizado el análisis entre grupos muestra una alta significación estadística, el análisis dentro del grupo S1 y el grupo S2 muestran una no significación y el grupo S3 se observa que existe significación. El coeficiente de variación fue de 11,09 %, lo que muestra que el experimento presentó una buena precisión experimental según Ferreira (2000). Con un promedio de 2,08 macollos (Anexo 6).

CUADRO 15. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE MACOLLOS

F.V.	SC	gl	CM	F
REPETICIONES	0,9158	3	0,3053	5,74 **
TRATAMIENTO	18,43	11	1,6754	31,52 **
ENTRE GRUPOS	16,76	5	3,3512	63,00 **
GRUPO S1	0,2867	2	0,1433	2,69 NS
GRUPO S2	0,2600	2	0,1300	2,44 NS
GRUPO S3	1,1267	2	0,5633	10,59 *
Error	1,7542	33	0,0532	
Total	21,10	47		

Coefficiente de variación: 11,09%

**= Altamente significativo

*= Significativo

NS= No significativo

CUADRO 16. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE NÚMERO DE MACOLLOS

TRATAMIENTO	Medias (número)	Rango		
S1 D2	3,15	a		
S1 D3	3,10	a		
S1 D1	2,80	a		
S2 D3	2,10	b		
T 1	2,10	b		
T 2	2,05	b		
S2 D1	2,00	b		
S3 D1	1,90	b		
S2 D2	1,75	b	c	
S3 D3	1,55	b	c	d
T 3	1,30		c	d
S3 D2	1,15			d

En la prueba de significación Tukey al 5% para la variable número de macollos (Cuadro 16), se observan cuatro rangos de significación, los tratamientos que mostraron mayor número de macollos fueron el S1D2, el S1D3 y el S1D1, siendo el primero el que presentó notabilidad frente a las demás con una media de 3,15 macollos y el que presentó el resultado no deseado fue el tratamiento S3D2 con una media de 1,15 macollos.

CUADRO 17. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE GRUPOS DE LA VARIABLE NÚMERO DE MACOLLOS

GRUPOS	Medias (número)	Rangos
S1 (1.5g/m ² con inoculante)	3,02	a
T1 (1.5g/m ² sin inoculante)	2,10	b
T2 (2.0g/m ² sin inoculante)	2,05	b
S2 (2.0g/m ² con inoculante)	1,95	b
S3 (2.5g/m ² con inoculante)	1,53	c
T3 (2.5g/m ² sin inoculante)	1,30	c

Realizado la prueba Tukey al 5% para análisis entre los grupos (Cuadro 17), notamos que existe tres rangos de significación, en donde que el grupo que presentó mejor resultado fue el S1 (1,5g de semilla/m² con inoculante), con una media de 3,02 macollos. Y el grupo que no presenta los resultados esperados es el T3 (2,5g de semilla/m² sin inoculante) con una media de 1,30 macollos.

CUADRO 18. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS DENTRO DEL GRUPO S3 EN LA VARIABLE NÚMERO DE MACOLLOS

TRATAMIENTO	Medias (número)	Rangos
S3 D1 (0.083g)	1,90	a
S3 D3 (0.11g)	1,55	a b
S3 D2 (0.14g)	1,15	b

El cuadro 18 de la prueba de significación Tukey al 5% para el análisis dentro del grupo S3 en la variable número de macollos, muestra dos rangos de significación, siendo el tratamiento S3 D1 el que presentó mejor resultado para ésta

variable con una media de 1,90 macollos y el que no mostró los resultados deseados fue el S3 D2 con una media de 1,15 macollos.

Debido a la alta densidad de siembra utilizada, Bustillo (2012), menciona que la demanda de las plantas de la misma especie aparece en el mismo lugar, al mismo tiempo y con igual intensidad, por encima y por debajo del suelo; y cuando la alfalfa no recibe la luz necesaria, la nodulación disminuye o se inhibe y así mismo las yemas de la corona no se desarrollan en forma vigorosa.

4.6. ÁREA FOLIAR

En el cuadro 19 de Análisis de Varianza para la variable área foliar, se puede observar una alta significación estadística al 1% entre tratamientos y la no significación entre repeticiones. En el análisis realizado entre los grupos presenta alta significación estadística y no significación dentro de cada uno de los grupos. El coeficiente de variación es de 15,26 %. Con un promedio de 2,87 centímetros cuadrados (Anexo 7).

CUADRO 19. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ÁREA FOLIAR

F.V.	SC	gl	CM	F	
REPETICIONES	1,0933	3	0,3554	1,90	NS
TRATAMIENTO	45,88	11	4,1711	21,75	**
ENTRE GRUPOS	43,0389	5	8,6078	3,17	**
GRUPO S1	1,9195	2	0,9598	5,01	NS
GRUPO S2	0,4602	2	0,2301	1,20	NS
GRUPO S3	0,4636	2	0,2318	1,21	NS
Error	6,3273	33	0,1917		
Total	53,30	47			

Coefficiente de variación: 15,26%

**= Altamente significativo

NS= No significativo

CUADRO 20. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LA VARIABLE ÁREA FOLIAR

TRATAMIENTO	Medias (cm ²)	Rangos	
S1 D3	4,77	a	
S1 D2	4,21	a	
S1 D1	3,79	a	b
T 1	3,76	a	b
S2 D1	2,86		b c
T 2	2,56		c d
S2 D3	2,51		c d
S2 D2	2,40		c d
S3 D2	2,11		c d
S3 D1	2,03		c d
T 3	1,76		d
S3 D3	1,66		d

En la prueba de significación de Tukey al 5% para la variable área foliar (Cuadro 20), se observan cuatro rangos de significación. Los tratamientos que mostraron mayor área foliar fueron el S1D3 y el S1D2, siendo el primero el que presentó relevancia con una media de 4,77 centímetros cuadrados, estos resultados concuerdan con Parker (2000), quien manifiesta que a medida que las plantas van creciendo, el área de las hojas van aumentando. El tratamiento que demostró el peor resultado fue el S3D3 con una media de 1,66 centímetros cuadrados.

Al respecto Connor y Loomis (2002), dicen que el índice de área foliar, la intercepción de luz y la tasa de producción son características de la comunidad de plantas en su conjunto. Dentro de la comunidad las plantas se aglomeran y entre ellas se establecen interacciones muy fuertes. A medida que las plantas van creciendo, se superponen en proporción creciente tanto en la parte aérea como en la subterránea;

como resultado la tasa de crecimiento y la morfología de las plantas individuales difieren drásticamente con la densidad.

CUADRO 21. PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN DE TUKEY AL 5% PARA EL ANÁLISIS ENTRE GRUPOS EN LA VARIABLE ÁREA FOLIAR

GRUPOS	Medias (cm ²)	Rango
S1 (1.5g/m ² con inoculante)	4,26	a
T1 (1.5g/m ² sin inoculante)	3,76	a
S2 (2.0g/m ² con inoculante)	2,59	b
T2 (2.0g/m ² sin inoculante)	2,56	b
S3 (2.5g/m ² con inoculante)	1,94	b c
T3 (2.5g/m ² sin inoculante)	1,76	c

Realizada la prueba Tukey al 5% para análisis entre grupos (Cuadro 21), muestra tres rangos de significación, en donde el grupo que presentó el mejor resultado fue el S1 (1,5g de semilla/m² con inoculante), con una media de 4,26 centímetros cuadrados. Y el grupo que no presenta los resultados esperados es el T3 (2,5g de semilla/m² sin inoculante) con una media de 1,76 centímetros cuadrados.

4.7. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Los resultados obtenidos en la densidad de siembra e inoculación de rhizobium (*Rhizobium meliloti*) en semillas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.) en semilleros, permite aceptar la hipótesis por cuanto la densidad de siembra S1 (1,5g/m²) y la dosis de inoculante empleadas D3 (0,14g/g de semilla) incidieron notablemente para las variables en estudio, mostrando un mejor desarrollo. Lo cual permite aceptar que la densidad e inoculación en la semilla son efectivas para obtener una mejor calidad y vigor de plántula de alfalfa.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Luego de analizados e interpretados los resultados obtenidos en esta investigación “Densidad de siembra e inoculación de rhizobium (*Rhizobium meliloti*) en semillas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.) en semilleros, se concluye que:

A. La densidad con 0,15 gramos de semilla por metro cuadrado de semillero fue el adecuado para la producción de plántulas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.) en el sector de Simón Bolívar, parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

B. La dosis 0,14 gramos de inoculante (*Rhizobium meliloti*) fue la adecuada en las semillas de alfalfa (*Medicago sativa*, L.) para la producción de plántulas en el sector de Simón Bolívar, parroquia Picaihua, cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

C. En la variable largo de raíz, el mejor tratamiento se obtuvo en la interacción S1D3 (1,5g/m² y 0,14g de inoculante) con un valor medio de 0,36 metros.

D. El mejor tratamiento para la variable diámetro de raíz se obtuvo en la interacción S1D3 (1,5g/m² y 0,14g de inoculante) con un valor medio de 0,68 centímetros.

E. El tratamiento con la interacción S1D3 (1,5g/m² y 0,14g de inoculante) para la variable largo de tallo, mostró el mejor resultado con una media de 0,58 metros.

F. En la variable diámetro de tallo, el mejor tratamiento se obtuvo en la interacción S1D3 (1,5g/m² y 0,14g de inoculante) con un valor medio de 0,41 centímetros.

G. El mejor tratamiento para la variable número de macollos se obtuvo en la interacción S1D2 (1,5g/m² y 0,11g de inoculante) con un valor medio de 3,15 macollos.

H. En la variable área foliar, el mejor tratamiento se obtuvo con la interacción S1D3 (1,5g/m² y 0,14g de inoculante) con un valor medio de 4,77 centímetros cuadrados.

5.2. RECOMENDACIONES

A. Para obtener plántulas de mejor calidad se recomienda utilizar la densidad de siembra con 1,5 gramos de semilla por metro cuadrado de semillero, con una dosis de inoculante (*Rhizobium meliloti*) de 0,14 gramos, por cuanto dichas cantidades mostraron los mejores resultados, en las condiciones de manejo que se desarrolló el ensayo.

B. Investigar la inoculación de *Rhizobium meliloti* utilizando dosis menores a las empleadas en el presente ensayo y estudiar la nodulación de dichas bacterias en las raíces de alfalfa.

C. Realizar investigaciones sobre el efecto de la fertilización nitrogenada en la nodulación de las bacterias, que permitan desarrollar un paquete tecnológico para la producción adecuada de plántulas de alfalfa.

D. Realizar investigaciones de inoculación de *Rhizobium* en semillas de alfalfa en suelos con *Rhizobium* y sin *Rhizobium*.

E. Efectuar investigaciones en las cuales se lleve un seguimiento desde el trasplante hasta el momento del corte de ésta leguminosa, para determinar el rendimiento de forraje.

CAPÍTULO 6

PROPUESTA

6.1. TÍTULO

Producción de planta de Alfalfa (*Medicago sativa, L.*) variedad nacional morada, con inoculación de *Rhizobium meliloti*.

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Lacki (2010), menciona que los agricultores al no poseer suficientes conocimientos, simplemente no pueden desarrollarse debido a que no logran corregir sus propias ineficiencias, mejorar su desempeño laboral e incrementar su productividad. Pero esto es apenas la primera parte del gran problema. Además, la inadecuada formación y capacitación de los agricultores incide negativamente en la productividad o rendimiento de los demás factores de producción, que de por sí ya suelen ser escasos como la tierra, los animales, las obras de infraestructura, la maquinaria y los insumos materiales. Esto figura que la ineficiencia del factor de producción más abundante, que es la mano de obra, es una causa adicional de la insuficiencia de los factores más escasos.

La producción de plántulas de alfalfa en semilleros es uno de los primeros pasos y sin duda importante para el proceso productivo de este forraje que asegurará el óptimo desarrollo en el campo definitivo. Al sembrar con densidades altas resultan perjudiciales debido a que las semillas van a competir unas con otras por luz, humedad, nutrientes y espacio para su desarrollo; esto hace que las plántulas de alfalfa disminuyan su calidad en un 70% resultando delgadas y débiles que no son aptos para el trasplante. Por otro lado, al implementar densidades bajas de siembra no se va a aprovechar óptimamente el espacio destinado para el semillero.

La falta de interés por parte de profesionales y agricultores en el correcto manejo y tecnificación de la obtención de plántulas de alfalfa, el mismo hecho del desconocimiento de la cantidad de semilla por los productores y las prácticas de

producción ancestrales o tradicionales utilizados actualmente han sido las causas primordiales para que las plantas se obtengan de baja calidad y la producción disminuya en un 40% debido a que se obtienen un número bajo de plántulas de alfalfa por semillero aptos y demandados por el mercado local.

6.3. JUSTIFICACIÓN

Fao (s.f.), menciona que con la utilización e implementación de semilleros obtenemos varias ventajas como: ahorro de semillas, desarrollo uniforme ya que generalmente cada plántula recibe la misma cantidad de agua, luz y nutrientes; y también permite obtener una buena calidad de plántulas. Es un sitio donde la calidad de la tierra, el abono y los cuidados especiales permiten las condiciones para que germine la semilla en mayor proporción. También podemos decir que es un lugar donde las plántulas inician su desarrollo antes de ser trasplantadas al terreno definitivo.

Wikipedia (2011) y Abela (s.f.), concuerdan en que por lo general, el nitrógeno es el nutriente más comúnmente deficitario en muchos suelos del mundo y el más comúnmente agregado al suelo. La fertilización nitrogenada a través de fertilizantes tiene fuertes impactos medioambientales. Para Abela (s.f.), cuando la planta tiene suficiente nitrógeno sus hojas y tallos crecen rápidamente, en cambio la deficiencia del mismo origina la clorosis en las hojas (amarillamiento) a partir de la base, y la falta de desarrollo y debilidad de todas las partes de la planta. En los suelos pobres o carentes de nitrógeno los rendimientos de los cultivos son bajos.

Según Infoagro (2010), la alfalfa es un cultivo de gran importancia debido a la fuente natural de proteínas (24%), fibra (16%), vitaminas y minerales que brinda; así como su contribución paisajística y su utilidad como cultivo conservacionista de la fauna. Además la alfalfa contribuye a la salud debido a que presenta un alto contenido en vitaminas A, B, E, K y minerales. Tiene un alto contenido en proteínas (hasta un 55%), aminoácidos utilizados por el organismo para la síntesis de sus proteínas, vitaminas, minerales (calcio) y oligoelementos (hierro, fósforo, zinc, cobre, selenio y sílice). Contiene enzimas básicas para el correcto funcionamiento de nuestro cuerpo, como por ejemplo proteasa, invertasa, y lipasa, que le confieren actividad reductora de

las grasas en sangre, de ahí que sea útil para la arteriosclerosis, también repara el tejido conjuntivo, remineraliza, es muy rica en sílice, contiene más vitamina que los aceites de pescado y un gran número de oligoelementos.

6.4. OBJETIVO

Producir plántula de alfalfa (*Medicago sativa, L.*) de mejor calidad en semilleros.

6.5. FUNDAMENTACIÓN

6.5.1. Alfalfa

Hanson (1972), citado por Altamirano (2009), señala que la alfalfa 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 ésta especie es capaz de aprovechar altos contenidos de nitrógeno del suelo ya que cuenta con la relación simbiótica entre la raíz y los rizobios. Los tallos de esta leguminosa según Del Pozo (1983), menciona que es erecta, y el primer tallo nace entre los cotiledones, las primeras hojas verdaderas son unifoliadas, posteriormente son trifoliados. La temperatura media anual para la producción forrajera está en torno a los 15°C. siendo el rango óptimo de temperaturas, según las variedades de 18 a 28°C. acota que la alfalfa tolera sin dificultad temperaturas tan bajas como los 10 ° y 15 °C bajo cero.

Picasso (2010), expresa que el cultivo necesita idealmente suelo profundo, bien drenado y franco arenoso. Clementeviven.com (2010), manifiesta que el pH óptimo del cultivo es de 7,2 siendo la acidez un factor limitante para su cultivo. La bacteria nodulante de la Alfalfa (*Rhizobium meliloti*), deja de reproducirse por debajo de pH 5.

6.5.2. Densidad de semilla

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 numero bajo de plantas

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

6.5.3. Inoculación de Rhizobium

Perticari (s.f.), expresa que los 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 y/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.

El mismo autor menciona que hay especificidad en la asociación o par simbiótico, en otras palabras determinadas especies de leguminosas combinan mejor con determinadas especies de rizobios e inclusive hay situaciones donde la especificidad es tal que variedades de una leguminosas combina en forma específica con determinadas cepas de rizobios. Cuando en los suelos donde se cultiva la leguminosa los rizobios requeridos están ausentes o no son eficientes se procede a la inoculación.

6.6. IMPLEMENTACIÓN Y PLAN DE ACCIÓN

6.6.1. Adquisición de semilla

La semilla que se utilice debe ser de la variedad nacional morada y se conseguirá en el mercado local, dicha semilla será obtenida de una zona parecida a la de implantación.

6.6.2. Pruebas de germinación

Se realizará con el fin de conocer el porcentaje de germinación de las semillas, se colocará cien semillas en tres cajas petri respectivamente.

Luego en la incubadora y posteriormente se contabiliza el número de semillas germinadas.

6.6.3. Preparación de terreno

El suelo se removerá a una profundidad de 30 centímetros, para obtener aireación y que la raíz se desarrolle sin problemas de compactación.

6.6.4. Limpieza de terreno

Se realizará de forma manual y se dejará el terreno libre de malezas, restos de cultivos anteriores y demás materiales que puedan perjudicar el normal desarrollo del semillero.

6.6.5. Emparejado del terreno

Debido a los desniveles del terreno se realizará esta actividad para poder elaborar los semilleros lo más nivelado posibles.

6.6.6. Cercado

Se efectuará el cercado utilizando sarán, que servirá como protección contra animales domésticos y demás que pudieran causar daño al semillero.

6.6.7. Abonadura

Se hará una enmienda con abono orgánico utilizando una cantidad de 2kg por metro cuadrado de semillero.

6.6.8. Densidad de siembra

Para obtener plántulas de mejor calidad se empleará una cantidad de semilla de 1,5 gramos de alfalfa variedad nacional morada por metro cuadrado de semillero.

Con esta cantidad se obtendrá una densidad de 750 plantas por metro cuadrado de semillero.

6.6.9. Inoculación de Rhizobium

La dosis de inoculante (*Rhizobium meliloti*) que se utilizará es de 0.14g en 1.5g de semilla, que garantizará la nodulación y posterior fijación de nitrógeno.

6.6.9.1. Metodología para la inoculación

- Preparar una solución azucarada, que comprende 15 cucharadas de azúcar en ½ taza de agua tibia.
- Colocar las semillas en una tela (media nylon), sumergir en la solución azucarada.
- Sacudir hasta eliminar el exceso de agua.
- Colocar las semillas sobre papel aluminio y poner el inoculante sobre la semilla.
- Con la ayuda de un palillo proceder a mezclar el inoculante con la semilla.
- Dejar secar a la sombra.

6.6.10. Siembra

Un día antes se realizará un riego, la siembra de las semillas inoculadas se procederá a hacerlas dentro de las 2 horas de inoculado la semilla, para garantizar la sobrevivencia de las bacterias. Se hace a una profundidad de dos centímetros aproximadamente en horas de la mañana.

6.6.11. Riegos.

Se realiza tomando en cuenta las condiciones climáticas que se presentan, se utilizaran regaderas en las primeras etapas del semillero, posteriormente se hará riego gravitacional.

6.6.12. Deshierba

Se efectuará a los 30 días luego de la siembra para evitar la dominancia de las malezas frente a las plántulas y además evitar que compitan entre ellas maleza – planta.

6.6.13. Cosecha

Utilizando herramientas manuales se procederá a aflojar el suelo evitando dañar las raíces de las plántulas, luego se separará las raíces del suelo.

6.7. ADMINISTRACIÓN

Todas las actividades establecidas para la ejecución del proyecto serán debidamente consultadas previas a la ejecución.

Se registrarán todas las actividades que se realicen en el día haciendo constar: fecha, actividad, material utilizado y producto aplicado.

Para realizar los riegos deben tomarse en cuenta el comportamiento del clima y de ser necesario se procederá a regar cada una de las unidades experimentales con las regaderas hasta obtener un suelo con capacidad de campo adecuado.

De igual manera la toma de datos será registrada de manera detallada, minuciosa y con letra legible los parámetros establecidos, capaz de no tener complicación al momento de tabular los datos.

6.8. EVALUACIÓN

6.8.1. Económica

Se realizará la evaluación económica del proyecto ejecutado en el que se analizará el impacto que tuvo en el agricultor al ejecutar dicho proyecto. Se medirán:

- Índices de rentabilidad.
- Relación Beneficio-Costo.

6.8.2. Social

En el cual se evaluarán los impactos que tuvieron en la utilización de mano de obra para la ejecución del proyecto.

6.8.3. Científico – Tecnológico

Se evaluará la calidad del producto obtenido mediante la tecnología implementada en el proceso productivo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abela, J.E. (s.f.). Importancia y función de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) en el cultivo de la soya (en línea). Consultado el 18 de Abril del 2011. Disponible en: http://www.fundacruz.org.bo/documents/informacion/10_Fijacion_biologica.pdf
- 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. 98p.
- Avalos, M. y Moschetti, C. (s.f.). Establecimiento de un semillero de alfalfa (en línea). Consultado el 18 de Abril del 2011. Disponible en: [http://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=2&sqi=2&ved=0CB8QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.inta.gov.ar%2Fascasubi%2Finfo%2Fboletin%2Fhinfel%2FHOJA%252040%2FLARGOS%2FEstablecimiento%2520de%2520un%2520semillero%2520de%2520alfalfa%2520\(ampliado\).doc&rct=j&q=semillero%20de%20alfalfa&ei=ldisTbaXO-bV0QHBu4m1Cw&usg=AFQjCNGyRPkVCTENrGMqu3rkaplaFxNb5g](http://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=2&sqi=2&ved=0CB8QFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.inta.gov.ar%2Fascasubi%2Finfo%2Fboletin%2Fhinfel%2FHOJA%252040%2FLARGOS%2FEstablecimiento%2520de%2520un%2520semillero%2520de%2520alfalfa%2520(ampliado).doc&rct=j&q=semillero%20de%20alfalfa&ei=ldisTbaXO-bV0QHBu4m1Cw&usg=AFQjCNGyRPkVCTENrGMqu3rkaplaFxNb5g)
- Bidwell, R. G. S. 1979. Fisiología Vegetal. México. 1ra Ed. AGT Editor S.A. 744 p.
- Bustillo, E. 2012. Consociación y competencia en la pastura (en línea). Consultado el 20 de marzo del 2012. Disponible en: <http://www.pasturasyforrajes.com/pasturas-base-alfalfa/consociacion-y-competencia>
- Connor, D. J. y Loomis, R. S. 2002. Ecología de cultivos, productividad y manejo en sistemas agrarios (en línea). España-Barcelona. Consultado el 13 de marzo del 2012. Disponible en: <http://books.google.com.ec/books?id=jYTLv1muPa4C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Clementeviven. 2010. La Alfalfa (en línea). Consultado 26 de septiembre de 2010. Disponible en: http://area-web.net/clementeviven/?page_id=32

Duarte, G. 2007. Fertilización de la alfalfa (en línea). Consultado 26 de septiembre de 2010. Disponible en: www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/53-fertilizacion.pdf+ayuda+sobre+la+alfalfa&hl=es&gl=ec.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). s.f. Preparación de semilleros (en línea). Consultado el 18 de Abril del 2011. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1374s/a1374s03.pdf>

Ferreira, P. V. 2000. Estadística experimental aplicada à agronomía. Brasil. 419 p.

Forganismos.chubut. 2007. Inoculación en alfalfa (en línea). Consultado el 18 de Abril del 2011. Disponible en: <http://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBUQFjAA&url=http%3A%2F%2Forganismos.chubut.gov.ar%2Fdgag%2Ffiles%2F2007%2F02%2Finoculacion-alfalfa.doc&ei=6PmsTczuNabf0QHKy72xCw&usq=AFQjCNH5Iv828K4d09rN6zPOo1s4tjjQfQ>

Greentown. 2012. Nitrógeno: importancia, excesos y carencias (en línea). Consultado el 16 de marzo del 2012. Disponible en: <http://www.greentown.es/blog/2010/12/carencia-nitrogeno/>

Guzmán, M. 2002. Acondicionamiento nutritivo en Semilleros y respuestas postrasplante en hortalizas (en línea). España. Consultado el 18 de Abril del 2011. Disponible en: <http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort02/Ponencia10.pdf>

Happyflower. 2012. Los fertilizantes (en línea). Consultado el 24 de marzo del 2012. Disponible en: http://www.happyflower.com.mx/Guia/05_Fertilizantes.htm

Hanson, C 1972. Ciencia y tecnología de la alfalfa, Tomo I. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 331p

- Hycka, M. 1983. Zaragoza. Alfalfa en el secano: densidad de siembra (en línea). Consultado el 2 de diciembre del 2010. Disponible en: http://digital.csic.es/bitstream/10261/15560/3/ANALES_16_3-4-Alfalfa%20secano_%20densidad.pdf
- Infoagro. 2010. El cultivo de la Alfalfa (en línea). Consultado 25 de septiembre del 2010. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.htm>
- Lacki, P. 2010. Los agricultores necesitan de un sistema educativo que les ayude a solucionar sus problemas (en línea). Consultado el 5 de febrero del 2011. Disponible en: <http://yarugyver.blogspot.com/2010/10/los-agricultores-necesitan-de-un.html>
- Paredes, E. 2009. Estudios de cultivos agrícolas no tradicionales de exportación. En línea. Consultado el 07 Octubre 2010. Disponible en www.mag.gov.ec/incca/cultivosexportacion20nacvional.doc/productos/nitratopotasio.htm.
- Parker, R. 2000. La ciencia de la planta. España. Paraninfo S.A. 613 p.
- Pérez, S. s.f. La importancia del nitrógeno en la productividad de la biósfera (en línea). Consultado el 11 de Abril del 2011. Disponible en: <http://hypatia.morelos.gob.mx/no6/unacharlacon.htm>
- Peticari, A. 2006. Pasturas de alfalfa: importancia de una adecuada inoculación (en línea). Consultado el 18 de Abril del 2011. Disponible en: http://www.infogranjas.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=1093%3Apasturas-de-alfalfa-importancia-de-una-adeuada-inoculacion&catid=303%3Apasturas-alfalfa&Itemid=157
- Picasso. 2010. Descripción de Alfalfa (*Medicago sativa*) (en línea). Consultado 24 de septiembre de 2010. Disponible en: http://www.picasso.com.ar/descripcion-semillas_de_alfalfa.php

- Pozo, M Del. 1983. La Alfalfa su cultivo y aprovechamiento. Ed. 3ra. Madrid. Mundi-Prensa. 379 p.
- Rocabado, M. 2007. Manual de cultivo de alfalfa dormante (en línea). Bolivia – La Paz Consultado el 18 de Abril del 2011. Disponible en: <http://www.promarena.org.bo/PublicacionesPromarena/Manual%20Alfalfa%20Dormante.pdf>
- Rodas, A. 2006. Artículo: Porqué el Fósforo es importante para el desarrollo de las raíces (en línea). Chile. Consultado el 21 de marzo del 2012. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/maiz/articulos/porque-fosforo-importante-desarrollo-t1021/417-p0.htm>
- Romero, N. s.f. Alfalfa: importancia de la densidad de siembra (en línea). Consultado el 20 de marzo del 2012. Disponible en: <http://webdelcampo.com/agricultura/1067-alfalfa-la-importancia-de-la-densidad-de-siembra.html>
- Rodríguez, J. 2010. La alfalfa: alimento extraordinario (en línea). Consultado el 24 de septiembre del 2010. Disponible en: <http://www.pronat.com.mx/suplementos/alfalfa.html>
- Sevilla, H., Pasinato, A. M. y García, J. M. 2002. Producción de forraje y densidad de plantas de alfalfa irrigada comparando distintas densidades de siembra (en línea). Consultado el 3 de diciembre del 2010. Disponible en: [http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2010-3/Archivos10\(3\)164.pdf](http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2010-3/Archivos10(3)164.pdf).
- Soto, L. y López, T. 1986. Dosis de siembra en variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) (en línea). Chile, Santiago. Consultado el 2 de diciembre del 2010. Disponible en: <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/agritec/NR04667.pdf>
- Tovar, F. 2006. Incremento en invernadero de la calidad y cantidad del follaje de la alfalfa (*Medicago sativa*, L.) variedad florida 77 causado por la combinación de fertilización biológica y química en un suelo de la serie bermeo de La Sabana de Bogotá (en línea). Consultado el 2 de Febrero del 2011. Disponible en:

http://www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum/universitas_docs/vol11_esp_1/6-INCREMENTO.pdf

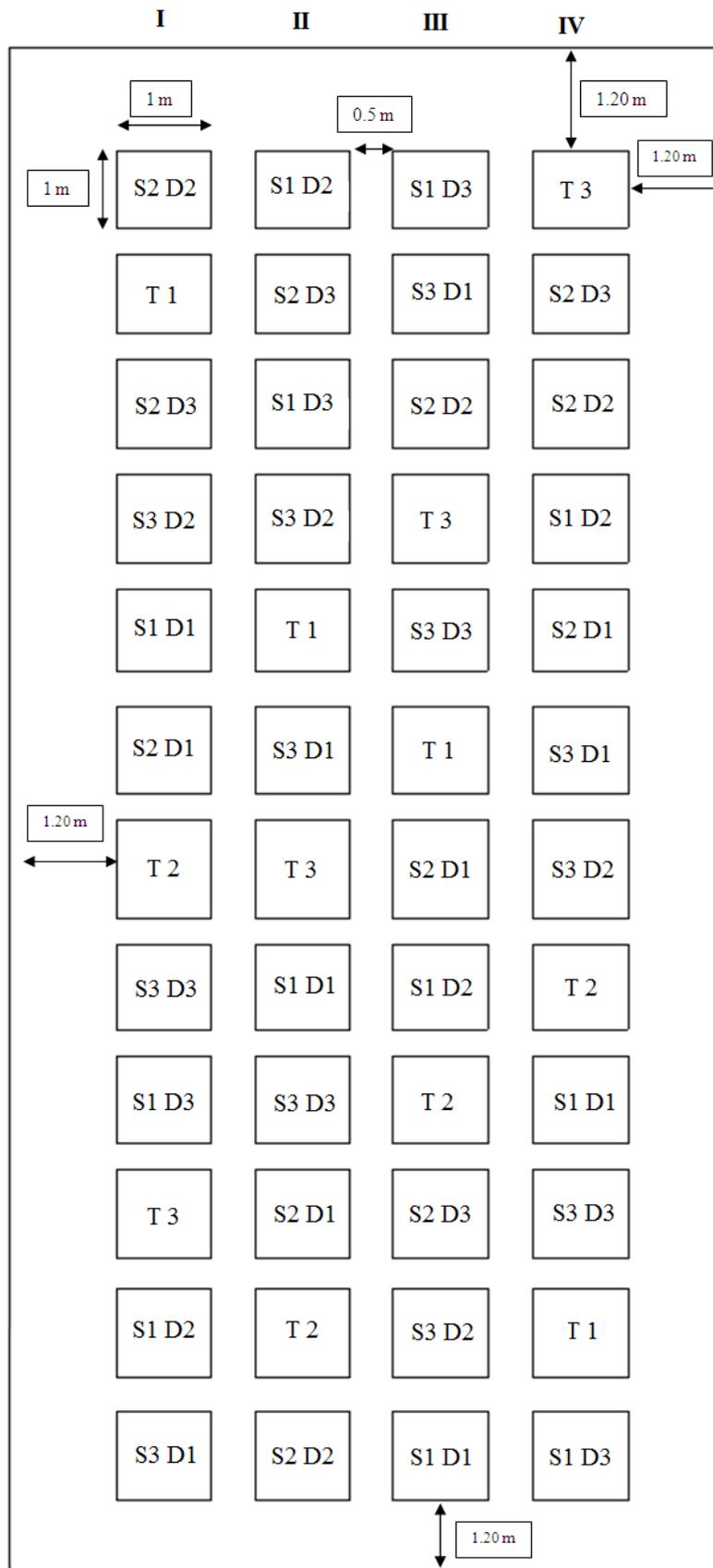
Vaca, A. 1987. Fertilización con nitrógeno, fosforo y potasio, en cultivos de alfalfa. Tesis Ing. Agr. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Facultad de ingeniería agronómica. Riobamba, Ecuador. 99p.

Wikipedia. 2011. Semillero (en línea). Consultado el 4 de abril del 2011. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Semillero>

Wikipedia. 2011. Rizobio (en línea). Consultado el 18 de Abril del 2011. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Rizobio>

APÉNDICE

ANEXO 1. Esquema del ensayo.



ANEXO 2. Largo de raíz (metros).

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
S1 D1	0,35	0,37	0,26	0,33	1,30	0,33
S1 D2	0,41	0,30	0,35	0,35	1,41	0,35
S1 D3	0,37	0,35	0,36	0,35	1,44	0,36
S2 D1	0,30	0,25	0,27	0,28	1,10	0,28
S2 D2	0,20	0,25	0,26	0,24	0,95	0,24
S2 D3	0,26	0,30	0,22	0,26	1,04	0,26
S3 D1	0,21	0,24	0,23	0,23	0,91	0,23
S3 D2	0,21	0,24	0,19	0,21	0,85	0,21
S3 D3	0,24	0,26	0,22	0,24	0,97	0,24
T 1	0,26	0,36	0,22	0,28	1,13	0,28
T 2	0,26	0,26	0,28	0,27	1,07	0,27
T 3	0,16	0,24	0,21	0,18	0,79	0,20

ANEXO 3. Diámetro de raíz (centímetros).

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
S1 D1	0,56	0,70	0,54	0,60	2,39	0,60
S1 D2	0,66	0,61	0,64	0,64	2,54	0,64
S1 D3	0,65	0,70	0,68	0,70	2,72	0,68
S2 D1	0,47	0,49	0,43	0,46	1,84	0,46
S2 D2	0,28	0,48	0,38	0,38	1,51	0,38
S2 D3	0,44	0,41	0,39	0,42	1,66	0,41
S3 D1	0,42	0,32	0,37	0,34	1,46	0,36
S3 D2	0,30	0,41	0,34	0,35	1,40	0,35
S3 D3	0,36	0,40	0,33	0,36	1,45	0,36
T 1	0,45	0,55	0,34	0,45	1,80	0,45
T 2	0,43	0,43	0,42	0,43	1,70	0,43
T 3	0,32	0,29	0,31	0,27	1,19	0,30

ANEXO 4. Largo de tallo (metros).

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
S1 D1	0,47	0,62	0,46	0,52	2,07	0,52
S1 D2	0,62	0,50	0,56	0,56	2,24	0,56
S1 D3	0,54	0,61	0,58	0,59	2,32	0,58
S2 D1	0,41	0,43	0,45	0,43	1,73	0,43
S2 D2	0,27	0,45	0,36	0,36	1,45	0,36
S2 D3	0,41	0,43	0,38	0,41	1,63	0,41
S3 D1	0,35	0,42	0,39	0,36	1,52	0,38
S3 D2	0,31	0,43	0,36	0,37	1,45	0,36
S3 D3	0,39	0,44	0,39	0,41	1,63	0,41
T 1	0,41	0,53	0,35	0,43	1,71	0,43
T 2	0,48	0,45	0,43	0,45	1,81	0,45
T 3	0,39	0,36	0,38	0,32	1,45	0,36

ANEXO 5. Diámetro de tallo (centímetros).

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
S1 D1	0,34	0,47	0,32	0,38	1,51	0,38
S1 D2	0,41	0,36	0,39	0,40	1,55	0,39
S1 D3	0,38	0,43	0,41	0,42	1,64	0,41
S2 D1	0,29	0,34	0,31	0,31	1,25	0,31
S2 D2	0,21	0,26	0,26	0,24	0,98	0,24
S2 D3	0,29	0,32	0,27	0,29	1,17	0,29
S3 D1	0,25	0,26	0,25	0,25	1,01	0,25
S3 D2	0,21	0,26	0,26	0,23	0,96	0,24
S3 D3	0,26	0,30	0,22	0,26	1,03	0,26
T 1	0,31	0,38	0,25	0,32	1,26	0,31
T 2	0,30	0,31	0,27	0,29	1,17	0,29
T 3	0,23	0,22	0,22	0,21	0,88	0,22

ANEXO 6. Número de macollos.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
S1 D1	2,4	3,2	2,8	2,8	11,2	4,5
S1 D2	3,0	3,2	3,4	3,0	12,6	5,0
S1 D3	3,0	3,0	3,2	3,2	12,4	5,0
S2 D1	2,0	2,0	2,0	2,0	8,0	3,2
S2 D2	1,4	2,0	1,8	1,8	7,0	2,8
S2 D3	2,2	2,4	1,6	2,2	8,4	3,4
S3 D1	1,6	2,0	2,0	2,0	7,6	3,0
S3 D2	1,0	1,6	1,0	1,0	4,6	1,8
S3 D3	1,4	2,0	1,2	1,6	6,2	2,5
T 1	2,0	2,8	1,6	2,0	8,4	3,4
T 2	2,2	2,0	2,0	2,0	8,2	3,3
T 3	1,0	1,4	1,4	1,4	5,2	2,1

ANEXO 7. Área foliar (centímetros cuadrados).

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
S1 D1	3,66	4,58	3,14	3,79	15,17	3,79
S1 D2	5,16	4,34	3,14	4,21	16,85	4,21
S1 D3	4,77	4,69	4,73	4,89	19,08	4,77
S2 D1	2,68	3,35	2,54	2,86	11,43	2,86
S2 D2	1,80	2,48	2,91	2,40	9,59	2,40
S2 D3	2,51	3,32	2,69	2,51	11,03	2,76
S3 D1	1,68	2,40	2,04	2,01	8,13	2,03
S3 D2	1,90	2,10	2,34	2,11	8,45	2,11
S3 D3	1,45	2,00	1,53	1,67	6,65	1,66
T 1	3,21	5,01	3,05	3,76	15,03	3,76
T 2	2,56	2,56	2,57	2,56	10,25	2,56
T 3	2,16	1,55	1,86	1,47	7,04	1,76