



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DE LA MELAZA EN LA SIMBIOSIS DE BACTERIAS
FIJADORAS DE NITRÓGENO CON EL CULTIVO DE ALFALFA (*Medicago sativa*),
CUMBAYÁ-PICHINCHA”.**

Trabajo de grado para Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR/A:

Valladares Granda Gines Felipe

DIRECTOR/A:

Ing. Miguel Gómez Msc

Ibarra, mayo 2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
ESCUELA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

"EVALUACIÓN DE LA MELAZA EN LA SIMBIOSIS DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO CON EL CULTIVO DE ALFALFA (*Medicago sativa*), CUMBAYÁ-PICHINCHA".

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Miguel Gómez Msc

DIRECTOR



FIRMA

Dr. Roberto Quinteros

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Franklin Sánchez, MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	172290775-3	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Valladares Granda Gines Felipe	
DIRECCIÓN:		Terán e Imbabura (Cayambe)	
EMAIL:		gvalladaresg@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	022361544	TELÉFONO MÓVIL:	0999381662

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de la melaza en la simbiosis de bacterias fijadoras de nitrógeno con el cultivo de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), Cumbayá-Pichincha
AUTOR (ES):	Valladares Granda Gines Felipe
FECHA: DD/MM/AAAA	10 de mayo del 2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Miguel Gómez Msc

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 14 días del mes de mayo de 2021

EL AUTOR:

(Firma).....
Nombre: Gines Felipe Valladares Granda

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Valladares Granda Gines Felipe bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 14 días del mes de mayo de 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Miguel Gómez', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Ing. Miguel Gómez Msc

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 14 días del mes de mayo del 2021

Nombres y Apellidos: "Evaluación de la melaza en la simbiosis de bacterias fijadoras de nitrógeno con el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*), Cumbayá-Pichincha" /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 14 días del mes de mayo del 2021 86 páginas.

DIRECTOR (A):

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la influencia de la melaza en la simbiosis de bacterias fijadoras de nitrógeno con el cultivo de alfalfa.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Cuantificar la nodulación en el cultivo de alfalfa en relación a las dosis de melaza.
- Determinar el comportamiento agronómico de la alfalfa bajo la aplicación de distintas dosis de melaza.



Ing. Miguel Gómez Msc

Director de tesis



Firma

Valladares Granda Gines Felipe

Autor

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a mi familia por ser mi constante motivación y siempre estar presente apoyándome a lo largo de mi camino tanto como persona y a nivel profesional.

A la Universidad Tecnica del Norte, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Carrera de Ingenieria Agropecuaris y personal docente. Especialmente a mi Director de tesis Ing. Miguel Gómez Msc. Que gracias a su dedicación pude culminar este sueño tan anhelado que es mi profesión como Agropecuario.

De igual manera a los miembros del Comité asesor que me guiaron en este transcurso que son: PhD. Julia Prado, Dr. Roberto Quinteros, Ing. Franklin Sánchez, MSc., e Ing. María José Romero MSc y en el ámbito administrativo a la Lic. Mary Robby, quienes me brindaron sus conocimientos no solo académicos sino también de vida para lograr alcanzar mi meta.

Un agradecimiento especial al Ing. Marcelo Herdoiza Crespo quien con su espíritu colaborativo me facilito realizar la fase de campo de mi investigación en sus instalaciones contribuyendo a sí, con la culminación de mi carrera.

DEDICATORIA

Cada logro en mi vida lo agradezco a Dios, a mis padres Wilson Valladares y Cristina Granda, hermanas Dayan y Alejandra, en memoria de mi Abuelita Judith Tulcanaza. También lo dedico a mis compañeras de vida Juliana Escobar y mi hija Emiliana, quienes formaron parte de mi inspiración para terminar una meta más de las que vamos a tener durante el transcurso de esta nueva etapa. Por ello este homenaje va destinado a cada uno de los miembros que componen mi familia.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
CONTENIDO DE FIGURAS	x
CONTENIDO DE TABLAS.....	xi
CONTENIDO DE ANEXOS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2. Problema de investigación	2
1.3. Justificación.....	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis o preguntas directrices.....	4
CAPITULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Definición e importancia del cultivo de alfalfa.....	5
2.2 Origen y distribución.....	5
2.3 Descripción taxonómica.....	5
2.4 Descripción botánica del cultivo de alfalfa	6
2.5 Necesidades del cultivo	7
2.6 Leguminosas forrajeras	8
2.7 Bacterias fijadoras de nitrógeno	8
2.7.1 Condiciones para el desarrollo de las bacterias en el suelo.....	9
2.8 Fijación de nitrógeno.....	9
2.8.1 Fijación biológica de nitrógeno (FBN).....	9
2.9 Nodulación	10
2.9.1 Tamaño y número de nódulos	11
2.9.2 Estado del nódulo.....	11
2.10 Cantidad de nitrógeno fijado asimilado por la planta	12
2.11 Fuentes de carbono.....	12
2.12 La sacarosa en la simbiosis	13

2.13 Melaza.....	13
2.13.1 Composición de la melaza.....	14
2.14 Marco legal.....	15
CAPITULO III.....	16
3. MARCO METODOLÓGICO.....	16
3.1 Caracterización del área en estudio.....	16
3.1.1 Area de estudio.....	16
3.1.2 Materiales.....	17
3.2 Métodos.....	17
3.2.1 Factores de Estudio.....	17
3.2.2 Tratamientos.....	18
3.2.3 Diseño Experimental.....	18
3.2.4 Características del experimento.....	19
3.2.5 Características de la unidad experimental.....	19
3.2.6 Análisis estadístico.....	19
3.2.7 Variables.....	20
3.2.8 Manejo del Experimento.....	23
CAPÍTULO IV.....	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1 Altura de la planta.....	32
4.2 Concentración de clorofila.....	35
4.4 Área foliar.....	38
4.5 Número de macollos.....	39
4.6 Número de nódulos por planta.....	42
4.7 Materia seca.....	45
4.7.1 Materia seca hojas.....	45
4.7.2 Materia seca tallos.....	47
4.7.3 Parte aérea.....	49
4.7.4 Materia seca raíz.....	52
4.7.3 Materia seca de nódulos.....	54
4.8 Materia seca total.....	56
CAPÍTULO V.....	59
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59

5.1 Conclusiones	59
5.2 Recomendaciones.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ciclo del nitrógeno y conversión del nitrógeno a amoníaco.....	10
<i>Figura 2.</i> Estado activo de nódulo.	12
<i>Figura 3.</i> Mapa de ubicación del proyecto de investigación.	16
<i>Figura 4.</i> Diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas.....	18
<i>Figura 5.</i> Toma de datos de altura de la planta.	20
<i>Figura 6.</i> Medición de área foliar	21
<i>Figura 7.</i> Medidor de clorofila.....	21
<i>Figura 8.</i> Número de macollos	22
<i>Figura 9.</i> Número de nódulos.	22
<i>Figura 10.</i> Toma de datos de peso de los nódulos de una planta de alfalfa (Cuf-101)...	23
<i>Figura 11.</i> Espacio destinado para el proyecto de investigación.	24
<i>Figura 11.</i> Delimitación del terreno con ayuda de estacas y piola.	24
<i>Figura 13.</i> Toma de la muestra del suelo.....	25
<i>Figura 14.</i> Preparación del sustrato	26
<i>Figura 15.</i> Germinación y transplante	28
<i>Figura 16.</i> Aplicación de melaza vía foliar.....	30
<i>Figura 18. a)</i> Corte de la planta de alfalfa (Cuf-101)	31
<i>Figura 19.</i> La altura de la planta en el estado de floración.	33
<i>Figura 20.</i> Altura de la planta en el estado de floración	34
<i>Figura 21.</i> Interacción en la concentración de clorofila	37
<i>Figura 22.</i> Área foliar de las plantas de alfalfa.....	39
<i>Figura 23.</i> Interacción del número de macollos por planta	41
<i>Figura 24.</i> Número de nódulos por planta	43
<i>Figura 27.</i> Materia seca de tallo de alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.)	48
<i>Figura 28.</i> Interacción de la Materia seca de la parte aérea.....	51
<i>Figura 29.</i> Materia seca de la raíz en la planta de alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.).....	53

<i>Figura 30.</i> Interacción de la Materia seca de los nódulos.....	56
<i>Figura 31.</i> Materia seca total de la planta del cultivo de alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) ..	57

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de la melaza.	14
Tabla 2. Características del área de estudio	16
Tabla 3. Materiales, equipos, insumos y herramientas.	17
Tabla 4. Tratamientos y dosificación de melaza	18
Tabla 5. Características de la unidad experimental	19
Tabla 6. Esquema de la ADEVA en el diseño completamente al azar con parcelas divididas.	19
Tabla 7. Recomendación de fertilización para el cultivo de alfalfa.	27
Tabla 8. Fertilización del experimento, fuente de nutrientes	28
Tabla 9. Análisis de varianza de la altura de la planta de alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.)	32
Tabla 10. Análisis de varianza de la concentración de clorofila del cultivo de alfalfa	35
Tabla 11. Análisis de varianza del área foliar de la planta de alfalfa	38
Tabla 12. Análisis de varianza del número de macollos en el cultivo de alfalfa	40
Tabla 13. Análisis de varianza del número de nódulos por planta de alfalfa	42
Tabla 14. Análisis de varianza de la materia seca de las hojas de alfalfa .	45
Tabla 15. Análisis de varianza de la materia seca presentes de tallos de alfalfa	47
Tabla 16. Análisis de varianza de la materia seca de la parte aérea de la planta	49
Tabla 17. Análisis de varianza de la raíz de la planta de alfalfa	53
Tabla 18. Análisis de varianza de la materia seca de los nódulos de la planta	54
Tabla 19. Análisis de varianza de la materia seca total por planta de alfalfa	57

“EVALUACIÓN DE LA MELAZA EN LA SIMBIOSIS DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO CON EL CULTIVO DE ALFALFA (*Medicago sativa*), CUMBAYÁ-PICHINCHA”

Autor: Gines Felipe Valladares Granda

Director de trabajo de titulación: MSc. Miguel Gómez

Año: 2021

RESUMEN

Dentro del cultivo de forrajes en Ecuador la alfalfa (*Medicago sativa*), es uno de los forrajes más importantes de la familia de las leguminosas que pueden fijar N_2 por medio de simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno, estas se encuentran presentes en el suelo y toman su alimento de las leguminosas por lo que el uso de melaza es una alternativa para evitar el uso excesivo de fertilizantes en el suelo, ya que por su variable composición y origen aportan cantidades notables de sustratos carbonados en mayor porcentaje sacarosa. Estos a su vez asimilados por la planta serán traspasados a las bacterias mejorando la formación de nódulos y la fijación de N_2 . La investigación se la realizó en el sector de Lumbisí en la parroquia de Cumbayá, cantón Quito, Pichincha – Ecuador. Teniendo como objetivo evaluar la influencia de la melaza en la simbiosis de bacterias fijadoras de nitrógeno con el cultivo de alfalfa, cuantificando la nodulación y determinando el comportamiento agronómico de la planta con un diseño de bloques completos al azar, probando diferentes niveles de fertilización distribuidas en tres bloques. El proyecto se llevó a cabo con un testigo, cuatro niveles de melaza y una aplicación de fertilización química. Para este estudio se utilizó melaza que es un desecho industrial de la caña de azúcar en aplicaciones foliares durante cuatro cortes del cultivo. Con los tratamientos evaluados se obtuvo que la dosis de melaza de 0.64 % P/V tuvo una diferencia significativa frente a los demás niveles teniendo un efecto positivo en la formación de nódulos y altura de la planta, tomando en cuenta además que todos fueron superiores a la fertilización química. En cuanto a materia seca, todos los niveles fueron similares teniendo un incremento en cada corte a lo largo de la investigación. Se puede acotar que la aplicación de melaza aporta una gran alternativa para sustituir fertilizantes químicos, es amigable con el ambiente, ayudando a las leguminosas en la formación de nódulos y por ende a fijar N_2 , mejorando su simbiosis y disponibilidad de N para futuros cultivos.

Palabras clave: Fijación biológica de nitrógeno, nodulación, Leguminosas forrajeras, *Medicago sativa*, agroecología, sacarosa, Rhizobium, aplicación foliar.

"EVALUATION OF MELASSES IN THE SYMBIOSIS OF NITROGEN-FIXING BACTERIA WITH ALFALFA CULTURE (*Medicago sativa*), CUMBAYÁ-PICHINCHA"

Author: Gines Felipe Valladares Granda

Degree work director: MSc. Miguel Gomez

Year: 2021

ABSTRACT

Within the forage cultivation in Ecuador, alfalfa (*Medicago sativa*) is one of the most important forages of the legume family that can fix N₂ through symbiosis with nitrogen-fixing bacteria, these are present in the soil and take their food from legumes, so the use of molasses is an alternative to avoid the excessive use of fertilizers in the soil, since due to their variable composition and origin they provide notable amounts of carbonated substrates in a higher percentage of sucrose. These in turn assimilated by the plant will be transferred to the bacteria, improving the formation of nodules and the fixation of N₂. The research was carried out in the Lumbisí sector in the parish of Cumbayá, Quito canton, Pichincha - Ecuador. Aiming to evaluate the influence of molasses on the symbiosis of nitrogen-fixing bacteria with the alfalfa crop, quantifying nodulation and determining the agronomic behavior of the plant with a randomized complete block design, testing different levels of fertilization distributed in three blocks. The project was carried out with a control, four levels of molasses and an application of chemical fertilization. For this study, molasses was used, which is an industrial waste of sugar cane in foliar applications during four cuts of the crop. With the evaluated treatments, it was obtained that the molasses dose of 0.64% W / V had a significant difference compared to the other treatments, having a positive effect on the formation of nodules and plant height, also taking into account that all were superior to chemical fertilization. Regarding dry matter, all the treatments were similar, having an increase in each cut throughout the investigation. It can be noted that the application of molasses provides a great alternative to replace chemical fertilizers, it is friendly to the environment, helping legumes in the formation of nodules and therefore to fix N₂, improving their symbiosis and availability of N for future crops.

Keywords: Biological nitrogen fixation, nodulation, Forage legumes, *Medicago sativa*, agroecology, sucrose, *Rhizobium*, foliar application.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Para la producción agrícola de cultivos forrajeros como la alfalfa, el uso de fertilizantes químicos es una práctica común y necesaria con el fin de garantizar una alta productividad en los cultivos. La agricultura tradicional realiza el uso de policultivos, rotaciones de cultivos incluyendo leguminosas y barbecho para la fertilidad de los suelos. Sin embargo, el uso de los fertilizantes sintéticos pasó a ser difundido y explotado hasta la actualidad después de la segunda guerra mundial como parte de la agricultura moderna por el movimiento llamado "Revolución Verde" (EMBRAPA, 2006).

El uso excesivo de fertilizantes químicos en algunos lugares ha llevado a la contaminación del suelo en forma de depósitos de nitrógeno y en ciertos casos se ha afectado negativamente los sistemas hídricos. Por otra parte, las plantas presentan una infrautilización de los fertilizantes lo que significa que las plantas no utilizan todo el fertilizante aplicado, provocando la degradación de la tierra y la disminución de los rendimientos. Por este consumo de fertilizantes se prevee que el aumento sea 1.4% cada año (FAO, 2015).

Esta fertilización química hasta el año 2018 tuvo un consumo a nivel mundial de 119.5 Tm de Nitrógeno, 45.9 Tm de fósforo, 34 Tm de potasio (FAO, 2018). En cuanto a forrajes se ha generalizado una aplicación de 3 qq/ha de fertilizante completo (N-P-K) a la siembra y 1.5 qq/ha a los 30 o 35 días después de la siembra, aunque depende de la fertilidad del suelo y el cultivo (JICA, 2016).

Por ello se considera muy importante obtener alternativas de fertilización, las cuales resulten considerablemente más económicas que las fertilizaciones químicas que se realizan en la actualidad, además que contribuyan a un manejo ecológico debido a que es una de las tendencias en la actualidad en el área agrícola, como es el caso de las leguminosas siendo una alternativa al uso excesivo de fertilizantes sintéticos.

Las leguminosas se asocian con algunas bacterias del suelo (*Rhizobium*) que forman en las raíces unas masas redondeadas llamadas nódulos donde las bacterias fijan el nitrógeno del aire para más tarde incorporarlo al suelo para poder ser asimiladas por la planta (Tobar, 2006).

Estudios efectuados indican que en promedio estas bacterias pueden fijar 220 libras de nitrógeno por hectárea al año (Rolando, 1977).

La simbiosis del *Rhizobium* con el cultivo de alfalfa proporciona el suficiente nitrógeno para cubrir sus necesidades y parte dejar disponible el exceso para los cultivos siguientes con el consiguiente ahorro en el consumo de fertilizantes nitrogenados y, por tanto, de energía fósil, lo que es sumamente importante para la producción agrícola y para el medio ambiente (Lloveras, 1999).

1.2. Problema de investigación

Los fertilizantes minerales representan un 16% de las emisiones globales de amoníaco, como también la contaminación de las aguas subterráneas por los productos y residuos agroquímicos que además es uno de los problemas más importantes en casi todos los países (FAO, 2012). China, por ejemplo, es el mayor consumidor del mundo de fertilizantes nitrogenados donde casi la mitad del nitrógeno aplicado se pierde por volatilización y de un 5 a un 10% más por lixiviación, por lo que podemos observar que también existen demasiadas pérdidas económicas. Además, se reporta que para la fabricación de fertilizantes nitrogenados se requiere el 1.2% de la producción mundial de petróleo afectando a los recursos naturales no renovables (FAO, 2012).

El incremento de los niveles de nutrientes que se aplican, su persistencia y los residuos que generan a través del tiempo en el suelo provocan un efecto acidificante que no permite una buena disponibilidad de nutrientes y pérdida de las bases intercambiables (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , Na^{+}) (Sadeghian, 2003). El uso excesivo del nitrógeno estimula el crecimiento de algunas bacterias y la descomposición de la materia orgánica (MO), pero esto eventualmente lleva al desequilibrio de la proporción nitrógeno-carbono. Con un poco de carbono disponible, la población de bacterias se reduce (Puma, 2017).

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados puede generar problemas para los productores y al ambiente. Desgastando el suelo con un deterioro en su estructura y también disminución de microorganismos del suelo. Obteniendo pérdidas en el rendimiento y la fertilidad del suelo al reducir la disponibilidad de los nutrientes.

1.3. Justificación

Para evitar el uso de estos fertilizantes nitrogenados se puede optimizar las simbiosis leguminosas – bacterias para que el nitrógeno fijado sea aprovechado por las mismas o en asocio con otros cultivos. Estas bacterias fijadoras de nitrógeno requieren de fuentes nutricionales que contribuyan a su metabolismo e incrementen la formación de nódulos. Una de las estrategias como fuentes nutricionales es el glicerol, melaza, glutamato, extracto de levadura y sales (Rojas, et al. 2009).

Aparicio et al. (2000) Señalan que la energía necesaria para la nodulación y fijación de nitrógeno proviene de la fotosíntesis y que el compuesto carbonatado más importante para los nódulos es la sacarosa, por lo que si ésta no es aportada por la planta el número de nódulos se reduce, aunque también puede suceder un proceso autorregulatorio en la formación de nuevos nódulos, dependiendo del desarrollo de la planta.

En la producción agrícola el uso de la melaza es una importante herramienta para el acondicionamiento del suelo, raíces y también para la multiplicación de bacterias fijadoras de nitrógeno, ya que aportan cantidades notables de sustratos carbonados que sirven de alimento para las BFN. Por lo que absorbidos vía foliar por la leguminosa pueden ser traspasados a estas bacterias fijadoras de nitrógeno incrementando de esta manera la cosecha y asegurando una fuente de energía para las plantas en momentos de estrés (FHIA, 2007).

En leguminosas se ha demostrado que la sacarosa puede realizar un papel regulador de la actividad metabólica en los nódulos de la soya (Vega, 1997). Esta enzima parece ser preponderante para la leguminosa y las bacterias fijadoras de nitrógeno ayudando a la simbiosis. Por lo que proveer a la planta de sacarosa por medio de una fuente nutricional como la melaza, ésta no tendría que generar dicha enzima por sí misma. Lo que disminuiría el gasto de energía para llevar a cabo esta actividad e inclusive mejorar la formación de nódulos.

La adición de melaza con un alto contenido de sacarosa entre 60-63%, es una alternativa para mejorar la simbiosis de forma orgánica ya que es un producto resultante de la caña de azúcar al realizar el proceso de cristalización. Se ha probado la aplicación de melaza con el objetivo de activar y aumentar la actividad de los microorganismos en el suelo (Rojas, Garrido y Bonilla, 2009).

También estudios mencionan la importancia del uso de la melaza para la multiplicación del *Rhizobium sp* in vitro, ya que es efectivo como medio de cultivo y capaz de mejorar la nodulación de las leguminosas (Rojas, Garrido y Bonilla, 2009).

Dado el interés creciente en la reducción del uso de productos agroquímicos las bacterias promotoras del crecimiento vegetal como el *Rhizobium* constituyen una opción al uso de fertilizantes sintéticos. Por lo que esta es alternativa al uso de fertilizantes convencionales en la producción de alfalfa, logrando buenos rendimientos a bajo costo.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de la melaza en la simbiosis de bacterias fijadoras de nitrógeno con el cultivo de alfalfa.

1.4.2 Objetivos específicos

- Cuantificar la nodulación en el cultivo de alfalfa en relación a las dosis de melaza.
- Determinar el comportamiento agronómico de la alfalfa bajo la aplicación de distintas dosis de melaza.

1.5 Hipótesis o preguntas directrices

Ho: La adición de melaza en sus diferentes dosis en el cultivo de alfalfa no influyen en la eficiencia de las bacterias fijadoras de nitrógeno para la nodulación de la planta ni en el rendimiento.

Ha: La adición de melaza de 0.16% P/V en el cultivo de alfalfa tiene un efecto positivo en la población y eficiencia de las bacterias nitrificantes para la nodulación de la planta y por ende en la producción de materia seca del cultivo. Al traspasar las fuentes carbonadas de la melaza asimiladas por la planta por medio de la simbiosis a la población de las bacterias incrementando su actividad metabólica.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Definición e importancia del cultivo de alfalfa

La alfalfa es una especie perenne que pertenece a la familia de las leguminosas y se cultiva en nuestro país en la región Interandina o Sierra, para el consumo de ganado en pastoreo o para algún método de conservación de forrajes. La alfalfa es una planta con bajos requerimientos hídricos y depende fundamentalmente de la temperatura, el fotoperíodo y el agua para un activo crecimiento, además de los factores edáficos y de manejo (Gallego, 2015).

Moreno y Talbot (2010) mencionan que el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.), es uno de los recursos forrajeros más importantes en el país, debido a su buena adaptación a diferentes climas y suelos que existen, como también por su calidad forrajera brindando a los ganaderos forraje de alta calidad durante gran parte del año y la posibilidad de conservar el forraje excedente para los periodos críticos. De acuerdo a estos mismos autores, otro factor importante para elegir este tipo de pasto es por pertenecer a la familia de las leguminosas que capturan nitrógeno atmosférico simbióticamente, disminuyendo costos en la fertilización y mejorando la fertilidad de los suelos.

2.2 Origen y distribución

La alfalfa que pertenece a la familia fabaceae, es la planta forrajera tal vez más antigua, está hoy prácticamente extendida por todo el mundo. Por la gran variedad de ecotipos existentes en estado espontáneo. La especie (*Medicago sativa* L.) es originaria de un área que se extiende entre el Este de Turquía y el Asia Central, lugar en el que se localiza la mayor variación de tipos y formas botánicas y genéticas de la especie Michaud et al. (1988).

2.3 Descripción taxonómica

La descripción taxonómica del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) (Ortega, 2003) se detalla a continuación.

- Reino : Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Rosidae
- Orden: Fabales
- Familia: Fabaceae
- Subfamilia: Faboideae
- Tribu: Trifolieae
- Género: *Medicago*
- Especie: *Medicago sativa*

2.4 Descripción botánica del cultivo de alfalfa

Según Vega (2017) menciona que:

Raíz.- Las raíces de la alfalfa son abundantes, profundas. Constan de una raíz principal, robusta y pivotante, y numerosas secundarias. Además penetra más que ninguna otra herbácea cultivada. Las plantas nuevas desarrollan una raíz principal pivotante que penetra rápidamente

Tallo.- Tiene tallos herbáceos, delgados, erectos y muy ramificados de 60 a 90 cm. En la germinación el primer tallo nace entre los cotiledones. En las axilas de los cotiledones, o cuando estos desaparecen de las hojas inferiores, se producen yemas que posteriormente dan origen a nuevos tallos.

Hojas.- Son trifoliadas, aunque las primeras hojas verdaderas son unifoliadas. Los márgenes son lisos y con los bordes superiores ligeramente dentados. El haz o cara superior de los folíolos suelen ser de un verde más intenso que el envés o cara inferior, generalmente más pubescente y con marcadas nerviaciones.

Flor.- Las flores van reunidas en racimos axilares de distinto tamaño y densidad. La primera inflorescencia se sitúa en el nudo catorce. Tienen color violeta con distintas tonalidades que van del azul pálido al morado oscuro.

Fruto.- Es una legumbre indehiscente sin espinas que contiene entre 2 y 6 semillas amarillentas, arriñonadas y de 1.5 a 2.5 mm de longitud.

2.5 Necesidades del cultivo

Según Rotondaro (2016) la alfalfa requiere suelos con 20 ppm de P como mínimo, lo ideal es 25, para expresar el potencial de producción. El potasio en la alfalfa requiere entre 100-175 ppm de K, estimulando el rebrote.

2.6 Características de la variedad Cuf-101

La variedad de alfalfa Cuf-101 fue desarrollada por selecciones de la Universidad de California y por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Los principales usos que se le da son: para heno o pacas, picado en verde, pastura y para deshidratación. El color de la flor es púrpura, habito de crecimiento erecto, además de ser resistente al pulgón azul de la alfalfa también es moderadamente resistente a la pudrición de la raíz por *Phytophthora* y es susceptible a la marchites bacterial (SAN FRANCISCO, 2021).

Según las fichas técnicas de semillas ALASKA, (2006), SAGRA, (sf) y SAN FRANCISCO, (2021), aportan varias características de la variedad.

Suelo

Acidez: media

Altitud de siembra: 2000 – 2800 msnm.

Tolerancia

Al frio: Media/alta

A la sequía: Alta

A los suelos mal drenados: Media

Siembra

Profundidad: 1 – 2.5 cm

Densidad: 30 - 35 kg/ha

Otros

Intervalos de corte: 34 - 45 días

T MS/ha/año: 40 - 80

% de proteína (MS): 17 - 18

% de digestibilidad: 50 – 60

Tiempo de formación del pasto desde la siembra: 70 - 90 días

Altura: 60 – 90 cm

2.7 Leguminosas forrajeras

La familia de las leguminosas es una de las más extensas y diversificadas. Son Angiospermas del orden Rosales y se dividen en tres subfamilias: Mimosoideas, Caesalpinoideas y Papilonoideas. Una característica importante es su capacidad de establecer simbiosis con bacterias del género *Rhizobium* (Marugán, 2003).

Las leguminosas forrajeras aportan a los agricultores y ganaderos con alimento a aproximadamente 1500 millones de bovinos, 1200 millones de ovejas, 1000 millones de cabras y 200 millones de búfalos en todo el mundo, suministrando carne, leche y otros productos básicos (FAO, 2016). En el Ecuador la superficie cultivada de alfalfa es de 26.341 ha, como cultivo solo existen 24.863 ha., y como cultivo asociado existen 1.478 ha que son utilizadas para corte o pastoreo de animales (SINAGAP, 2000).

Es importante que las leguminosas logren realizar eficientemente la fijación de nitrógeno atmosférico mediante la simbiosis con las bacterias y que el agricultor realice todos los esfuerzos necesarios para conseguirlo porque en cuanto al punto de vista económico puede ser un ahorro para el productor con el aporte natural de esta simbiosis que tienen las leguminosas forrajeras y las bacterias al suelo (López, 1984).

2.8 Bacterias fijadoras de nitrógeno

Las bacterias del grupo *Rhizobium* son bacilos Gram negativos, proteobacterias del grupo α , son aeróbicas y en muchos casos aeróbicas estrictas. Son mótils por medio de flagelos peritricos, y su hábitat natural es el suelo. Se reconocen cinco géneros: *Rhizobium* y *Sinorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium* y *Azorhizobium* (Marugán, 2003).

Las bacterias del grupo *Rhizobium*, además de poder desarrollarse como organismos de vida libre en el suelo, son capaces de formar asociaciones fijadoras de nitrógeno con plantas de la familia de las leguminosas. Esta asociación, que conecta la capacidad fotosintética de la planta

con la capacidad de las bacterias de reducir el nitrógeno atmosférico, es el resultado de un complejo proceso de desarrollo que requiere la expresión coordinada en el espacio y en el tiempo de un gran número de genes, tanto de la planta como de la bacteria (Marugán, 2003). La bacteria *Rhizobium* se manifiesta en las diferentes fases de asociación en el agroecosistema (leguminosa- nódulo-suelo) en función de la productividad y el rendimiento (Dibut, et al. 2009)

La alfalfa se caracteriza por tener altos requerimientos de nitrógeno, más altos de los que el suelo le podría brindar. Estas diferencias entre lo que aporta el suelo y lo que la planta necesita son aportadas por medio de la asociación simbiótica entre la alfalfa y bacterias del género *Sinorhizobium meliloti*.

2.8.1 Condiciones para el desarrollo de las bacterias en el suelo

Wall (1991) menciona algunas características de las bacterias fijadoras de nitrógeno para su desarrollo:

Sinorhizobium meliloti

- Aeróbico
- Temperatura óptima 24-25 °C
- pH 6 - 6.5
- Influye en su crecimiento aminoácidos, azúcares, ácidos orgánicos, enzimas.

2.9 Fijación de nitrógeno

La fijación de nitrógeno en el suelo puede ser puramente abiótica o biológica. Por la primera se forman óxidos como consecuencia de la combustión de compuestos orgánicos, descargas eléctricas, etc., que son arrastrados al suelo por la lluvia, o amonio. Por la segunda, la fijación biológica de nitrógeno, proceso llevado a cabo por organismos procarióticos, el N₂ es reducido a amonio e incorporado a la biosfera (Olivares, 2008).

2.9.1 Fijación biológica de nitrógeno (FBN)

La FBN que realizan las leguminosas forrajeras es producto de una simbiosis entre estas y el *Rhizobium* nitrificante. Esta bacteria *Rhizobium* toma su alimento hidratos de carbono que se

encuentran presentes en las raíces de las leguminosas y a cambio de esto transforma el nitrógeno atmosférico para dejarlo asimilable en forma de nitratos para la planta huésped. Este proceso se realiza en los nódulos radiculares de las leguminosas que varían de tamaño según la especie forrajera (Ayala, 2005). Esta fijación depende del aporte de fotoasimilados desde la parte aérea, tanto para la obtención de energía como la provisión de esqueletos carbonados para la incorporación del nitrógeno fijado (Vega, 1997).

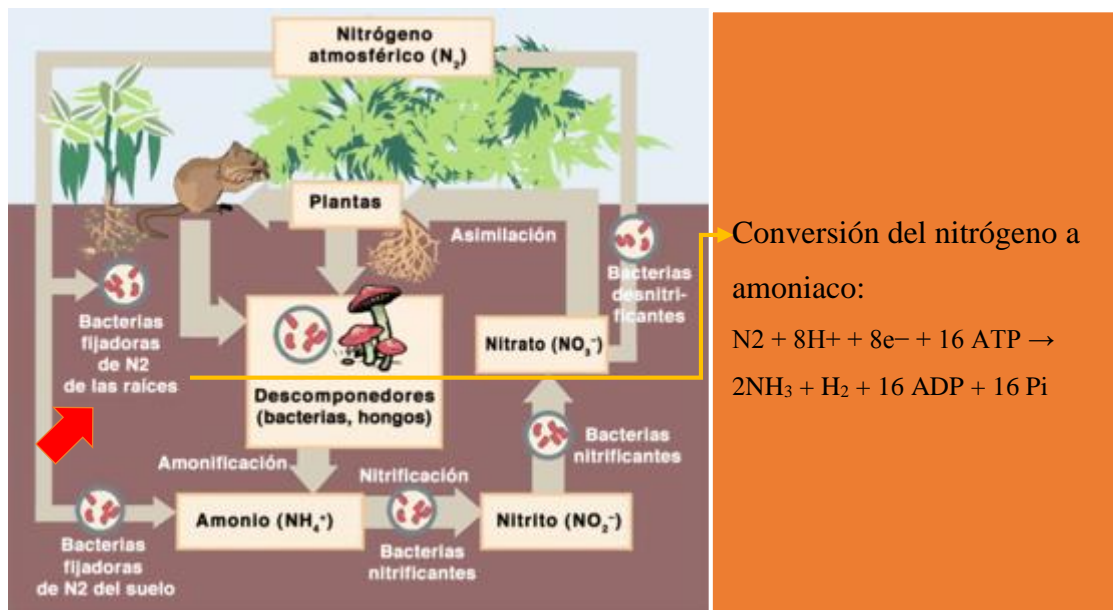


Figura 1. Ciclo del nitrógeno y conversión del nitrógeno a amoniaco

Fuente: Dréo, (2009)

La conversión de nitrógeno a amoniaco por el complejo enzima nitrogenasa ocurre mediante una sucesión de reacciones de transferencia hidronio-electrones. Figura 1. Para transferir un par de electrones se requieren cuatro moléculas de ATP. Como es necesario transferir cuatro pares de electrones por cada molécula de nitrógeno reducido, el balance final de consumo es de dieciséis ATP. El elevado coste de ATP necesario para romper las moléculas se debe a la fuerza de unión N≡N. La energía necesaria para romper este triple enlace es muy elevada (225 kcal/mol) donde la fuente primaria de energía y de poder reductor es la sacarosa (García, 2011).

2.10 Nodulación

Los nódulos de las leguminosas pueden ser considerados como órganos optimizados para el funcionamiento de un orgánulo especializado en la FBN, el simbiosoma, en este proceso el

Rhizobium penetra los pelos radiculares de la leguminosa y se multiplica dentro formando un filamento o también llamando hilo infeccioso que penetra en la corteza de la raíz (Vega, 1997).

Cuando los rizobios han colonizado la superficie de la raíz de su huésped, inducen cambios morfológicos en la epidermis. Estos cambios morfológicos están precedidos por la inducción de ciertos genes en una amplia región de la epidermis (Scheres, et al, 1990). Esto causa un efecto que promueve la multiplicación masiva de las células de la raíz debido a secreciones del *Rhizobium* que termina con la formación del nódulo radicular (Vega, 1997).

El modo de infección por rizobios puede ser inter o intracelular o una combinación de ambos a través de la infección de los hilos de pelos radiculares donde las ramas de la infección de los hilos penetran en las células del primordio del nódulo y liberan rizobios en ellos, pero algunas células de la planta en el nódulo permanecen libres de rizobios a largo de la vida del nódulo (Marschner, 2004).

2.10.1 Tamaño y número de nódulos

El diámetro de los nódulos en las leguminosas varía de unas especies a otras entre 0,2 milímetros y 4 milímetros (García, 2011), mientras que el número de nódulos por planta en el cultivo de alfalfa tiene un rango entre 7 – 21 (Gili, et al. 1997).

2.9.2 Estado del nódulo

Los nódulos que están activos y que fijan N, contienen una proteína pigmentada llamada leghemoglobina. Su presencia da como resultado una coloración rojiza en el interior de los nódulos, lo que indica que las bacterias están vivas y activas. Figura 2, a. Los nódulos que han muerto, o que están inactivos, o senescentes, suelen tener en el interior una coloración verde grisácea o marrón. Figura 2, b. Los nódulos aparecen de 4 a 6 semanas posterior a la siembra, y alcanzan una actividad máxima alrededor de la floración (Pommeresche y Hansen, 2017).



Figura 2. a)Nódulo en estado activo de color rojizo. b)Nódulo en estado inactivo de color gris.

2.11 Cantidad de nitrógeno fijado asimilado por la planta

Las cantidades de N fijadas en el proceso simbiótico son muy diversas, con valores de 20 a 1000 kg de N/ha en un ciclo de producción. La forma de asimilación del nitrógeno por parte de las plantas, ya sea en forma nítrica o amoniacal, depende de la edad de la planta y de la especie por lo que en el caso del cultivo de alfalfa toma lo necesario para su óptimo desarrollo aproximadamente 60kg de N/ha y el exceso lo deja el suelo donde puede ser aprovechado por otros cultivos (Paredes, 2013).

2.12 Fuentes de carbono

Las fuentes de carbono son muy importantes ya que estas serán asimiladas por las leguminosas forrajeras y así traspasadas a las bacterias fijadoras de nitrógeno por medio de la simbiosis. Entonces una de las estrategias utilizadas como fuentes nutricionales es el glicerol, melaza, glutamato, extracto de levadura y sales (Rojas, et al. 2009).

La sacarosa es el sustrato inicial y principal utilizado por el nódulo, y es rápidamente metabolizada a ácidos orgánicos como malato y succinato que son compuestos carbonados esenciales para la fijación de N₂ (Pliego, Ocaña y Lluch, 2015).

2.13 La sacarosa en la simbiosis

En las simbiosis de leguminosa-rizobios, la energía para la fijación de nitrógeno se deriva de fotosintatos transportados al citosol del nódulo como la sacarosa en el floema. Después de entrar en las células del nódulo que no se encuentran infectadas, la sacarosa sintasa lo convierte en monosacáridos, algunos de éstos se someten a la glucólisis para producir fosfoenolpiruvato (PEP), que es carboxilado en oxaloacetato por la PEP carboxilasa seguido de la reducción al ácido dicarboxílico malato (C4) por malato deshidrogenasa (Cooper y Heinrich, 2009).

El malato junto a otros ácidos dicarboxílicos como succinato y fumarato son transportados al citosol de las células infectadas a través del simbiosoma por un sistema de transporte ácido dicarboxílico donde estos ácidos son la fuente de carbono suministrado por la planta a las bacterias (Cooper y Heinrich, 2009).

En los bacteroides, la oxidación en el ciclo de TCA (Ciclo de Krebs), genera los equivalentes reductores y ATP necesarios para la función de la nitrogenasa por la vía metabolismo fuera del bacteroide y donde el malato también proporciona esqueletos de carbono necesarios para la asimilación de N fijado en el citosol de nódulos (Cooper y Heinrich, 2009).

2.14 Melaza

Según el ICONTEC (1994), la melaza de caña de azúcar se define como un jarabe o líquido denso y viscoso, que se separa de la masa cocida final y del cual no se puede cristalizar más azúcar por los métodos usuales. La melaza es una mezcla compleja que contiene sacarosa, azúcar, sales y otros compuestos solubles que comúnmente están presentes en el jugo de caña. Son residuos de la cristalización final del azúcar realizados por métodos físicos hasta no poder obtener más azúcar.

2.14.1 Composición de la melaza

Tabla 1.

Composición nutricional de la melaza.

Componentes	Constituyentes	Contenido
Componentes mayores	Materia seca	78% *
	Proteínas	3%
	Sacarosa	60 - 63 %
		p/p
	Azúcares reductores	3-5 % p/p
	Sustancias Disueltas	4-8 % p/p
	Agua	16%
	Grasas	0.40%
	Cenizas	9%
Contenido de minerales	Calcio	0.74%
	Magnesio	0.35%
	Fósforo	0.08%
	Potasio	3.67%
Contenido de aminoácidos	Glicina	0.10%
	Leucina	0.01%
	Lisina	0.01%
	Treonina	0.06%
	Valina	0.02%
Contenido de Vitaminas	Colina	600 ppm
	Niacina	48.86 ppm
	Ácido Pantotéico	42.90 ppm
	Piridoxina	44 ppm
	Riboflavina	4.40 ppm
	Tiamina	0.88 ppm

Fuente: Fajardo y Sarmiento (2007) * % p/p = porcentaje peso peso

2.15 Marco legal

La investigación se encuentra dentro de las leyes establecidas que rigen el estado ecuatoriano, por ejemplo, la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (LORSA), en el artículo 14. Fomento de la producción agroecológica y orgánica, así también conservando la agrobiodiversidad, protegiendo los ecosistemas y promoviendo la recuperación de los suelos por el mal uso de los agroquímicos como estipula el artículo 7. Protección de la agrobiodiversidad (LORSA, 2011).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Caracterización del área en estudio

3.1.1 Area de estudio

La investigación se la realizó en la parroquia de Cumbayá, en un área de 1461.76 m² en el sector de Lumbisí donde se evaluó la adicción de melaza en diferentes dosis para incrementar la simbiosis entre el cultivo de alfalfa y las bacterias fijadoras de nitrógeno. (Figura 3)

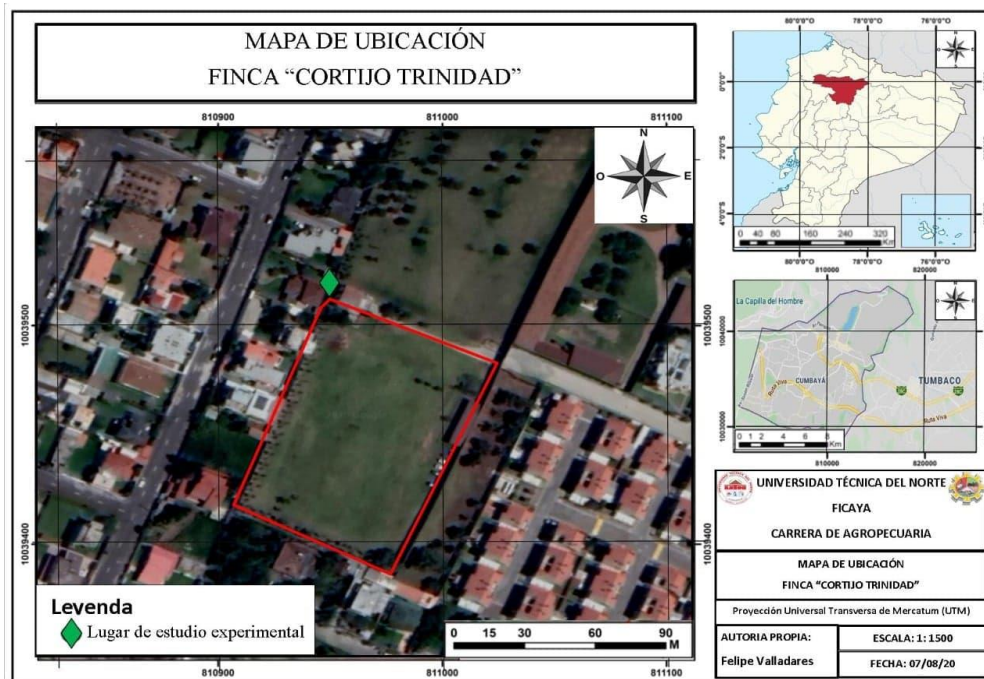


Figura 3. Mapa de ubicación del proyecto de investigación.

En la tabla 2 se presenta las características del área de estudio

Tabla 2.

Características del área de estudio

Ubicación geográfica	
Provincia:	Pichincha
Cantón:	Quito
Parroquia:	Cumbayá
Lugar:	Comuna de Lumbisí
Latitud:	00° 12' 5" Sur
Longitud:	78° 25' 0" Oeste
Altitud	2400 msnm

Fuente: INAMHI (2017).

3.1.2 Materiales

Los materiales que se utilizaron se detallan a continuación.

Tabla 3.

Materiales, equipos, insumos y herramientas.

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Libreta de campo	Computadora	Alfalfa	Estacas
Esfero	Cámara	Suelo	Piola
Hojas	Medidor de área foliar	Melaza	Pulverizador
	Medidor de clorofila	Pomina	Fundas de polietileno
	Estufa	Turba	Bandejas de semillas
	Balanza de precisión	Fertilizantes	

3.2 Métodos

El proyecto se llevó a cabo en condiciones de campo abierto, en donde se utilizaron fundas de polietileno con sustrato en donde se colocó la planta de alfalfa (variedad cuf 101). De acuerdo a los tratamientos las plantas recibieron diferentes niveles de melaza vía foliar, evaluando el incremento en la actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno en la nodulación y el rendimiento de la alfalfa.

3.2.1 Factores de Estudio

Para la investigación los factores en estudio utilizados fueron diferentes dosis de melaza.

Factor 1: Niveles de melaza

M1: 0.00 % P/V (testigo)

M2: 0.08 % P/V

M3: 0.16 % P/V

M4: 0.32 % P/V

M5: 0.64 % P/V

M6: con fertilización química

Factor 2: Número de cortes

- Primer Corte
- Segundo Corte
- Tercer Corte
- Cuarto Corte

3.2.2 Tratamientos

Como resultado de la interacción del factor se encuentran los siguientes tratamientos.

Tabla 4.

Tratamientos y dosificación de melaza

Tratamientos	Codificación	Descripción
T1 (testigo)	M1	Alfalfa + dosis 1
T2	M2	Alfalfa + dosis 2
T3	M3	Alfalfa + dosis 3
T4	M4	Alfalfa + dosis 4
T5	M5	Alfalfa + dosis 5
T6 (FQ)	M6	Alfalfa + fertilización química

3.2.3 Diseño Experimental

Para la investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con medidas repetidas en tiempo, los bloques fueron ubicados considerando la principal fuente de variación, homogeneidad dentro del bloque y heterogeneidad entre bloques.

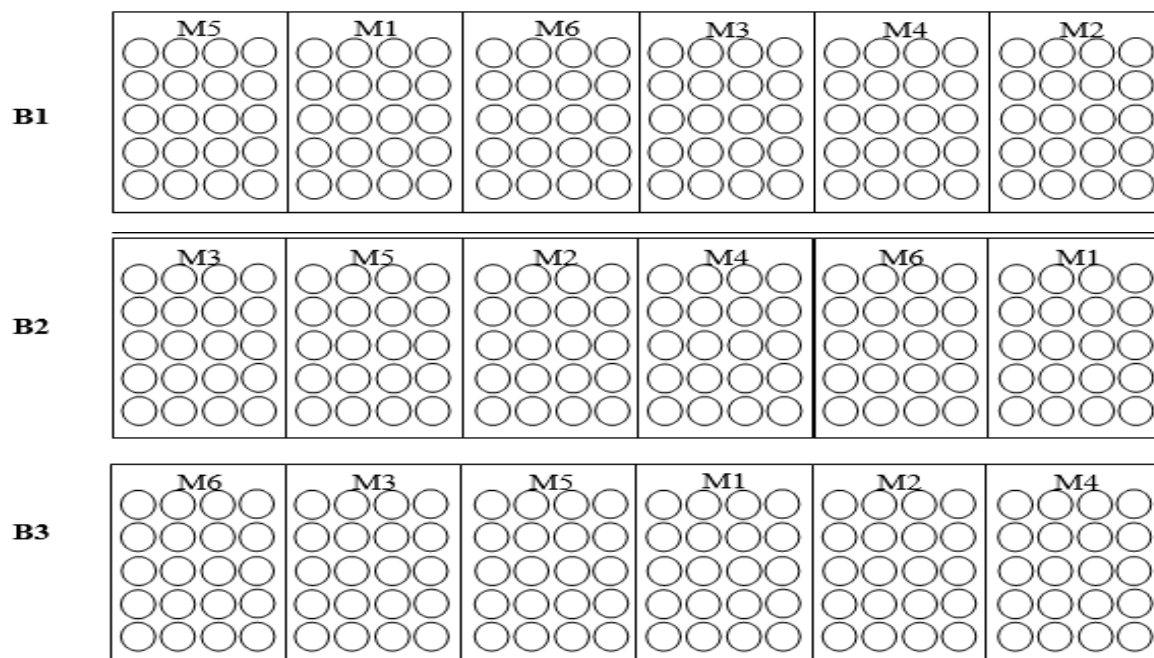


Figura 4. Diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas. **M1**= 0 % P/V **M2**= 0.08 % P/V **M3**= 0.16% P/V **M4**= 0.32 % P/V **M5**= 0.64 % P/V **M6**= fertilización química.

3.2.4 Características del experimento

•Tratamientos:	6
•Bloques:	3
•Número de unidades experimentales:	18
•Área total del ensayo:	1461.76 m ² (28.55 m x 51.20 m)

3.2.5 Características de la unidad experimental

Tabla 5.

Características de la unidad experimental

Datos	Dimensiones
Área de unidad experimental	42.67 m ² (6.85 m x 6.20 m)
Número de fundas por unidad experimental	20
Número de fundas por parcela neta	16
Distancia entre fundas	40 cm
Diámetro de funda	25 cm
Altura de funda	35 cm
Distancia entre unidad experimental	2 m
Distancia entre bloques:	2 m
Cantidad de plantas por funda:	1 planta/funda
Cantidad de sustrato por funda	8 kg

3.2.6 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ADEVA) y separación de medias con el método de Diferencia Mínima Significativa (DMS), con una probabilidad al 5%, para todas las variables medidas. Estos análisis se realizaron con ayuda del paquete estadístico Infostat.

Tabla 6.

Esquema de la ADEVA en el diseño completamente al azar con parcelas divididas.

Fuentes de Variación	GL
Total	17
Bloques	2
Tratamiento	5
Error	10

3.2.7 Variables

- Contenido total de nitrógeno en el suelo al inicio y al final (% N)

Para obtener los datos de contenido de nitrógeno en nuestra investigación se estableció un análisis de la composición físico-química de tres suelos en diferentes localidades con cultivos de alfalfa, donde para el análisis inicial se utilizaron muestras simples de 0.5 kg de suelo mismas que fueron transportadas en bolsas herméticas a los laboratorios de Agrocalidad-Tumbaco. El resultado proporcionó la información necesaria para elegir un suelo que fue deficiente en nitrógeno como también para realizar la fertilización necesaria.

Por otra parte, se realizó un análisis al final de la investigación del contenido de nitrógeno total del sustrato en el último corte, tomando muestras simples de 0.5 kg de cada unidad experimental y transportadas en bolsas herméticas a los laboratorios de Agrocalidad-Tumbaco para posteriormente compararlos con los datos proporcionados al inicio de la investigación.

- Altura de la planta (cm)

La altura de la planta se determinó con una cinta en centímetros y se la midió desde la base del tallo hasta el final del ápice más alto. Esta medida se la tomó a cuatro plantas de las fundas consideradas para muestras destructivas de cada unidad experimental en cada corte, cuando estas presentaron un 10% de floración.



Figura 5. Toma de datos de altura de la planta con cinta métrica a las muestras destructivas de alfalfa Cuf-101 bajo diferentes niveles de melaza.

➤ Área foliar (cm²)

Para la medición de área foliar se tomaron, cuatro plantas consideradas para muestras destructivas de cada unidad experimental. Con la ayuda de un medidor de área foliar modelo LI-3100C se cuantificó el área foliar de cada planta, con resultados en cm². Este procedimiento se lo realizó en cada corte.



Figura 6. Medición de área foliar de una muestra destructiva de alfalfa (Cuf-101), cultivada bajo diferentes niveles de melaza.

➤ Contenido de clorofila

Para medir el contenido de clorofila, antes de cada corte, se tomaron tres folíolos al azar de la zona intermedia de las plantas consideradas para muestras destructivas de cada unidad experimental, con la ayuda de un medidor de clorofila modelo MC-100 Apogee instruments.



Figura 7. Medidor de clorofila. a) Se puede apreciar el medidor de clorofila. b) Podemos observar la toma de los datos en el foliolo de una hoja de alfalfa.

➤ Número de macollos por corte

Se contaron los tallos formados de las cuatro plantas consideradas muestras destructivas de cada una de las unidades experimentales en cada corte.



Figura 8. Número de macollos presentes en una muestra destructiva de alfalfa Cuf-101 cultivada bajo diferentes niveles de melaza.

➤ Número de nódulos por planta

Esta cuantificación se realizó en cada corte, evaluando cuatro plantas de cada unidad experimental consideradas muestras destructivas. Extrayendo cada planta con mucho cuidado, rompiendo las fundas y posteriormente realizando un lavado de las raíces sobre un tamiz, para contar la cantidad de nódulos formados en la raíz de las plantas de alfalfa.



Figura 9. Número de nódulos. a) Se observa los nódulos presentes en la raíz de alfalfa Cuf 101. b) Cantidad de nódulos que posee la muestra del tratamiento con nivel de melaza de 0.08g/L (B3M2).

➤ **Materia seca (kg)**

Para determinar la materia seca se utilizó el horno del laboratorio de la carrera de Ingeniería Agropecuaria a 105 °C por 24 horas como se recomienda para este proceso (Silva, P. et al, 2015).

Este procedimiento se lo realizó en cada corte y las muestras fueron divididas en:

- **Peso parte aérea (hojas y tallos):** Las muestras se las obtuvo de las cuatro plantas consideradas muestras destructivas.
- **Peso radicular (raíz):** se pesaron las raíces de las plantas tomadas de las cuatro muestras destructivas.
- **Peso nódulos (g):** Posteriormente al conteo de los nódulos formados en las plantas, se determinó el peso de los nódulos por planta recolectados de cada unidad experimental con la ayuda de una balanza miligramera y esto se lo realizó en cada corte.



Figura 10. Toma de datos de peso de los nódulos de una planta de alfalfa (Cuf-101) bajo diferentes niveles de melaza con la ayuda de una balanza miligramera.

3.2.8 Manejo del Experimento

➤ **Selección del sitio**

Debido a que se llevó a cabo a campo abierto se tomó en cuenta que el espacio se encuentre en un lugar plano sin sombra de árboles y que haya disponibilidad de agua permitiendo que todas las unidades experimentales tengan las mismas condiciones para la investigación.



Figura 11. Espacio destinado para el proyecto de investigación.

➤ **Adecuación del sitio**

Para la delimitación del sitio primero se realizó una poda y limpieza del lugar. Posteriormente con la ayuda de estacas, piola y una cinta métrica se delimitó cada una de las unidades experimentales. Una vez concluido con la delimitación se instaló las unidades experimentales según el diseño experimental planteado.



Figura 11. Delimitación del terreno con ayuda de estacas y piola.



Figura 12. Instalación del proyecto. a) Unidad experimental destinada a la dosis de melaza 0.08 g/l (B2M2). b) Todas las unidades experimentales del proyecto de investigación.

➤ Selección del suelo

Se utilizó un suelo con bajo contenido de nitrógeno procedente de un cultivo de alfalfa sin ningún tipo de fertilización. Pero para esto se realizó un previo análisis de nitrógeno total a tres muestras de suelo tomadas a 20 cm de profundidad de diferentes predios Cayambe, Guira y Lumbisí, con los resultados obtenidos en el análisis de Agrocalidad se seleccionó el suelo que se utilizar en la investigación (Anexo 1).



Figura 13. Toma de la muestra del suelo de un cultivo de alfalfa en la parroquia de Cayambe a 20 cm de profundidad para la selección de suelo a utilizar en la investigación.

➤ **Preparación del sustrato**

El sustrato fue una combinación entre suelo y pomina para dar aireación con una concentración de 70% y 30% respectivamente. El suelo que se utilizó fue el seleccionado previamente. Las fundas que se utilizaron fueron de una capacidad de 8 kg de sustrato para lo cual se necesitó 6.20 kg de suelo húmedo y 1.80 kg de pomina en cada funda.



Figura 14. Preparación del sustrato con una combinación de 70% suelo y 30% pomina.

➤ **Llenado de fundas**

Para este procedimiento se utilizaron fundas de polietileno de un diámetro de 25 cm y 35 cm de alto, mismas que se llenaron con el sustrato previamente preparado. Una vez completamente llenas fueron distribuidas a una distancia de 40 cm de separación entre fundas y formando cada unidad experimental compuesta de 20 fundas.

➤ **Fertilización**

Previo al cálculo de fertilización se tomó tres muestras de 500 g de suelo y pomina que se iban a utilizar en el sustrato para saber el porcentaje de suelo seco y pomina seca. Utilizando el horno a 105° C por 24 hasta alcanzar un peso constante. Con esta información se realizó los cálculos de disponibilidad de nutrientes que tenía el sustrato con a los resultados del análisis de suelo que se envió al laboratorio (Anexo 1).

La dosis se calculó tomando en cuenta la recomendación del INIAP para el cultivo de alfalfa, aplicando roca fosfórica y sulfato de potasio a todas las unidades experimentales y urea

solamente al nivel de fertilización química (M6), realizando tres aplicaciones para evitar la pérdida de este por lixiviación o volatilización.

Tabla 7.

Recomendación de fertilización para el cultivo de alfalfa.

Interpretación del análisis de suelos	kg/ha		
	N*	P ₂ O ₅	K ₂ O
Bajo	50	120	70
Medio	30	80	50
Alto	20	40	30

Fuente: (INIAP, 1979) *= Total

De acuerdo a las recomendaciones se realizó la siguiente fertilización para la investigación.

Cálculo de fertilización:

- 19.6 mg de N ----- 1 kg de suelo
X ----- 5.08 kg de suelo = 99.56 mg de N / 6.72 kg funda = 14.81 ppm N.
(Bajo)
- 6.8 mg de P----- 1 kg de suelo
X ----- 5.08 kg de suelo = 34.54 mg de P / 6.72 kg funda = 5.13 ppm de P.
(Bajo)
- 0.18 cmol de K --- 1 kg de suelo
X ----- 5.08 kg de suelo = 0.91 cmol de K / 6.72 kg funda = 0.013 ppm de K.
(Bajo)
- 108.70 kg de Urea ----- 10 000 m²
X ----- 0.37 m² = 0.0066859 kg = 6.69 g de Urea.
- 666.67 kg de Roca fosfórica ----- 10 000 m²
X ----- 0.37 m² = 0.0246 kg = 24.66 g de Roca fosfórica.
- 116.67 kg de Muriato de potasio ----- 10 000 m²
X ----- 0.37 m² = 0.004292 kg = 4.29 g de Muriato de potasio.

Tabla 8.

Fertilización del experimento, fuente de nutrientes

Fuente de Nutrientes	g/funda	kg/ha
Urea	6.69	108.7
Roca fosfórica	24.66	666.67
Muriato de potasio	4.29	116.67

La aplicación de los fertilizantes se lo realizó con la ayuda de una balanza gramera pesando por separado cada uno de los nutrientes y colocados a una profundidad de 20 cm en la funda de polietileno y recubriendo con el sustrato completamente cada funda antes de realizar el trasplante de las plantas de alfalfa.

➤ **Germinación de semilla y trasplante**

Este proceso se lo realizó en bandejas de germinación usando turba negra como sustrato. Se utilizó semillas de alfalfa de la variedad Cuf-101 debido a sus buenas características de emergencia, resistencia a plagas, enfermedades y sequias. El periodo de emergencia se dio entre 8-10 días, donde ya se encontraba la mayor parte de las semillas germinadas. El trasplante se lo realizó posterior a la emergencia colocando una planta por funda en cada una de las unidades experimentales.

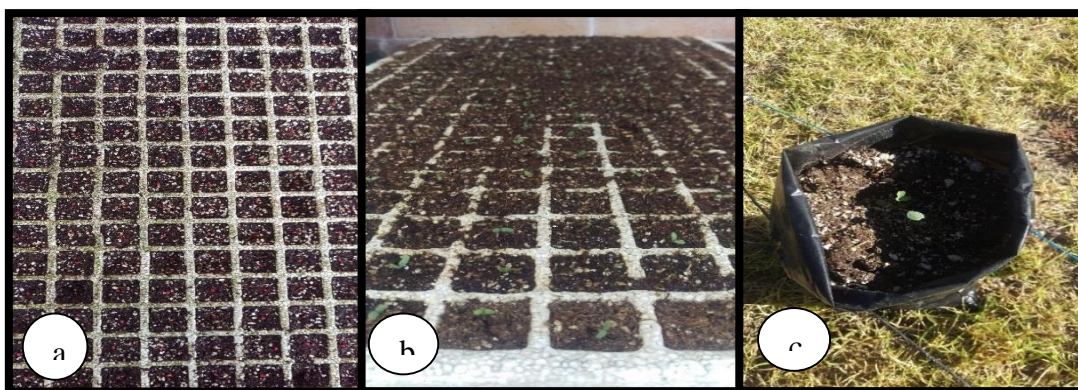


Figura 15. Germinación y trasplante: a) Siembra de semillas de alfalfa. b) Germinación de semillas. c) Trasplante de plántulas.

➤ **Análisis de melaza**

Se envió una muestra de 500 ml de melaza a analizar en un laboratorio de bromatología, donde los resultados mostraron que contenía un 41.23% de sacarosa presente (Anexo 2), con lo que posteriormente se preparó la solución.

➤ **Preparación de la solución de melaza**

Para la preparación de la solución se tomó en cuenta que la melaza contiene 53% de azúcares totales. Donde solamente un 60-63% corresponde a sacarosa en peso. Tomando en cuenta el estudio realizado por Eichert y Fernández, (1991). Se menciona que utilizaron una aplicación foliar de urea (1%) en combinación con un 0.1% de tensoactivo (mono- sacarosa y diéster de ácidos grasos de cadena larga).

Esta solución del tensoactivo al 0.1% contenía [monoéster de sacarosa (70%) y diéster (30%) de ácido esteárico (70%) y solución de ácido palmítico (30%)]. Obteniendo como resultado un incremento significativo de la producción de materia seca y contenido de nitrógeno en el cultivo de soja nodulada. De acuerdo a todo esto, Eichert y Fernández, (1991) utilizaron un 0.07 g de sacarosa en su solución.

Por lo que para la preparación de solución de esta investigación se utilizó el dato referencial de 0.16 g/l (% P/V) de melaza, debido a que 100 g de melaza contiene 42 g de sacarosa en promedio. Al necesitar 0.07 g de sacarosa se obtuvo como resultado una solución de 0.16 g/l. Con este valor se probó dosis menores y mayores para los tratamientos evaluados, obteniendo los niveles de melaza que se aplicaron (0.00% P/V, 0.08% P/V, 0.16% P/V, 0.32% P/V, 0.64% P/V; y, FQ).

➤ **Aplicación de melaza**

La aplicación de melaza se la realizó de manera foliar cada semana a partir del trasplante a todas las unidades experimentales con las dosis establecidas (0.08% P/V – 0.16% P/V – 0.32% P/V – 0.64% P/V) y la ayuda de un pulverizador de 2 l con boquilla ajustable, gatillo con

mecanismo de bloqueo y regulador de flujo de agua para pulverización automática de niebla fina de agua.



Figura 16. Aplicación de melaza vía foliar en el cultivo de alfalfa (Cuf) bajo diferentes dosis.

➤ Labores culturales

Se realizaron deshierbas cada semana de forma manual previniendo la competencia por nutrientes con plantas invasoras. También se realizó un control de plagas, donde se pudo identificar gorgojo (*Tychius sp.*) y pulgón negro (*Aphis craccivora*) o la enfermedad (*Peronospora trifolli*) mildiu veloso de la alfalfa. Estas plagas estuvieron presentes en mínimas cantidades durante el desarrollo de la investigación. Por lo que no superó el umbral de tolerancia ya que para prevención se utilizó una variedad resistente (cuf 101), se realizó monitoreos semanales y deshoje de las hojas afectadas.



Figura 17. Presencia mínimas de plagas identificadas en el cultivo de alfalfa bajo diferentes dosis de melaza como el caso de gorgojo (*Tychius sp.*) y pulgón (*Aphis craccivora*).

➤ Riego

Se realizó una prueba llenando las fundas con distintas cantidades de agua en un tiempo de 24 horas para determinar la cantidad de agua que se necesitará aplicar a cada planta. Como resultado se obtuvo que el mejor fue cuando la funda alcanzó 12 kg de peso (capacidad de campo). De acuerdo a esto el riego se proporcionó a diario utilizando una regadera manual y previniendo el exceso de agua hasta alcanzar la capacidad de campo en el suelo, observando que las fundas queden completamente humedecidas llegando a un punto en que el drenaje sea tan pequeño que el contenido de agua del sustrato se estabilice llegando a un peso de 12 kg por funda.

➤ Cosecha o corte

La cosecha se la realizó de forma manual con la ayuda de una tijera de podar. Este proceso se lo hizo en los cuatro cortes a todas las unidades experimentales durante el desarrollo de la investigación. Este procedimiento se lo realizó cuando el cultivo presentó un 10 % de floración debido a que la planta realiza un gasto energético alto de sus reservas para llevar a cabo este proceso y se necesitaba esa energía para la formación de nódulos. También tomando en cuenta que el periodo de la alfalfa para corte o pastoreo en verde tiene una duración entre 56 y 80 días, dependiendo del 10 a 20% de floración y que el corte se lo realiza 5 a 10 cm de la base del tallo. (Benítez, 1980).

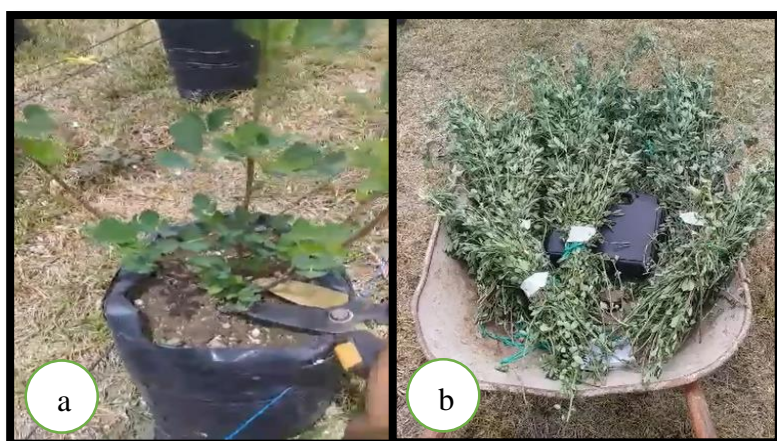


Figura 18. a) Corte de la planta de alfalfa (Cuf-101) en la base del tallo . b) el corte de las unidades experimentales con un 10% de floración.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos para cada variable fueron analizados con el paquete estadístico de Infostat, para su interpretación.

4.1 Altura de la planta

Los resultados estadísticos para la variable altura de planta muestran que no existe una interacción entre los factores, corte y nivel con ($F=0.62$; $gl=15, 262$; $p=0.8554$) relacionados con la altura de la planta. Pero, señala una diferencia significativa en el factor nivel con ($F=4.68$; $gl=5, 262$; $p=0.0004$) y en el factor corte ($F=27.24$; $gl=3, 262$; $p<0.0001$) como muestra la tabla 9.

Tabla 9.

Análisis de varianza de la altura de la planta de alfalfa (Medicago sativa L.), en estado de floración con aplicación foliar de diferentes dosis de melaza durante cuatro cortes.

Fuentes de variación (FV)	Grados libertad (Gl)	Grados de libertad (Error)	Coefficiente de variación (CV)	Valor F (F)	Valor P (P)
Corte	3	262		27.24	<0.0001
Nivel	5	262	19.93	4.68	0.0004
Corte: Nivel	15	262		0.62	0.8554

En la figura 19, se puede apreciar el efecto que tiene la aplicación de melaza con las diferentes dosis en la altura de la planta. Muestra que el nivel M5 es mayor con un 6.43% a M4 y con 17.21% a M1 (testigo). Adicionalmente, M5 supera por 10.06% a M2, M3 y FQ, que son similares entre sí, con una media de 51.37cm.

El nivel M4 es similar a M2, M3 y FQ, pero a su vez superior a M1 con un 10.45%. También se puede observar que el nivel M3 es mayor que el nivel M1 por 8.59%, pero también a su vez es similar a los niveles M2, M4 y FQ. El nivel M2, es similar a los niveles M3, M4 y FQ, este a su vez mayor a M1 con un 6.39%. Por otra parte el nivel FQ mantiene similitud estadística con los niveles M1, M2, M3 y M4.

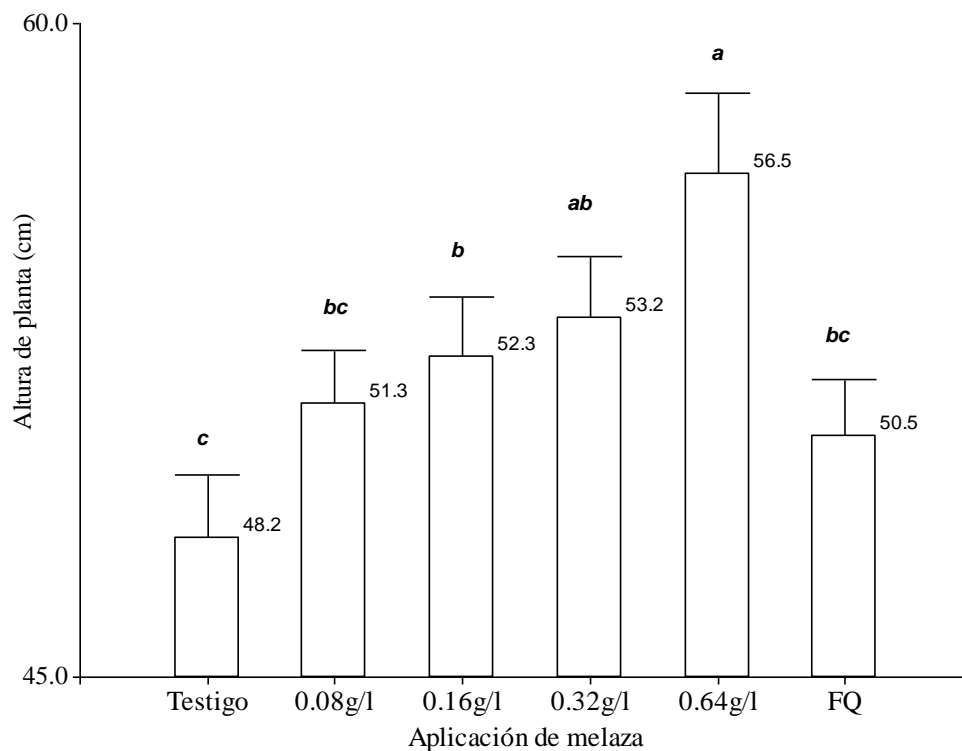


Figura 19. La altura de la planta en el estado de floración del cultivo de alfalfa variedad Cuf-101 bajo diferentes aplicaciones de melaza durante cuatro cortes.

La aplicación de melaza del nivel M5 fue superior a los demás niveles probablemente debido a que este derivado de caña contiene compuestos como vitaminas y minerales que ayudan al desarrollo de la planta como es el caso de la sacarosa, como lo muestran Fajardo y Sarmiento (2007), en la tabla de composición de la melaza. Sanclemente (2012), comparte la importancia de utilizar a melaza como fertilizante, ya que ayuda a las propiedades físicas, químicas y biológicas, brindando un desarrollo adecuado para la planta.

También existe una tendencia a incrementar la altura de la planta a mayor nivel de melaza comparandolo a no aplicar esta solución. Villagrán (2020), en su investigación aplicaron tratamientos de fertilización con Nitrógeno y melaza más la combinación de los mismos en tres niveles, además de un testigo absoluto. El autor menciona que se obtuvo mayor altura en la planta con la combinación N+melaza con la dosis mayor (3 l + 9 l), pero también a su vez en dosis solas la melaza presento mayor altura que la aplicación de nitrógeno.

Contrarrestando a esto, Arjona, et al (2004), menciona en sus resultados que al aplicar una solución foliar de melaza en comparación a la aplicación de urea y aminoácidos existió un

efecto reductor en el crecimiento de la planta, repercutiendo en el rendimiento del cultivo con un decrecimiento de 11,6% (5 t/ha) frente a cuando no se aplica melaza, lo que pudo deberse a la dosis de melaza que aplicaron en el ensayo, puesta a que esta era 2% (P/V), la cual es superior a la de esta investigación.

Por otra parte, la adicción de nitrógeno (urea 6.69 g) al nivel M6 ayudó a alcanzar una mayor altura de la planta frente al testigo, como lo demostraron Fimbres & Navarrete, (2010), aplicando diferentes dosis de nitrógeno (urea) de 0, 100 y 200 kg/ha. Por lo que a mayor dosis incrementa la altura de la planta alcanzando una medida de 61.14 cm, corroborando que la fertilización nitrogenada ayuda al crecimiento del cultivo de alfalfa.

En los datos analizados para cada corte podemos apreciar que se mantiene un crecimiento ascendente en la altura de la planta. Teniendo una altura mayor en el último corte debido a la madurez fisiológica del cultivo, incrementándose gradualmente 3cm en el segundo y tercer corte. En donde el segundo corte tenemos un incremento de 6% en altura y para el tercer corte un 12% con referencia al primero, como se muestra en la figura 20.

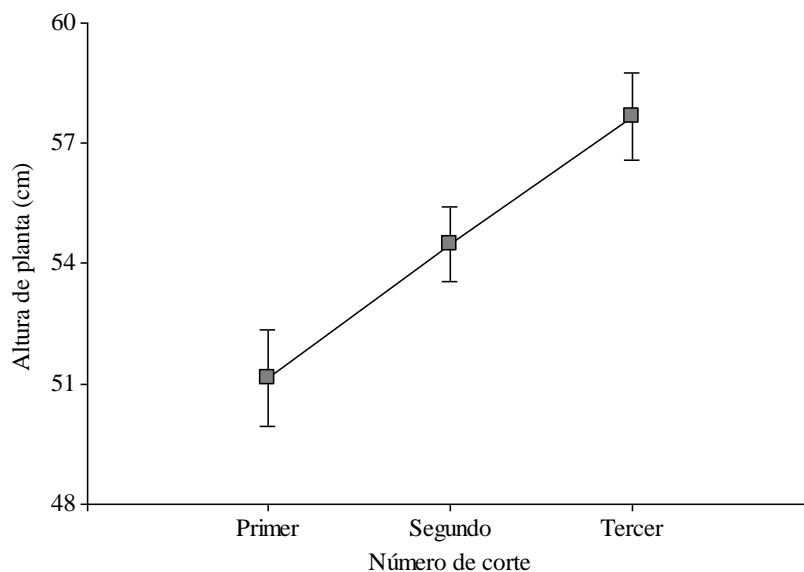


Figura 20. Altura de la planta en el estado de floración del cultivo de alfalfa variedad Cuf-101 para cada corte.

Vega (2017), menciona que en la fisiología del cultivo de alfalfa existe un aumento de tamaño de la planta debido a su estado de madurez presentándose alturas que varían desde los 60 a los 90 cm que son mayores a los datos en esta investigación, por lo que probablemente también se debe a los factores climáticos de la localidad para su desarrollo. Aunque por otra parte Camacho

y García (2003), específicamente mencionan que en la variedad Cuf-101 antes del corte o pastoreo se tiene un promedio de 41.7 cm de altura.

4.2 Concentración de clorofila

Para la variable de concentración de clorofila, los resultados estadísticos muestran que existe una interacción entre los factores, corte y nivel con ($F=2.59$; $gl=15, 262$; $p=0.0012$). También, señala una diferencia significativa en el factor corte con ($F=43.73$; $gl=3, 262$; $p=0.0001$) como muestra la tabla 10.

Tabla 10.

Análisis de varianza de la concentración de clorofila del cultivo de alfalfa (Medicago sativa L.), aplicando diferentes niveles de melaza durante cuatro cortes.

Fuentes de variación (FV)	Grados libertad (Gl)	Grados de libertad (Error)	Coefficiente de variación (CV)	Valor F (F)	Valor P (P)
Corte	3	262		43.73	<0.0001
Nivel	5	262	32.81	2.97	0.0126
Corte: Nivel	15	262		2.59	0.0012

Al comparar los distintos niveles de fertilización dentro de cada corte, se puede observar que en el primer corte las plantas tratadas con fertilización química (FQ), muestra un mayor contenido de clorofila que el resto de niveles, siendo superior a M4 por 71.13%. Adicionalmente, FQ supera por 45.68% a M1, M2, M3 y M5, mismos que son similares entre sí, con una media de $428.59 \mu\text{mol}/\text{m}^2$. Además, M5 es superior a M4 por 10.16%.

En el segundo corte se observa que las plantas tratadas con FQ, M2 y M3 presentan mayor concentración de clorofila, con una media entre sí de $522.32 \mu\text{mol} / \text{m}^2$. También se muestra que el nivel FQ supera a M1 por 15.42% más de contenido de clorofila, como también con un 35.70% a M4 y M5, que son similares entre sí, con una media de $416.16 \mu\text{mol} / \text{m}^2$. A su vez el nivel M1 tiene mayor concentración de clorofila que estos últimos niveles superándolos con un 17.56%, pero siendo similar a M2 y M3. Además, el contenido de clorofila de las plantas evaluadas en los niveles M3, M4 y M5 mantienen similitud con un contenido promedio de $439.46 \mu\text{mol} / \text{m}^2$.

En el tercer corte, el contenido de clorofila de las plantas del nivel M5 fue mayor a M1 por 29.41%. Adicionalmente M5 es superior por 10.16% a los niveles M2, M3, M4 y FQ, que son similares entre sí, con una media de 345.28 $\mu\text{mol} / \text{m}^2$. A su vez, los niveles M2, M3, M4 y FQ también superan a M1 con un 17.47%.

En el cuarto corte, las plantas provenientes de M4 presentaron mayor contenido de clorofila que las plantas M1, por 23.56%. Las plantas provenientes de los niveles M3, M4, M5 y FQ son similares entre sí y muestran un promedio de 497.93 $\mu\text{mol} / \text{m}^2$. A su vez, el contenido de clorofila de los niveles M1 y M2 es similar, por lo que estos son un 19.13 % menor a los demás niveles, con una media de 417.96 $\mu\text{mol} / \text{m}^2$.

Al comparar la concentración de clorofila de cada nivel en distinto corte, se observa que M1 mantiene valores similares en los cortes 1, 2 y 4, con un promedio de 451.30 $\mu\text{mol} / \text{m}^2$. En el tercer corte, este valor disminuye 53.35%. En el caso de M2, se observa que el contenido de clorofila en el segundo corte fue superior al obtenido en el 1, 3 y 4 corte, con un 52.42% con respecto al tercer y a su vez por 27.53% a los cortes 1 y 4 que son similares entre sí, con una media de 404.72 $\mu\text{mol} / \text{m}^2$. Adicionalmente los cortes 1, 2 y 4 fueron mayores al tercer por 19.51 con respecto al corte 1 y 4, mientras que para el corte 2 un 52.42%.

En el nivel M3, se observó una tendencia similar entre sí en los cortes 1, 2 y 4, con un promedio de 481.12 $\mu\text{mol} / \text{m}^2$ y superiores al observado en el corte 3 por 40.71%. Para M4, el contenido de clorofila fue similar para los cortes 1, 2 y 3, con un promedio de 373.34 $\mu\text{mol} / \text{m}^2$. En el corte 4, este valor tuvo un incremento del 41.86%. Con respecto a M5, el contenido de clorofila del corte 4 fue superior que el medido en el corte 3 por 30.18%. Los contenidos de clorofila de los cortes 1 y 2 fueron similares entre sí, mostrando un promedio de 416.6 $\mu\text{mol} / \text{m}^2$. A su vez, estos contenidos fueron similares a los encontrados en los cortes 3 y 4.

Por otro lado, FQ mostró el contenido de clorofila más bajo fue en el corte 3, siendo superado por 80.24%, 63.03% y 39.60%, por los cortes 1, 2 y 4, respectivamente. Adicionalmente, el contenido de clorofila del corte 1 fue superior al observado en el cuarto corte por 29.03%. La concentración de clorofila del corte 2 fue similar a los observados en el corte 1 y 4, como se puede observar en la figura. 21.

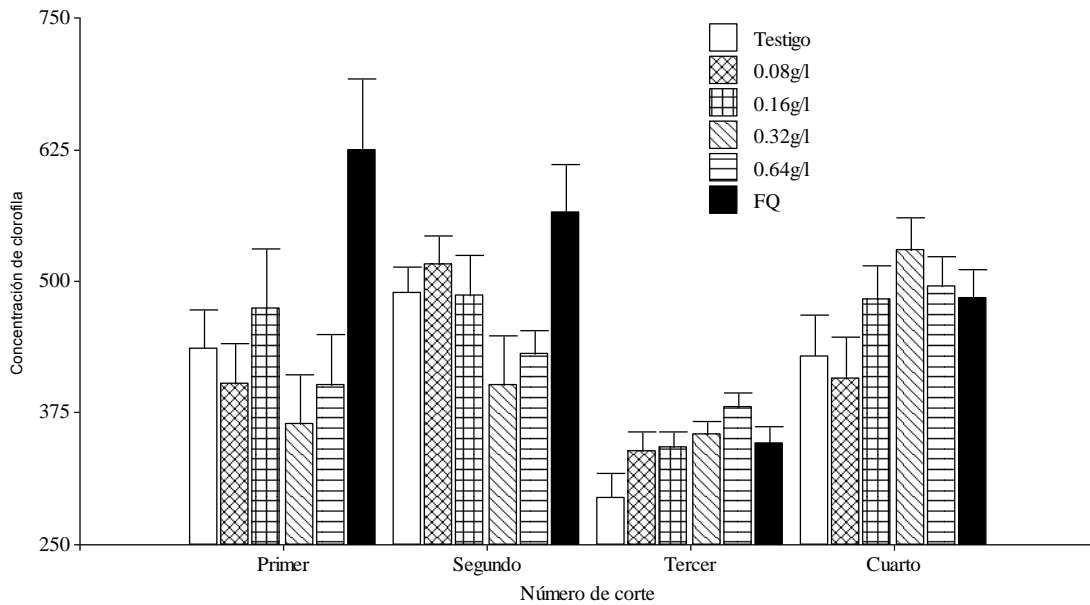


Figura 21. Interacción en la concentración de clorofila de la planta durante cuatro cortes bajo diferentes niveles de melaza en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa L.*), variedad Cuf-101.

En cuanto a la concentración de clorofila, los resultados en el primer y segundo corte muestran al nivel de FQ superior a los demás tratamientos con diferentes niveles de melaza probablemente debido a la disposición de nitrógeno (N) que se aplicó inicialmente. Lo que es entendible, porque el nitrógeno es un elemento estructural de las moléculas de clorofila y proteína, y por lo tanto afecta la formación de cloroplastos y la acumulación de clorofila en ellos (Tucker, 2004). Por otra parte, un estudio realizado por Prsa, et al (2007), mencionan que existe un incremento de concentración de clorofila en las hojas al aplicar fertilización nitrogenada obteniendo mejores resultados al aplicar dosis mayores de N (80 y 250 kg / ha), en comparación a no aplicar fertilización nitrogenada.

Para el tercer y cuarto corte baja notablemente lo que puede ser provocado por la lixiviación o volatilización del N, llegando a un nivel similar frente a los demás tratamientos. Existe la posibilidad que al realizar aplicación de Urea en gránulos distribuidos en las funda, haya producido un efecto de volatilización debido al cambio del pH que se da en el medio. Ayudando la basicidad a la transformación en amoníaco. Bajo estas circunstancias, el simple hecho de permanecer separados unos de otros o que exista diferencia de área entre ellos permite un impacto sobre el pH y por consiguiente que el amoníaco sea inferior (González, et al., 2015).

Por otra parte, la concentración de clorofila posiblemente podría tener una relación con la nodulación ya que según Tang (1986), el peso de los nódulos y el tiempo de nodulación se ven afectados por la variación de la intensidad de la luz y la duración del día, se observa que el sombreado de las plantas puede reducir el número y el peso de los nódulos. La luz ejerce un gran efecto sobre la fijación simbiótica de nitrógeno debido a su relación con la fotosíntesis, ya que en presencia de esta las plantas van a formar las sustancias necesarias para desarrollar eficientemente dicho proceso.

4.4 Área foliar

El análisis de los resultados estadísticos, muestran que no existe una interacción entre los factores, corte y nivel con ($F=1.52$; $gl=15, 262$; $p=0.0971$) relacionados con el área foliar de la planta. Sin embargo, señala una diferencia significativa en el factor corte ($F=217.61$; $gl=3, 262$; $p<0.0001$). Mientras que para el factor nivel tampoco existe diferencias significativas con ($F=0.96$; $gl=5, 262$; $p<0.4446$), como muestra la tabla 11.

Tabla 11.

Análisis de varianza del área foliar de la planta de alfalfa (Medicago sativa L.), aplicando diferentes niveles de melaza durante cuatro cortes.

Fuentes de variación (FV)	Grados libertad (Gl)	Grados de libertad (Error)	Coefficiente de variación (CV)	Valor F (F)	Valor P (P)
Corte	3	262		217.61	<0.0001
Nivel	5	262	53.79	0.96	0.4446
Corte: Nivel	15	262		1.52	0.0971

De acuerdo a los datos evaluados de los diferentes niveles, en los cuatro cortes, podemos observar que existió un incremento en cada corte para las plantas evaluadas. Por lo cual el cuarto corte posee una mayor cantidad de área foliar, llegando a un promedio de 1354 cm² con una diferencia de 70.6% al primer corte realizado. También que en cada corte existió un incremento en relación al primero con 15%, 27% y 29% para el segundo, tercer y cuarto corte, respectivamente como se muestra en la figura 22.

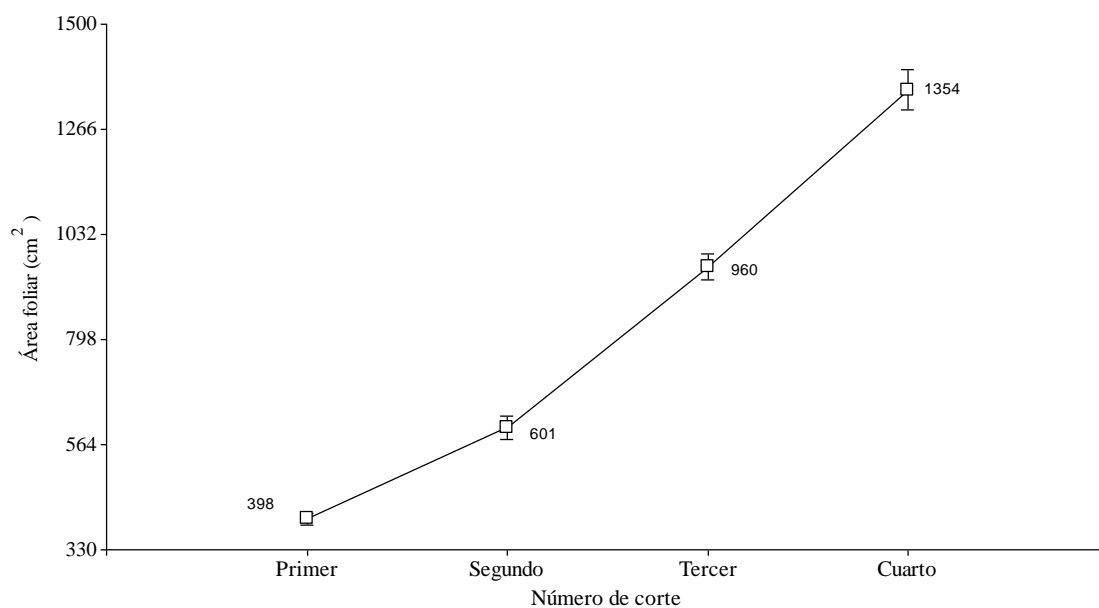


Figura 22. Área foliar de las plantas de alfalfa (*Medicago sativa L.*), variedad Cuf-101, durante cuatro cortes, bajo diferentes niveles de melaza.

Zaragoza (2009), indica que el cultivo de alfalfa con una correcta fertilización en el verano permite obtener un área foliar de 1200 cm²/planta, al realizar los cortes a las 4 semanas a lo largo del ciclo del cultivo, pero se puede conseguir mayor área foliar realizando cortes a las 6-8 semanas, llegando a una media de 1300 cm²/pl. Este dato es similar a lo obtenido en el cuarto corte, lo que quizá con la aplicación de melaza a lo largo del ciclo del cultivo se obtenga un área foliar superior a la planteada en la producción convencional.

En la mayoría de los cultivos la aplicación de Nitrógeno ayuda a incrementar la cantidad de número de hojas, como también el tamaño de ellas provocando un aumento del área foliar (McCullough et al., 1994). Corroborando con lo mencionado Escalante (1999), señala que la fertilización nitrogenada incrementa el área foliar debido a la expansión de hojas y mayor duración de las mismas.

4.5 Número de macollos

Los resultados estadísticos muestran que existe una interacción entre los factores, corte y nivel con (F=2.83; gl=15, 262; p=0.0004), relacionados con el número de tallos presentes por planta, como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12.

Análisis de varianza del número de macollos en el cultivo de alfalfa (Medicago sativa L.), bajo la aplicación de diferentes niveles de melaza durante cuatro cortes.

Fuentes de variación (FV)	Grados libertad (Gl)	Grados de libertad (Error)	Coefficiente de variación (CV)	Valor F (F)	Valor P (P)
Corte	3	262		278.39	<0.0001
Nivel	5	262	64.30	1.49	0.1949
Corte: Nivel	15	262		2.83	0.0004

Al comparar los diferentes niveles de fertilización en los cuatro cortes se observa que para el primer corte todos son estadísticamente similares por lo que no existen diferencias marcadas entre los niveles M2, M3, M4, M5 y FQ, llegando a un promedio de 4.65 tallos/planta. Los niveles M2, M4, M5 y FQ son mayores a M1 por 12.70%, siendo similares entre sí, con una media de 4.70 tallos/planta. A su vez existiendo una similitud entre M1 y M3.

Para el segundo corte el nivel M2, es el que posee la mayor cantidad de tallos por planta superando a los demás niveles M1, M3, M4, M5 y FQ. El nivel M1 fue superior a M4 y M5 por 26.29%, con una media de 5.21 tallos/planta. Por otra parte, el nivel M3 supera a M4 con un 21.13%. A su vez que los niveles M3, M4, M5 y FQ son similares entre sí, con un promedio de 5.85 tallos/planta.

En el tercer corte, el nivel M1 supero por 19.72% a M2 y FQ que son similares entre sí, con una media de 10.29 tallos/planta. Mientras que los niveles M1, M3, M4 y M5 mostraron similitud con un promedio de 12.37 tallos/planta. En el cuarto corte, presentó una similitud estadística entre los tratamientos evaluados con un promedio de 19.40 tallos, pero a su vez, el nivel M2 y M3 fueron superior a M4, M5 y FQ por 19.73% y 21.12% respectivamente, tomando en cuenta una media de 17.89 tallos/planta.

Al comparar el número de macollos por planta de cada nivel en los distintos cortes, se observa que M1 mantiene una tendencia a aumentar entre cada corte con un 63.37%, 48.45% y 52.14% para el corte 2, 3 y 4 respectivamente. En el caso de M2, se observa que se mantiene aumentando con un 28.13%, 73.14% y 52.14% para el corte 2, 3 y 4 respectivamente.

En el nivel M3, se observa que incrementa en cada corte un 68%, 53.06% y 56.52% para el corte 2, 3 y 4 respectivamente. En cuanto a M4, muestra similitud en los dos primeros cortes con una media de 4.87 tallos /planta, mientras que aumenta 41.27% al tercero y un 50.38% al cuarto corte.

El nivel M5, mostro un incremento para cada corte aumentando un 22.22% al corte 2, un 16.72% al corte 3 y un 49.58% al último. En el nivel M6, se observa que incrementa en cada corte un 36.84%, 44.92% y 92.88% para el corte 2, 3 y 4 respectivamente, como se muestra en a figura 23.

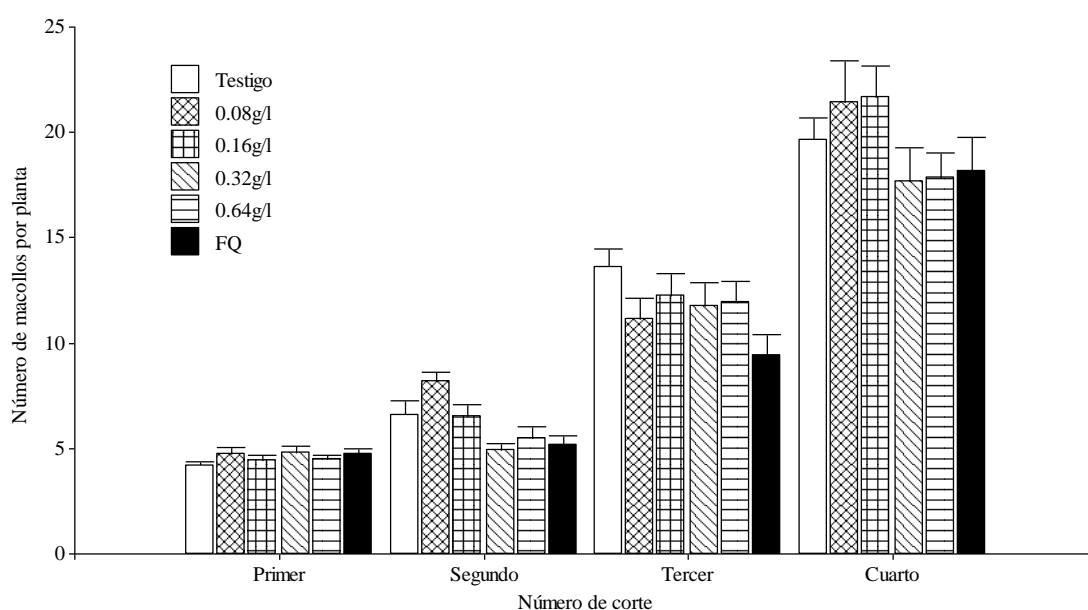


Figura 23. Interacción del número de macollos por planta en el estado de floración de cada corte del cultivo alfalfa variedad Cuf-101 bajo diferentes niveles de melaza.

Los niveles de fertilización que se evaluaron a lo largo de la investigación para el número de macollos por planta, muestran que no existe una diferencia marcada para un nivel específico frente a los demás, manteniendo similitud en la mayoría de ellos, mientras que en cada corte mantienen una tendencia a incrementar el número de tallos por planta. Esto quizá esté relacionado más al rebrote que se obtiene en cada corte aumentando el macollamiento a lo largo del ciclo del cultivo.

En el estudio realizado por Timana (2015), menciona un promedio estadístico de tallos por planta, en el segundo corte del cultivo de alfalfa fue de 3,7 tallos por planta, mientras que esta

investigación lo supera por 58.10%, con una media de 5.85 tallos por planta en el corte 2. También García (2014), menciona que el índice de tallos por planta es de 2,71, consecuentemente también ha superado al mismo. Cabe mencionar que en el cuarto corte existe un promedio en los niveles similares de 19.40 tallos/planta, el cual bordea la media de 22.5 tallos/planta que mencionan Camacho y García (2003), para la variedad Cuf 101.

Lo que probablemente nos lleva a que este aumento no solamente depende del corte sino también de la fertilización foliar que logra aportar a la planta nutrientes esenciales, para hacer más eficiente el movimiento y utilización de reservas para el rebrote (Macías, 2013). Corroborando con esto Gallarino (2008), menciona que los nutrientes de más difícil utilización (fibra cruda y lignina) se vuelven importantes hacia la madurez por el incremento en la proporción de tallos al avanzar el ciclo vegetativo. Vega et al (2007), recalca que la melaza como subproducto de la caña, está constituido principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, como también un 0.2 % de fibra cruda. Por lo que el aporte de la melaza fue fundamental para el desarrollo de tallos brindando estos dos nutrientes.

4.6 Número de nódulos por planta

Para esta variable los resultados estadísticos muestran que no existe una interacción entre los factores, corte y nivel con ($F=0.96$; $gl=15, 262$; $p=0.4963$) relacionados al número de nódulos presentes en la planta, pero, señala una diferencia significativa para el factor nivel con ($F=162.94$; $gl=5, 262$; $p<0.0001$) y para el factor corte ($F=23.32$; $gl=3, 262$; $p<0.0001$), como se expresa en la tabla 13.

Tabla 13.

Análisis de varianza del número de nódulos por planta de alfalfa (Medicago sativa L.), bajo diferentes niveles de melaza durante cuatro cortes.

Fuentes de variación (FV)	Grados libertad (Gl)	Grados de libertad (Error)	Coefficiente de variación (CV)	Valor F (F)	Valor P (P)
Corte	3	262		23.32	<0.0001
Nivel	5	262	62.94	162.94	<0.0001
Corte: Nivel	15	262		0.96	0.4963

Con los datos adquiridos en los cuatro cortes podemos observar que existe una tendencia a incrementar la cantidad de número de nódulos por planta a lo largo de la investigación, pero, el 3 y 4 corte son similares entre sí, con una media de 39.61 nódulos por planta, superando por 38.49% a los cortes 1 y 2 que también presentaron similitud entre sí, con una media de 28.60 nódulos por planta, como se lo representa en la figura 24.

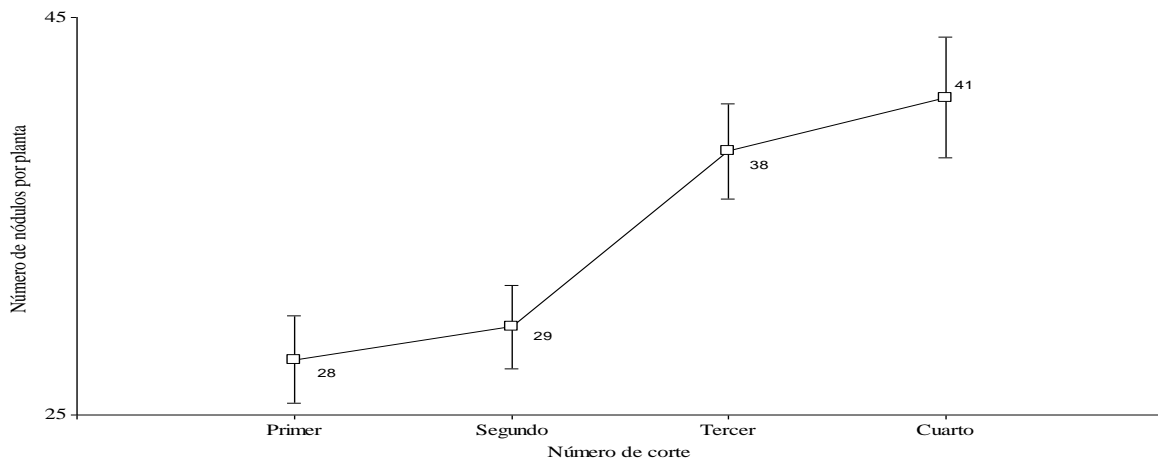


Figura 24. Número de nódulos por planta en cada corte del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa L.*), variedad Cuf-101 bajo distintas dosis de melaza durante cuatro cortes.

El incremento del número de nódulos tiene una tendencia ascendente lo que podría deberse a que existe una influencia de la melaza en la simbiosis que presenta el *Rhizobium meliloti* con la planta como menciona Vega (1997), la nodulación a lo largo del desarrollo de la planta va incrementando en número y peso. Así mismo, CIAT (1991) señala que la los niveles máximos de número y masa de nódulos se presentan en la etapa de floración, como en esta investigación al realizar los cortes durante este proceso.

Por otra parte, en cuanto a los niveles de melaza evaluados en la investigación observamos en la figura 25, El nivel M5 supera por 29.11% a los demás los niveles M1, M2, M3 y M4, que son similares entre sí, con una media de 36.75 nódulos por planta. Adicionalmente M5 supera al nivel FQ con un 90.19%.

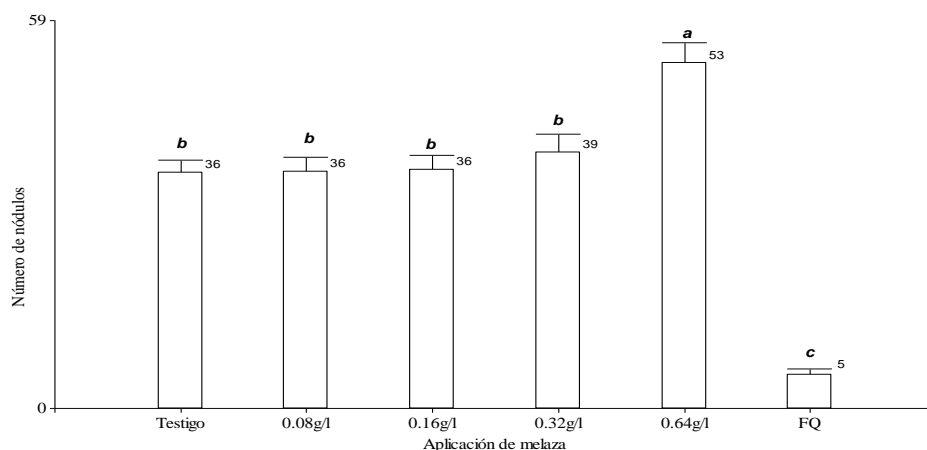


Figura 25. Número de nódulos por planta de alfalfa (*Medicago sativa L.*), bajo la aplicación foliar de diferentes niveles de melaza durante cuatro cortes.

En el nivel de FQ, existen escasos nódulos desarrollados en las plantas evaluadas quizá pudo deberse a la aplicación de fertilización química de nitrógeno (urea), ya que al cubrir las necesidades del cultivo la planta no realiza la simbiosis con el *Rhizobium meliloti* y ya no existe presencia de nódulos formados en las raíces. Ramírez, et al (1994), consideran que el nitrógeno puede ser beneficioso para el establecimiento de Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), una leguminosa forrajera, pero después del primer corte es perjudicial ya que reduce la nodulación. Así mismo, en el estudio de Tang (1994) se observó disminución de nódulos con la aplicación de nitrógeno a diferencia de no aplicar este elemento. Lo que concuerda con varias investigaciones que señalan que al añadir a este proceso nitrógeno ocurre un efecto negativo en la nodulación (Cookley, 1974, Tang, 1988, Gunawardena y Senanayaka, 1989).

Por otra parte, Gili, et al. (1997), menciona que existen un rango de 7-21 nódulos/planta por lo que existe influencia de la melaza en el desarrollo de nódulos al superar esta cifra y tener una tendencia ha aumentar el número de nódulos a mayor concentración. Por lo tanto, presenciarnos un efecto positivo en la simbiosis por parte de la aplicación foliar. Lo que indica que existe un intercambio de compuestos carbonados (sacarosa) de la planta hacia el *Rhizobium* produciendo mayor nodulación en la raíz de la planta y actividad en la fijación de N_2 . Corroborando con esto Pliego, Ocaña y Lluch (2015), menciona que la sacarosa es el sustrato inicial y principal ya que es rápidamente metabolizada a ácidos orgánicos como malato y succinato que son compuestos carbonados que sirven como alimento de las bacterias fijadoras de nitrógeno, por consecuencia el desarrollo de nódulos.

4.7 Materia seca

4.7.1 Materia seca hojas

Para esta variable los resultados estadísticos muestran que existe una interacción entre los factores, corte y nivel con ($F=3.11$; $gl=15, 262$; $p=0.0001$) relacionados a la materia seca de las hojas presentes en la planta, pero, como se expresa en la tabla 14.

Tabla 14.

Análisis de varianza de la materia seca de las hojas de alfalfa (Medicago sativa L.), bajo diferentes niveles de melaza durante cuatro cortes.

Fuentes de variación (FV)	Grados libertad (Gl)	Grados de libertad (Error)	Valor F (F)	Valor P (P)
Corte	3	262	189.20	<0.0001
Nivel	5	262	3.03	<0.0113
Corte: Nivel	15	262	3.11	0.0001

Al comparar los niveles de fertilización evaluados durante los cuatro cortes se puede observar que, en el primer corte, el nivel FQ supera M1, M2, M3, M4 y M5 por 31.53%, que son similares entre sí, con una media de 2.41 g.

En el segundo corte, el nivel M2 fue superior a los demás niveles, superando por 34.64% a M1 y FQ que son similares entre sí, con una media de 2.54 g. Por otra parte, el nivel M3 y M5 son similares con un promedio de 1.75g superan al nivel M4 con un 4% de materia seca.

En el tercer corte, el nivel M2, M3, M4 y M5 son similares entre sí, con un promedio de 5.45 g. A su vez el nivel M3 y M5 son similares con una media de 5.70 g superan por 26.66% a M1 y FQ que también son similares entre sí, con una media de 4.50 g.

En el cuarto corte, el nivel M5 fue superior por 20.77% a los niveles M1 y M2 que son similares entre sí, con una media de 6.21 g. Adicionalmente, el nivel FQ, M1, M2 mantienen similitud, con un promedio de 6.41 g. En cuanto al nivel M3 supera a M1 y M2 por 19.48%. M4 a su vez, fue superior a M1 por 17.50%.

Por otra parte, al comparar los niveles en los diferentes cortes observamos que M1, fue similar en el corte 1 y 2 con una media de 2.66 g. En el tercer corte este valor fue mayor con un 69.17%, mientras que para el cuarto corte incrementó 37.11% superior al corte 3. Para el nivel M2, existió una tendencia ascendente con incrementos de 32.55% al segundo corte, mientras que para el tercer corte un 53.50% y finalmente un 19% en el cuarto corte.

El nivel M3, presento valores similares en los cortes 1 y 2, con un promedio de 2g. Para el tercer corte este valor aumenta un 79% a diferencia del corte 1 y 2, mientras que el cuarto corte aumenta un 32.97%. En M4 muestra que el valor disminuye un 55% en el segundo corte, mientras que para el corte 3 y 4, incrementa 24.17% y 40.23% respectivamente.

En M5, se observa que el valor disminuye un 38% en el segundo corte, mientras que para el corte 3 y 4 existe un aumento de 33.14% y 28.64% respectivamente. En cuanto al nivel de FQ también disminuye el valor en el segundo corte por 36.05%, mientras que se incrementa un 51.77% y 65.88% en el corte 3 y 4 respectivamente, como se muestra en la figura 26.

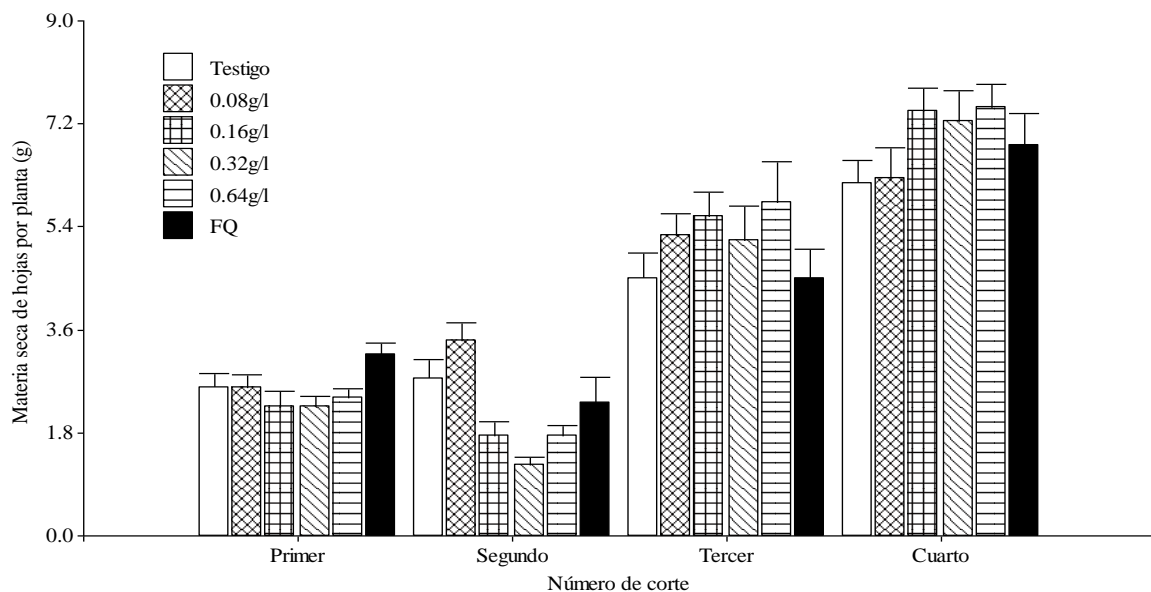


Figura 26. Materia seca de las hojas de alfalfa (*Medicago sativa L.*), bajo diferentes niveles de melaza durante cuatro cortes.

Taiz y Zieger (1998), señalan que el nitrógeno es un factor limitante para el crecimiento y eficiencia fotosintética en las plantas y que bajo a condiciones de déficit de nitrógeno disminuye el número, peso seco y área foliar. Contrastando a lo mencionado Olalde., et al (2000) en su

estudio mostraron cambios significativos en el número de hojas y el índice de área foliar por efecto del nitrógeno con dosis de 0, 10 y 20 de N / m², alcanzando la mayor cantidad de hojas con el mayor tratamiento. Lo que explica porque el nivel FQ tuvo mayor cantidad de MS en hojas en el primer corte debido a la disponibilidad de nitrógeno que se aplicó inicialmente, mientras que en el corte 2 y 3, va obteniendo una cantidad similar al resto de niveles exceptuando el cuarto corte en el cual el nivel M5 lo supera.

Dicho lo anterior quizá la planta en los demás niveles podría haber realizado simbiosis con las BFN para suplir esta deficiencia y aumentar la cantidad de N en los demás cortes. Esto a su vez tiene relación a lo mencionado anteriormente en cuanto al número de nódulos que es mayor a más concentración de melaza y siendo el de mayor nodulación M5, lo que demuestra que se cumple con el proceso de Fijación biológica de N₂ en leguminosas (Paredes, 2013), permitiendo que los niveles alcancen una cantidad similar e inclusive a mayor dosis superar a la FQ.

4.7.2 Materia seca tallos

Para esta variable los resultados estadísticos muestran que existe una interacción entre los factores, corte y nivel con (F=1.84; gl=15, 262; p=0.05) relacionados a la materia seca de tallos presentes en la planta, pero, como se expresa en la tabla 15.

Tabla 15.

Análisis de varianza de la materia seca presentes de tallos de alfalfa (Medicago sativa L.), bajo diferentes niveles de melaza durante cuatro cortes.

Fuentes de variación (FV)	Grados libertad (Gl)	Grados de libertad (Error)	Valor F (F)	Valor P (P)
Corte	3	262	344.00	<0.0001
Nivel	5	262	1.64	0.1503
Corte: Nivel	15	262	1.84	0.0299

Al comparar los distintos niveles de fertilización dentro de cada corte, se puede observar que en el primer corte todos los niveles son similares entre sí, con un promedio de 3.41 g. En el segundo corte se observa que M2 es superior a los demás niveles, con un 48.72% a M5 y por 25.64% a M1, M3, M4 y FQ, que son similares entre sí, con una media de 4.64g.

En el tercer corte, se observa que el nivel M5 es similar a M2 y M4, con un promedio de 11.5g. M5 a su vez, supera por 24.37% a M1, M3 y FQ, que son similares entre sí, con una media de 10.05 g. También que los niveles M1, M2, M3, M4 y FQ mantienen similitud con un promedio de 10.43 g.

En el cuarto corte, se observa que el nivel M2 supera por 24.96% a todos los demás niveles M1, M3, M4 y FQ, que son similares entre sí, con una media de 16.54 g. Adicionalmente, M2 supera a M5 por 37.80%, que a su vez tiene similitud con el nivel de FQ.

Al comparar la materia seca de tallos de cada nivel en distinto corte, se observa que M1 mantiene una tendencia a incrementar en cada corte, con valores de 42.64%, 12.21% y 68.65% respectivamente para el corte 2, 3 y 4. El nivel M2, también mostró una tendencia ascendente con valores de 70.46%, 90.05% y 86.55%, respectivamente para el corte 2, 3 y 4.

En el nivel M3, se observa aumento en los valores para los cortes 2, 3 y 4, con un 44.47%, 16.59% y 76.41% respectivamente. En M4, se observa también aumento en los cortes con un 27.93%, 38.42 % y 47.25%, respectivamente en los cortes 2, 3 y 4. En cuanto a M5, se observa que el corte 1 y 2 son similares entre sí, con una media de 3.67 g. Para el corte 3 y 4, aumenta este valor en un 40.59% y 24.46% respectivamente.

Finalmente, el nivel M6 presenta un aumento ascendente durante los cuatro cortes, con un 30.44%, 45.91% y 53.19%, como se observa en la figura 27.

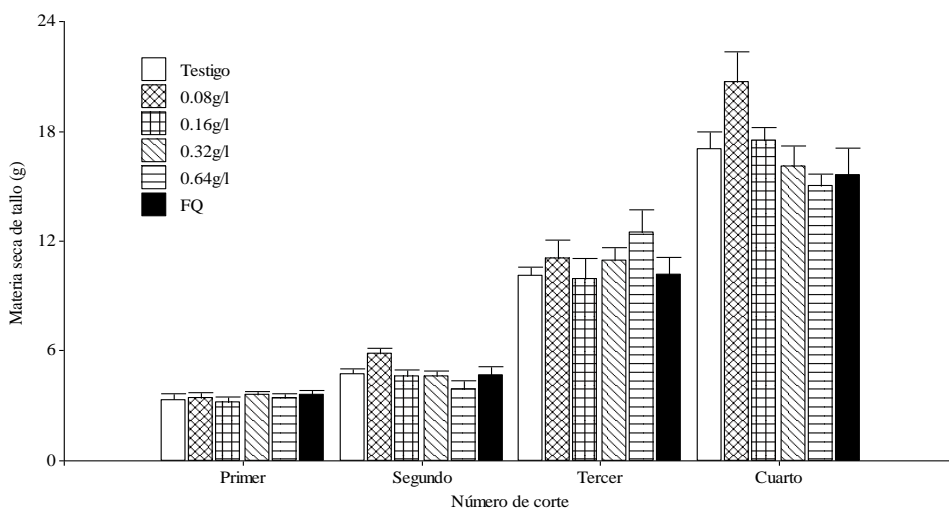


Figura 27. Materia seca de tallo de alfalfa (*Medicago sativa* L.), bajo diferentes niveles de melaza durante cuatro cortes.

De acuerdo a los datos mencionados todos los niveles de fertilización presentan una tendencia a aumentar la cantidad de MS de tallo a lo largo de la investigación durante los cortes. Esta cantidad de MS de tallo concuerda con la presentado en el número de macollos por planta, pero en cuanto a niveles de fertilización existe una constante del nivel M2 que se mantiene como el de mayor cantidad de materia seca por tallo en cada uno de los cortes excepto en el segundo corte donde comparte similar cantidad con M5. Esta variación del nivel M2 podría deberse a que las plantas evaluadas estuvieron siempre entre las cantidades mayores de número de tallos en cada corte, pero también quizá con mayor diámetro que las demás repercutiendo en la cantidad de MS de tallo.

4.7.3 Materia seca parte aérea

Los resultados estadísticos muestran que existe una interacción entre los factores, corte y nivel con ($F=2.25$; $gl=15, 262$; $p=0.0054$) relacionados con la parte aérea de la planta, como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16.

Análisis de varianza de la materia seca de la parte aérea de la planta de alfalfa (Medicago sativa L.), bajo diferentes dosis de melaza durante cuatro cortes.

Fuentes de variación (FV)	Grados libertad (Gl)	Grados de libertad (Error)	Coefficiente de variación (CV)	Valor F (F)	Valor P (P)
Corte	3	262		386.79	<0.0001
Nivel	5	262	61.56	3.07	0.0103
Corte: Nivel	15	262		2.25	0.0054

De acuerdo a los niveles de fertilización evaluados durante los cuatro cortes se puede observar que en el primer corte el nivel FQ presenta más cantidad de materia seca en la parte aérea de la planta, siendo un 16.98% mayor a los niveles M2, M3, M4 y M5 que comparten similitud entre sí, con una media de 5.77 g. También FQ es similar al nivel M1 con un promedio de 6.33 g. A su vez, el nivel M1 es similar a M2, M3, M4 y M5, con un promedio de 5.8 g.

En el segundo corte el nivel M2 es superior a los demás niveles. M2 supera a M1 por 23.33% y por 49.19% a los demás niveles M3, M4, M5 y FQ, que son similares entre sí, con una media

de 6.20 g. Por otra parte, el nivel M1 supera por 26.26% a M3, M4 y M5, con una media entre sí de 5.94 g. A su vez, M1 presenta similitud con FQ, obteniendo un promedio de 7.25 g.

Para el tercer corte el nivel M5 supera por 22.93% a M1, M3 y FQ, que son similares entre sí, con una media de 14.91 g. M5 a su vez, es similar al nivel M2 y M4. Mientras que también los niveles M1, M2, M3, M4 y FQ comparten rangos similares con un promedio de 15.43 g.

En el cuarto corte, M2 supera por 17.81% a M1, M4, M5 y FQ, que son similares entre sí, con una media de 22.85 g. M2 a su vez, presenta similitud con el nivel M3, con un promedio de 25.92 g. Adicionalmente, M3 supera por 10.75% a M5. Finalmente, los niveles M3, M4, M5 y FQ, mantienen rangos similares con un promedio de 23.29 g.

Al comparar los niveles en los diferentes cortes observamos que M1, mantienen un incremento ascendente aumentando en el corte 2, 3 y 4, un valor de 26.68%, 51.44%, 58.91% respectivamente para cada corte. El caso de M2 incrementa 54.16% para el segundo corte, 76.54% en el tercero y 64.84% en el cuarto corte. En cuanto a M3 los cortes 1 y 2 muestran similitud con una media de 5.87g, mientras que para el corte 3 y 4 el valor aumenta un 44.86% y 45.08% respectivamente.

Para el tratamiento M4 durante el primer y segundo corte se mantuvo constante la cantidad de MS de la parte aérea con un 5.83 g/planta. Para el tercer corte existió un aumento de 75.81%, mientras que en el cuarto corte se obtuvo un incremento de 22.74%. En cuanto a M5, el corte 1 y 2 fueron similares entre sí, con una media de 5.75g. En el corte 3 y 4 aumento el valor a 23.28% y 22.74% respectivamente. Finalmente, en FQ se observa que el corte 1 y 2 fueron similares, con un promedio de 6.87 g, mientras que para el corte 3 y 4 aumento el valor en un 47.71% y 52.82%, como se lo presenta en la figura 28.

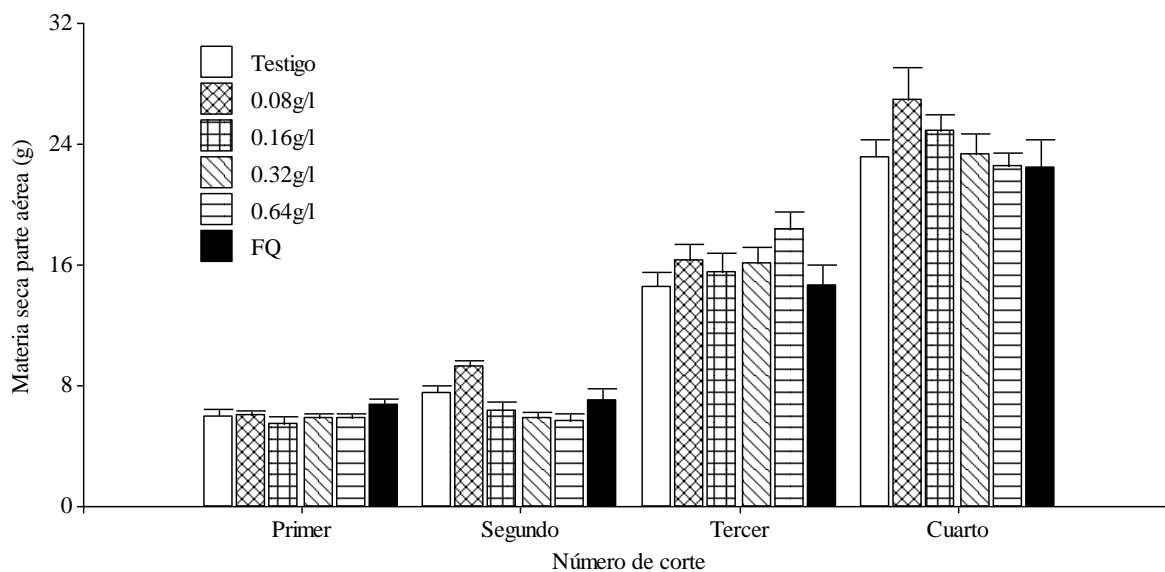


Figura 28. Interacción de la Materia seca de la parte aérea en la planta de alfalfa (*Medicago sativa L.*), bajo aplicaciones foliares de melaza durante cuatro cortes.

La materia seca de la parte aérea se encuentra constituida por MS de hojas y MS de tallos. Se observa una tendencia a aumentar la cantidad de MS evidentemente por los datos mostrados en las variables MS de hojas y tallos en los diferentes cortes.

En cada corte existió un nivel que destacaba mientras que los demás niveles se mostraban similares, pero el nivel que se destacaba fue cambiante en cada corte, como el caso del primer corte donde el nivel FQ fue superior mientras que en el segundo corte fue M2, para el tercer corte fue M5 y finalmente en ultimo corte nuevamente se presentó M2 como el de mayor cantidad. Esta variación probablemente fue debido en primera instancia por la aplicación de nitrógeno en el nivel FQ donde a mayor concentración de N incrementa el desarrollo de la planta en tallos y hojas (Sanclemente y Peña, 2008).

En los demás cortes probablemente se dio una asimilación de los componentes de la melaza en los diferentes niveles y a su vez la actividad de los nódulos en la planta, ya que existen nódulos que se encuentran activos e inactivos debido a una proteína llamada leghemoglobina que se presenta en los nódulos de color rojiza para los vivos y activos y gris para los inactivos o senescentes (Pommeresche y Hansen, 2017).

Por otra parte la MS seca de la parte aérea constituye el forraje usado para alimentación de diferentes especies de animales. Moreno y Talbot (2010), señalan que la acumulación de forraje es una respuesta del genotipo al medio ambiente, mientras que la radiación solar a través de la fotosíntesis es la fuerza primaria que determina el límite de desarrollo, la temperatura y lluvias cumplen un rol modulador del potencial productivo lo cual podría ser el causante de la variación en cada una de las unidades experimentales.

Pero también se puede observar que en el último corte existió un promedio de 23.29 g/planta de MS en la parte aérea. Podemos tomar la referencia de Camacho y García (2003), donde en 1 m² existe una media de 635 plantas en la variedad Cuf-101, llegando probablemente en la investigación a tener en MS de la parte aérea $14.78 \text{ kg/m}^2 = 147\,800 \text{ kg/ha} = 14.78 \text{ T/ha}$ en un cultivo llevado a campo.

En la investigación de Rojas et al (2017), la variedad de alfalfa Cuf-101 presenta una media de 4888 kg/ha en verano y 1508 kg/ha de MS anual. Mientras que Dammer (2004), tuvo resultados 390 134.25 kg/ha/corte, en el cual esta investigación presenta superior cantidad de MS. Otro estudio realizado por López (2011), menciona un rango de variación de 8.86 y 9.32 T/ha/corte, por lo que corroboraría nuevamente que se superó ese rango.

AGROLAB (2005), menciona que de acuerdo a una fertilización óptima se debe obtener una producción de 25 t/ha. Donde la presente investigación es de 14.78 T/ha, el cual no alcanza la producción requerida con una fertilización adecuada, pero, cabe recalcar que la cantidad de MS de la parte aérea en la investigación tiende incrementar en cada corte.

4.7.4 Materia seca raíz

Según los datos tomados en esta variable, los resultados estadísticos muestran que no existe una interacción entre los factores, corte y nivel con ($F=1.39$; $gl=15, 262$; $p=0.1475$) con respecto a la cantidad de materia seca de la raíz de la planta. Pero, señala una diferencia significativa en el factor corte ($F=385.21$; $gl=3, 262$; $p<0.0001$). Mientras que para el factor nivel no existe diferencias significativas ($F=0.94$; $gl=5, 262$; $p= 0.4562$), como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17.

Análisis de varianza de la raíz de la planta de alfalfa (Medicago sativa L.), bajo diferentes niveles melaza durante cuatro cortes.

Fuentes de variación (FV)	Grados libertad (Gl)	Grados de libertad (Error)	Coefficiente de variación (CV)	Valor F (F)	Valor P (P)
Corte	3	262		385.21	<0.0001
Nivel	5	262	59.56	0.94	0.4562
Corte: Nivel	15	262		1.39	0.1495

Tomando en cuenta los cuatro cortes podemos observar que en el primer corte se obtuvo un promedio una cantidad de 4,9 g de materia seca en raíz por planta y posteriormente aumenta para el segundo corte un 45.88 % con respecto al corte 1. En el tercer corte se observa un aumento de 51.54 % más que el corte 2, obteniendo 20.7 g de promedio y para el cuarto corte un aumento de 18.96 % con respecto al tercer corte, como se muestra en la figura 29.

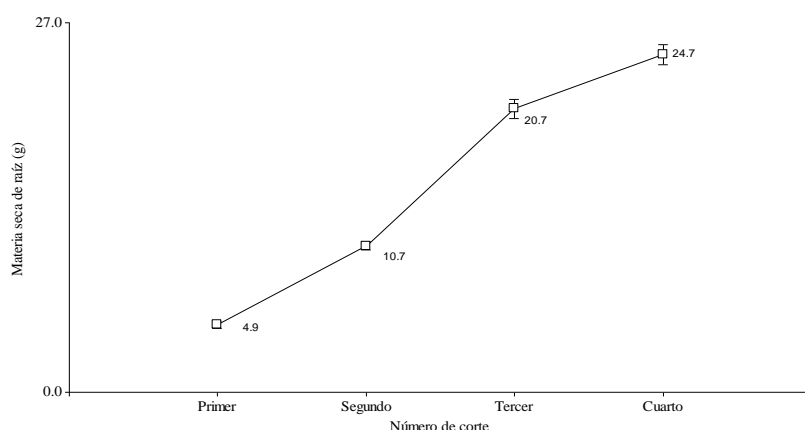


Figura 29. Materia seca de la raíz en la planta de alfalfa (*Medicago sativa L.*), bajo aplicaciones foliares de diferentes niveles de melaza durante cuatro cortes.

Los datos que se observan muestran que los cuatro cortes mencionados mantuvieron un incremento ascendente en la cantidad de materia seca de la raíz, que quizá fue debido a la madurez fisiológica que va teniendo la raíz en el desarrollo de la planta. Como Formoso (2000), señala que el peso de la raíz depende del contenido de carbohidratos almacenados y que llega a su punto máximo en la etapa de floración donde se puede realizar el corte o pastoreo. Posterior a esto se utiliza las reservas disponibles de la raíz para la producción de follaje y rebrotes disminuyendo su peso hasta que la planta alcance una altura de 15-20 cm y a partir de ese

momento las reservas de la raíz se recuperan rápidamente continuando con su desarrollo en peso y tamaño a lo largo de su fase vegetativa de cada corte (Rebuffo, 2005).

Por otra parte, posiblemente la aplicación de melaza facilito significativamente en el tamaño de la raíz y peso, como lo ocurrido en el estudio de Llerena et al (2018), donde el tratamiento con aplicación de sacarosa ayudo al desarrollo físico- químico del suelo facilitando el desarrollo de la raíz en comparación a no aplicar sacarosa al suelo.

4.7.3 Materia seca de nódulos

De acuerdo a los resultados estadísticos muestran que existe una interacción entre los factores, corte y nivel con ($F=3.22$; $gl=15, 262$; $p=0.001$) relacionados con la materia seca de los nódulos de la planta. Como también, señala una diferencia significativa en el factor nivel con ($F=86.11$; $gl=5, 262$; $p<0.0001$) y en el factor corte ($F=21.44$; $gl=3, 262$; $p<0.0001$), como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18.

Análisis de varianza de la materia seca de los nódulos de la planta en los diferentes cortes.

Fuentes de variación (FV)	Grados libertad (Gl)	Grados de libertad (Error)	Coefficiente de variación (CV)	Valor F (F)	Valor P (P)
Corte	3	262		21.44	<0.0001
Nivel	5	262	86.85	86.11	<0.0001
Corte: Nivel	15	262		3.22	0.0001

De acuerdo a los niveles de fertilización evaluados durante los cuatro cortes se puede observar en la figura 30, que en el primer corte el nivel M5 obtuvo un 11.53% más cantidad de MS de nódulos por planta frente a los niveles M1 y M3, que son similares entre sí, con una media de 0.26 g. M5, a su vez comparte similitud estadística con los niveles M2 y M4, con un promedio de 0.43g. Por otra parte, el nivel M2, M3 y M4, similares entre sí, con un promedio de 0.33 g, superan a FQ. Adicionalmente, M1 también fue superior a FQ.

Para el segundo corte el nivel M5 y M2, son similares entre sí con un promedio de 0.77g. M5, a su vez supera por 51.85% a M1, M3 y M4, que son similares entre sí, con una media de 0.42g.

El nivel M2 supera por 49.31% a M1, M3, similares entre sí, con una media de 0.36g. En cuanto a FQ se observa que es la de menor cantidad de MS en nódulos frente a los demás niveles.

En el tercer corte, los niveles M5 y M3 son similares entre sí, con una media de 1.14 g superando a los demás niveles. M5 y M3 superan por 67.64% a M1 y M2, siendo similares entre sí, con una media de 0.68g. También se observa que el nivel M4 supera por 37.09% y 16.47% a M1 y FQ respectivamente. Mientras que FQ se mantiene constante como el de menor cantidad de MS de nódulos por planta. Para el cuarto corte se observó que el tratamiento M5 fue superior a todos los demás niveles M2, M3 Y M4, que son similares entre sí, con una media de g. Pero, a su vez M1, M2 y M4, muestran similitud con un promedio de g. Finalmente, todos los niveles en comparación a FQ fueron superiores dejando nuevamente a este nivel como el de menor cantidad de MS de nódulos por planta.

Al comparar la MS de los nódulos de cada nivel en los distintos cortes, se observa que el nivel M1 mantiene valores ascendentes en el corte 1 y 2, con un aumento de 5%. En el corte 3 y 4 se observa una similitud de rangos, con una media de 0.65 g. El nivel M2, el corte 2, 3 y 4, son similares entre sí, con un promedio de 0.77 g. mientras que el corte 1 es menor a los demás cortes por 28.33%.

El nivel M3 fue similar en el corte 1 y 2, con una media de 0.30 g. para el corte 3 y 4, se observa un aumento de 28.57%, tomando en cuenta que también fueron similares, con una media de 1.05 g. El nivel M4, el corte 1 y 2, son similares entre sí, con una media de 0.46 g. para el corte 3 y 4, se observa un aumento de 55.42%, tomando en cuenta que también fueron similares, con una media de 0.83 g.

El nivel M5 mantiene un aumento en los cortes 1 y 2 con un incremento de 47.27%, mientras que en el corte 3 y 4 se mantiene similar, con una media de 1.3 g, aumentando 60.49% frente el segundo corte. En el nivel FQ durante los cuatro cortes, se observa que en el primer corte no existe MS en nódulos debido a que no presento nodulación, pero entre el corte 2 y 3, tiene un aumento de 28.57%. Finalmente mostrando que en el corte 3 y 4 fueron similares, con un promedio de 0.13 g.

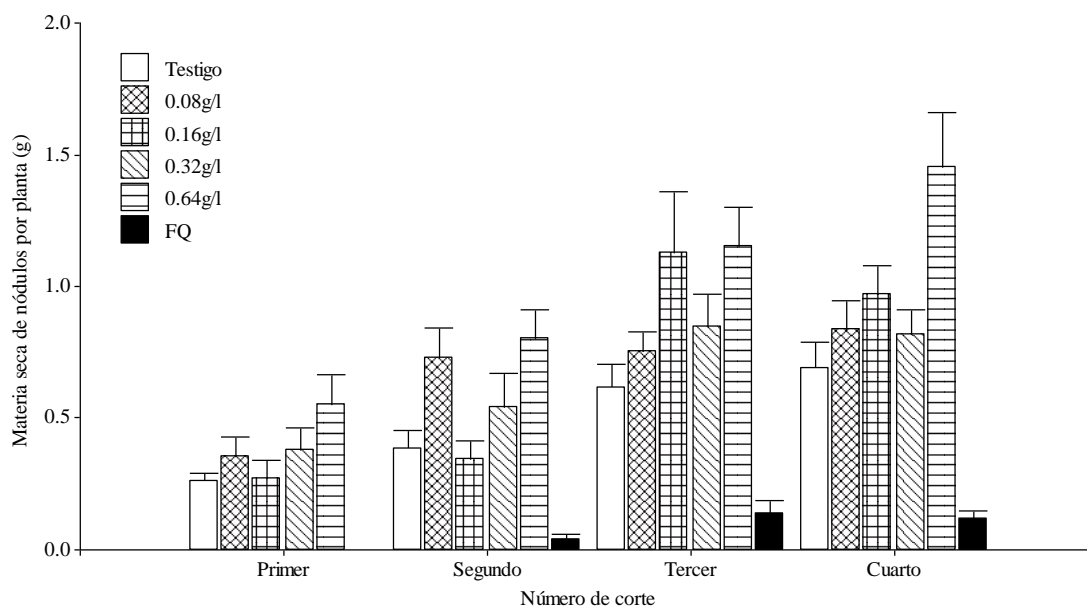


Figura 30. Interacción de la Materia seca de los nódulos en la planta bajo diferentes dosis de melaza en cuatro cortes del cultivo de alfalfa variedad Cuf-101.

El nivel M5 prevalece como mejor tratamiento en los cuatro cortes debido a que genero mayor número de nódulos por planta y por ende una MS mayor a los demás tratamientos. El tratamiento FQ tuvo la menor cantidad de materia seca, debido a su bajo número de nódulos por planta que presentaron durante la investigación.

La variación que existe de las cantidades de materia seca de nódulos en los diferentes niveles podría deberse al tamaño de los nódulos ya que esto lleva a tener mayor peso y la cantidad de materia seca va aumentar independientemente al número de nódulos presentes en la planta. Lo que concuerda con Mayz et al, (2010) que, pese a tener un número de nódulos similar en sus tratamientos existen diferentes tamaños, por ende variación de peso.

4.8 Materia seca total

Los resultados estadísticos muestran que no existe una interacción entre los factores, corte y nivel con ($F=1.09$; $gl=15$, 262; $p=0.3650$) relacionados con MS total de la planta. También, señala que no hay una diferencia significativa en el factor nivel con ($F=2.29$; $gl=5$, 262; $p=0.0562$) y en el factor corte ($F=496.76$; $gl=3$, 262; $p<0.0001$) como muestra la tabla 19.

Tabla 19.

Análisis de varianza de la materia seca total por planta de alfalfa (Medicago sativa L.), bajo la aplicación foliar de diferentes niveles de melaza durante cuatro cortes.

Fuentes de variación (FV)	Grados libertad (Gl)	Grados de libertad (Error)	Coefficiente de variación (CV)	Valor F (F)	Valor P (P)
Corte	3	262		496.76	<0.0001
Nivel	5	262	57.76	2.29	0.0562
Corte: Nivel	15	262		1.09	0.3650

De acuerdo a los datos podemos apreciar en la figura 31, que existe un crecimiento ascendente en los cortes durante la investigación, con valores de 61.72%, 48.32% y 31.88% respectivamente entre cada corte. Dejando al cuarto corte como el de mayor cantidad de materia seca total llegando a 49,34 g/planta, como se muestra a continuación.

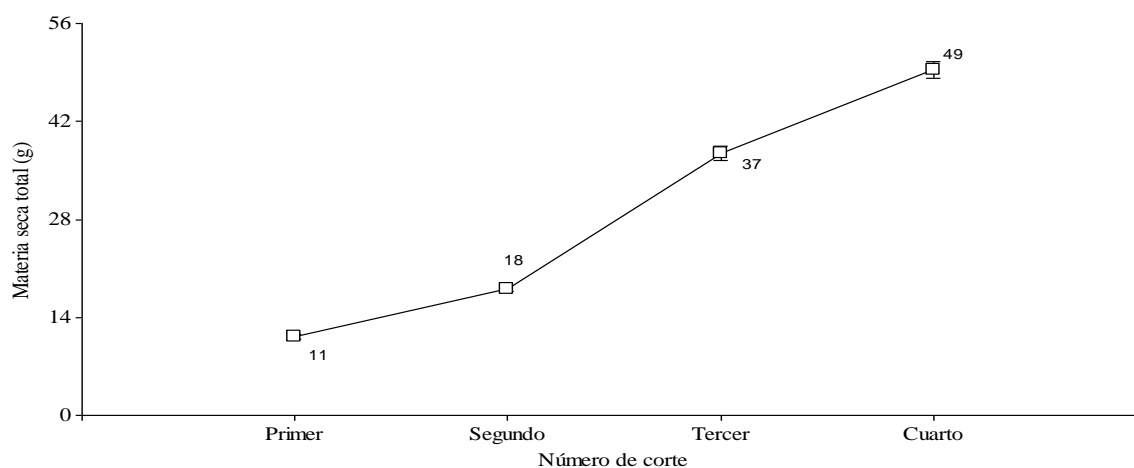


Figura 31. Materia seca total de la planta del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.), bajo la aplicación foliar de diferentes niveles de melaza durante cuatro cortes en la variedad Cuf-101.

Este incremento de MS total, está dado por la sumatoria de peso seco de la parte aérea, raíz y nódulos durante los cuatro cortes. En la cual los datos obtenidos para la parte aérea de la planta nos mostró en todos los cortes similares rangos entre niveles, pero teniendo un aumento para cada corte. Esto concuerda con lo ocurrido en MS de raíz, donde los niveles de melaza fueron similares y mantiene la tendencia a aumentar cada corte, como lo visto también en la parte aérea. Mientras que la materia seca de nódulos se mantuvo aumentando en cada corte, pero con diferencias entre los tratamientos.

La madurez que va adquiriendo el cultivo a lo largo de la investigación, donde sus órganos incrementan en tamaño y peso llegando a tener entre 300 a 460 g/m² en el cultivo de alfalfa como lo detallan (Bolaños et al, 2005). Por otra parte, la mayor diferencia se mostró en las variables de tallos y nódulos lo que concuerda con Méndez (2002), donde los caracteres que más influyeron sobre el peso seco de las plantas fueron el número de nódulos/planta y el diámetro del tallo, ya que un incremento de estos dos caracteres conlleva a un aumento de peso seco de las plantas.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Al aplicar diferentes niveles de melaza existe una mayor cantidad de nódulos desarrollados por planta en el tratamiento M5 (0.64 g/l), que permite a las bacterias fijadoras de nitrógeno tomar las fuentes carbonadas provenientes de la planta y realizar el proceso de nodulación para beneficio de la misma. En cuanto a los niveles de melaza M2, M3 y M4 presentan similares cantidades de nódulos por planta, mientras que el tratamiento M6 al ser con fertilización química presenta escasos nódulos desarrollados en la planta.

Los niveles de melaza aportan notables características al cultivo de alfalfa aumentando su tamaño, como también siendo similar a la agricultura convencional con fertilizantes en cuanto a número de macollos y área foliar. Por lo que la aplicación de melaza es una gran alternativa para sustituir fertilizantes químicos, siendo amigable con el ambiente y ayudando a las leguminosas en la formación de nódulos y por ende a fijar N_2 , mejorando su simbiosis y disponibilidad de Nitrógeno para la planta y futuros cultivos.

5.2 Recomendaciones

Se puede realizar pruebas con aplicaciones mayores a las estudiadas debido a que a mayor dosificación se mostraron efectos positivos en las plantas evaluadas en la investigación y evaluar variables considerables como tamaño, diámetro y actividad de los nódulos.

También realizar análisis bromatológicos de la melaza a utilizar para saber que sustancias aporta a diferencia de las fuentes carbonadas (sacarosa) como los nutrientes presente en este desecho industrial.

Se puede realizar nuevas investigaciones donde se profundice en cuanto a la calidad nutricional final del cultivo de alfalfa al aplicar melaza vía foliar para la alimentación de animales en especies mayores y menores.

BIBLIOGRAFÍA

- ALASKA, (2006). Semillas de pasto de clima frio. *Vademecum Agricola*. Edifarm. pp 892.
- AGROLAB. (2005). Fertilización Análisis Técnicos, S.A. de C.V. Laboratorio Acreditado ISO 17025.
- Aparicio, P., Arrese, C y Becama, M. (2000). Fijación de nitrógeno. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Mc Graw Hill. Barcelona.
- Arjona, H., José A, Javier E, Gómez G, Ospina, J., & Herrera B. (2004). *Evaluación de la aplicación de urea, melaza y aminoácidos sobre el crecimiento y rendimiento de la cebolla de bulbo (Allium cepa L. Grupo cepa) híbrido yellow granex, en condiciones de la Sabana de Bogotá*. Bogotá: Agronomía Colombiana.
- Ayala, W. (2005). *Novedades forrajeras: uso de llantén (plantago lanceolata) en gorde ovino*. Obtenido de http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas%220artificiales/algunas_forrajeras.pdf
- Benítez, A. (1980). Pastos y Forrajes, Editorial Universitaria. Quito –Ecuador. pp.173 - 210.
- Bolaños Aguilar, Eduardo Daniel; Huyghe, Christian Crecimiento y distribución de la materia seca entre órganos vegetativos y reproductores en alfalfa Agricultura Técnica en México, vol. 31, núm. 1, enero-junio, 2005, pp. 65-72
- Camacho GJL, García JG. (2003). Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovillo. *Vet Mex.* 34(2):149-177
- Cooper y Heinrich. (2009). Fijación Biologica. Universidad de Bonn - Alemania. Capitulo 16.
- Cooksley, D (1974). A study of preplanting herbicides, nitrogen, burning and post emergence cultivation on the establishment of *Leucaena leucocephala* cv. Perú. pp 37.
- CIAT, (1991). Sistema estandar para la evaluación de Germoplasma de fríjol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp.56
- Dammer, M. (2004). “Adaptación de cuatro variedades de Alfalfa (*Medicago sativa*) en la Zona de Cananvalle – Tabacundo”. Universidad Politécnica Salesiana. Cayambe- Ecuador.
- Dibut, B., Martínez, R., Ortega, M., Ríos, Y., Tejada, G., Planas, L., & Rodríguez, J. (2009). situación actual y perspectiva de las relaciones endófitas planta-bacteria. estudio de caso *Gluconacetobacter diazotrophicus*-CULTIVOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA. *SCIELO*, 16-17.

- Dréo, J. (27 de Septiembre de 2009). *Nitrogen Cycle*. Obtenido de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nitrogen_Cycle.svg
- Eichert, T., & Fernández, V. (1991). Uptake and Release of Elements by Leaves and Other Aerial Plant Parts. *Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.* , 127-131.
- EMBRAPA. (2006). Elementos de Apoyo para as Agrícolas as Boas Práticas Agrícolas e o Sistema APPCC e o Sistema APPCC. Brasília: Campopas.
- Escalante, J. (1999). *Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno*. Terra Latinoamérica. Vol. 17. 149-157. México.
- Fajardo, E., & Sarmiento, S. (2007). *Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de Saccharomyces cerevisiae*. Bogota: Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias Basicas Microbiología Industrial.
- FAO. (2012). *Perspectivas para el medio ambiente*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s11.htm>
- FAO. (2015). *El uso de fertilizantes sobrepasará los 200 millones de toneladas en 2018*. Obtenido de <http://www.fao.org/news/story/es/item/277654/icode/>
- FAO, (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations <http://www.fao.org/>
- FAO, (2018). Consumo de fertilizantes químicos. <http://www.fao.org/>
- FHIA. (2007). Boletín técnico: el uso de la melaza y sus ventajas en la producción. 3.
- Fimbres, A., & Navarrete, J. (2010). Efecto del agua y nitrógeno en alfalfa (Medicago sativa L.) bajo riego por goteo. *Biotecnia*, 36.
- Formoso, F. (2000). Manejo de Alfalfa para Producción de Forraje. INIA. pp 41.
- Gallarino, E. 2008. Heno de alfalfa conceptos generales. Revista Agro mercado N° 143 pag. 10-13.
- Gallego, J. J. (05 de Enero de 2015). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Obtenido de <https://inta.gov.ar/noticias/alfalfa-la-reina-de-las-forrajeras-perennes>
- García, S. C. (2011). *Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno*. Obtenido de <file:///C:/Users/Felipe/Downloads/Dialnet-BacteriasSimbioticasFijadorasDeNitrogeno-3761553.pdf>
- García, N. 2014. *Componentes del Rendimiento en Alfalfa Inoculada y Sin Inocular*. Facultad de ciencias agrarias. p 24-25. <http://www.aapa.org.ar/congresos/2005/PpPdf/PP24.pdf>
- Gili, S., Marando, G., y Sagardoy, M. (1997). Número y eficiencia de cepas naturalizadas de *Rhizobium meliloti* aisladas de suelos del alto valle de Rio negro y Neuquén, Argentina.

- González O., Sadeghian K., Medina R., Castro Q. *Alternativas para disminuir la volatilización de nitrógeno producida por la fertilización con urea*. Revista Cenicafé 66(1): 7-16. 2015
- Gunawardena, S. y Senanayaka, S. (1989). Effects of Rhizobium inoculation and fertility levels on nodulation and foliage fresh weight of *Leucaena leucocephala* var. K 8. *Leucaena Research Reports*. 10-59.
- ICONTEC. (1994). Melaza de la caña de azúcar. Norma ICONTEC 587.
- INAMHI. (27 de Noviembre de 2017). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/red-de-estaciones-meteorologicas/>
- INIAP. (1979). *Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos*. Quito: Boletín técnico N° 32.
- JICA, (2016). Manual de pastos y forrajes. *Instituto Nacional Tecnológico*. Unidad III, Establecimiento, siembra y manejo de los pastos y forrajes, 57-59.
- López, A. (2011). Evaluación de diferentes niveles de vinaza aplicados basalmente en la producción forrajera del *Medicago sativa* L (alfalfa). Escuela superior técnica del Chimborazo.
- López, J. (1984). *INIA*. Obtenido de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR02985.pdf>
- López, J. E. (1984). *Inoculación de leguminosas forrajeras*. Santiago : IPA La Platina N°24.
- LORSA.(2011). Ley orgánica del régimen de la soberanía alimentaria. <https://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/>
- Llerena, A; Acosta, J y Martín, N. (2018). Influencia de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), abonos orgánicos y sacarosa en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Alternativas*. vol. 19. 89-96. Cuba.
- Lloveras, J. (1999). El cultivo de la alfalfa y su relación con el medio ambiente. *Pastos*, XXIX (2), 145- 167. Universidad de Lleida. España
- Macías, D. (2013). Fertilizantes foliares en el cultivo de alfalfa cuf 101 (*Medicago sativa* L.) en la granja la colina c.a. del cantón arenillas - El Oro – Ecuador. Universidad técnica estatal de Quevedo.
- Marschner, P. (2004). Biología rizosfera. *Departamento Académico de Biología*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.
- Marugán, V. (2003). *Caracterización proteómica de Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

- Mayz, J., Lárez, A y Alcorcés, N. (2010). Efectividad de cepas rizobianas nativas de sabana en *Vigna unguiculata* (L.). *Biotecnol.* Vol 12. pp 194-202.
- McCullough, D; Girardin, Ph; Mihajlovic, M; Aguilera, A y Tollenaar, M. (1994). *Influence of N supply on development and dry matter accumulation of an old and new maize hybrid.* Canadian Journal of plants Science. 471-477.
- Méndez, J. (2002). Relación entre el peso seco total y los caracteres vegetativos y la nodulación de plantas de maní. *Revista UDO Agrícola.* pp 46-53.
- Michaud, R., Lehman, W., y Rumbaugh, M. (1988). World distribution and historical development. En: *Alfalfa and alfalfa improvement*, 25-91. Ed. A.A. HANSON. *Agronomy*, 29. American Society of Agronomy, Inc, Madison, Wisconsin. USA.
- Moreno, G., y Talbot, M. (2010). Comportamiento productivo de 65 genotipos de alfalfa (*Medicago sativa*) en Chapingo, México. *Universidad Autónoma Chapingo.* p 36.
- Olalde, V., Escalante, J., Sánchez, P., Tijerina, L., Mastache, A. y Carreño, E. (2000). *Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido.* Terra latina. México. pp 313-323.
- Olivares, J. (2008). *Fijación biológica de Nitrógeno.* Obtenido de <https://www2.eez.csic.es/olivares/ciencia/fijacion/>
- Ortega, S. (2003). Importancia del Cultivo de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el Estado de Baja California Sur. *Universidad autónoma agraria.* México. p 18-21.
- Paredes, M. C. 2013. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. *Facultad de Ciencias Agrarias.* Universidad Católica Argentina.
- Parsons, D. (1994). *Manuales de Educación Agropecuaria Trigo Cebada y Avena.* Jalisco - México: Trillas.
- Prsa, I., Stampar, F., Veberic, R., Vodnik, D. (2007). *Influence of nitrogen on leaf chlorophyll content and photosynthesis of "Golden Delicious" apple.* Taylor y Francis, 283-289.
- Pliego, L., Ocaña, A., & Lluch, C. (2015). Carbon Metabolism in Nodule Cytosol and Bacteroid in the Symbiosis *Rhizobium tropici* - *Phaseolus vulgaris* Var. *Africa Under Saline Conditions.* *Redalyc*, 203-205.
- Pommeresche, R y Hansen, S. (2017). *Examinando la actividad de los nódulos en raíces de leguminosas.* Obtenido de <http://www.fertilcrop.net>
- Puma, J. (24 de Agosto de 2017). *Efectos perjudiciales de los fertilizantes.* Obtenido de https://muyfitness.com/efectos-perjudiciales-de-los-fertilizantes_13108613/


- Ramírez, A., Lotero, J., Michellin, A y Alarcon, E. (1994). Evaluación de mezclas forrajeras tropicales bajo condiciones de pastoreo y corte. Centro internacional de agricultura tropical. Programa de forrajes. Colombia. pp 164.
- Rebuffo, M. (2005). Alfalfa: Principios de manejo del pastoreo. Programa Nacional de plantas forrajeras. N°5. pp 3. España
- Rojas, D. F., Garrido, M., & Bonilla, R. (2009). Estandarización de un medio de cultivo complejo para la multiplicación de la cepa C50 de *Rhizobium* sp. *Revista Corpoica*, 70-80.
- Rojas, A., Torres, N., Cancino, S., Garay, A., Peralta, M y Santillán, P. (2017). Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Scielo*. Vol 51. México.
- Rolando, C. (1977). Importancia de las leguminosas tropicales para la ganadería. *INIAP*.
- Rotondaro, R. (2016). Manejo y nutrición de la alfalfa. ACA Nutrición de Cultivos. Argentina.
- Sadeghian, S. (2003). *Efecto de la fertilización con Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio sobre las propiedades químicas de los suelos cultivados en café*. Obtenido de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/273/1/arc054%2803%29242-257.pdf>
- Sanclémente, O. (2012). Efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de composición de la hoja de caña (*Saccharum officinarum*). *Revista de investigación Agraria y ambiental*. Colombia.
- Sanclémente, M y Peña, E. (2008). Crecimiento y eficiencia fotosintética de *Ludwigia decurrens* Walter (ONAGREACEAE) bajo diferentes concentraciones de nitrógeno. *Acta Biologica Colombiana*. Vol 13, pp 175-1785.
- SAN FRANCISCO, (2021). Ficha técnica Cuf – 101. Semillas San Francisco. Mexico
- SAGRA, (sf). Ficha técnica alfalfa Cuf 101 (G9). Argentina
- Scheres, B., Van de Wiel, C., Zalensky, A., Horvath, B., Spaink, H., Van Eck, H., Bisseling, T. (1990). El producto del gen ENOD12 está involucrado en el proceso de infección durante la interacción guisante- *Rhizobium*. *PubMed*, 281-294.
- SINAGAP, (2000). Cultivo de Alfalfa. República del Ecuador, II Censo Nacional Agropecuario.
- Silva, P., S, H., G, M., y A., E. (2015). *Repositorio Universidad de Chile*. Obtenido de Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, MANUAL DE ESTUDIO Y EJERCICIOS RELACIONADOS CON EL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO Y SU USO POR LOS CULTIVOS:

- <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130642/Manual-de-estudio-y-ejercicios-relacionados-con-el-contenido-de-agua.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
- Taiz L, Zieger E. (1998). *Plant Physiology*. 3 ed. Sinauer Associates, Inc. Estados Unidos
- Tang, M. (1986). Factores que afectan a la simbiosis leguminosa- *Rhizobium*. Pastos y forrajes. Vol. 9. Cuba.
- Tang, M. (1988). Study of *Rhizobium* inoculation in tropical forage legumes in Cuba. Pastos y forrajes. Vol. 9. Cuba. Dissertation for the Candidate Science Degree. Prague, Czechoslovakia. pp. 116.
- Tang, M. (1994). Efecto de la inoculación con *Rhizobium* en el rendimiento de materia seca, contenido de nitrógeno y nodulación en *Leucaena leucocephala*. Pastos y forrajes. Vol. 17. Cuba.
- Timana, N. (2015). Efectos de la fertilización química-orgánica en el rendimiento de dos variedades de Alfalfa (*medicago sativa* L.), en la Comunidad de Calpaqui, provincia de Imbabura. Universidad técnica de Babahoyo. Ecuador.
- Tobar, J. (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. Departamento de Nutrición y Bioquímica, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Cra. 7ª No. 40-62, Bogotá, Colombia.
- Tucker, M. (2004). *Primary Nutrients and Plant Growth*. Essential Plant Nutrients (SCRIBD, Ed.). North Carolina Department of Agriculture.
- Universia. (23 de Julio de 2016). *El exceso de fertilizantes está causando graves daños al medio ambiente*. Obtenido de <http://noticias.universia.es/ciencia-ntt/noticia/2006/07/23/596819/exceso-fertilizantes-esta-causando-graves-danos-medioambiente.html>
- Vega, A. (2017). Determinación de la influencia de urea y melaza como aditivos en el ensilaje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en fundas de polietileno para la alimentación de bovinos. Universidad Técnica del Norte. Antonio Ante, 11-12.
- Vega, B; Delgado, K; Sibaja, M y Alvarado, P. (2007). *Uso alternativo de la melaza de la caña de azúcar residual para la síntesis de espuma rígida de poliuretano (ERP) de uso industrial*. Tecnología, Ciencia, Educación, vol. 22, núm., pp. 101-107.
- Vega, J. M. (1997). *Avances en el metabolismo del Nitrógeno: de la fisiología a la biología molecular*. Marbella: provenir.

- Villagrán, R. (2020). *Efecto de diferentes niveles de Nitrógeno + melaza sobre el cultivo de caña de azúcar (Saccharum Officinarum)*. Universidad Agraria del Ecuador. 40-42. Milagro, Ecuador.
- Wall, L. (1991). Early Recognition in the Rhizobium meliloti-Alfalfa Symbiosis: Root Exudate Factor Stimulates Root Adsorption of Homologous Rhizobia. *JOURNAL OF BACTERIOLOGY*, 3492.
- Zaragoza, J. et al. (2009). Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovido. Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Ganadería, México.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo de la muestra tomada en el sector de Cayambe de un cultivo de alfalfa sin fertilización.

 AGROCALIDAD <small>AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO</small>	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS <small>Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845</small>	PGT/SFA/09-FO01 Rev. 4
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E19-0482
Fecha emisión Informe: 04/04/2019

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Felipe Valladares Teléfono¹: 0999381662

Dirección¹: Lumbisí, El Limonar Correo Electrónico¹: felipevalladares666@gmail.com

Provincia¹: Pichincha Cantón¹: Quito N° Orden de Trabajo: SFA-19-CGLS-0509

N° Factura/Documento: 026-001-2942

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo ¹ : Alfalfa	
Provincia ¹ : Pichincha	X: ----
Cantón ¹ : Cayambe	Coordenadas ¹ : Y: ----
Parroquia ¹ : Cayambe	Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Felipe Valladares	
Fecha de muestreo ¹ : 18-20 de marzo de 2019	Fecha de inicio de análisis: 21-03-2019
Fecha de recepción de la muestra: 21-03-2019	Fecha de finalización de análisis: 04-04-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-19-0613	Cayambe	pH	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	6,29
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	2,70
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,14
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	6,8
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,18
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	9,02
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	2,02
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	379,6
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	13,44
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	9,30
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	3,74

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Rusbel Jaramillo

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 2. Análisis de sacarosa correspondiente a la muestra de melaza utilizada en la investigación.

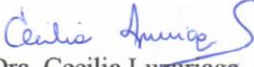
LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 194518
Hoja 1 de 1

NOMBRE DEL CLIENTE:	Ginés Felipe Valladares Granda
DIRECCIÓN:	El Limonar, Lumbisí
FECHA DE RECEPCIÓN:	11 de junio del 2019
MUESTRA:	Melaza
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Viscoso color café oscuro
FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA:	11 de junio del 2019
FECHA DE VENCIMIENTO:	---
LOTE:	1
ENVASE:	Botella de vidrio
TOMA DE MUESTRA:	Por cliente
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	11 – 17 de junio del 2019
FECHA DE EMISION DEL ANNALISIS:	17 de junio del 2019
CONDICIONES AMBIENTALES:	24.3°C 52% HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	METODO	RESULTADO
Azúcares totales (%):	HPLC	49.03
Fructosa (%)	HPLC	4.05
Glucosa (%)	HPLC	3.71
Sacarosa (%)	HPLC	41.27
Lactosa (%)	HPLC	0.00


Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

LABOLAB

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de análisis de alimentos, aguas y afines.

Anexo 3. Tablas de medias y errores estándar de altura de la planta.

CORTE Medias E.E.

4	57.68	1.19	A		
3	54.50	1.19		B	
1	51.14	1.19			C
2	44.74	1.19			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

CORTE	Variable	n	Media	E.E.
1.00	Altura	72	51.14	1.20
2.00	Altura	72	44.74	1.11
3.00	Altura	72	54.50	0.94
4.00	Altura	72	57.68	1.09

Tratamiento Medias E.E.

5	56.54	1.41	A		
4	53.23	1.41	A	B	
3	52.33	1.41		B	
2	51.27	1.41		B	C
6	50.52	1.41		B	C
1	48.19	1.41			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Variable	n	Media	E.E.
1.00	Altura	48	48.19	1.46
2.00	Altura	48	51.27	1.25
3.00	Altura	48	52.33	1.41
4.00	Altura	48	53.23	1.43
5.00	Altura	48	56.54	1.86
6.00	Altura	48	50.52	1.29

Anexo 4. Tablas de medias y errores estándar de concentración de clorofila.

CORTE	Tratamiento	Medias	E.E.								
1	6	624.37	50.17	A							
2	6	564.76	36.03	A	B						
4	4	529.63	33.01	A	B	C					
2	2	516.16	36.03	A	B	C	D				
4	5	495.20	33.01		B	C	D	E			
2	1	489.27	36.03		B	C	D	E			
2	3	486.06	36.03		B	C	D	E	F		
4	6	483.87	33.01		B	C	D	E	F		
4	3	483.04	33.01		B	C	D	E	F		
1	3	474.28	50.17		B	C	D	E	F	G	
1	1	436.01	50.17			C	D	E	F	G	H
2	5	431.30	36.03				D	E	F	G	H
4	1	428.64	33.01				D	E	F	G	H
4	2	407.28	33.01				D	E	F	G	H
1	2	402.17	50.17				D	E	F	G	H
1	5	401.90	50.17				D	E	F	G	H
2	4	401.03	36.03					E	F	G	H
3	5	380.38	16.87						F	G	H
1	4	364.83	50.17						F	G	H
3	4	354.18	16.87								I
3	6	346.40	16.87								I
3	3	341.92	16.87								I
3	2	338.63	16.87								I
3	1	293.92	16.87								I

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

CORTE	Tratamiento	Variable	n	Media	E.E.
1.00	1.00	clorofila	12	436.01	36.35
1.00	2.00	clorofila	12	402.17	38.39
1.00	3.00	clorofila	12	474.28	56.30
1.00	4.00	clorofila	12	364.83	46.80
1.00	5.00	clorofila	12	401.90	47.80
1.00	6.00	clorofila	12	624.37	68.29
2.00	1.00	clorofila	12	489.27	24.29
2.00	2.00	clorofila	12	516.16	27.05
2.00	3.00	clorofila	12	486.06	39.15
2.00	4.00	clorofila	12	401.03	47.70
2.00	5.00	clorofila	12	431.30	22.12
2.00	6.00	clorofila	12	564.76	46.60
3.00	1.00	clorofila	12	293.92	23.84
3.00	2.00	clorofila	12	338.63	18.29
3.00	3.00	clorofila	12	341.92	15.53
3.00	4.00	clorofila	12	354.18	12.36
3.00	5.00	clorofila	12	380.38	13.43
3.00	6.00	clorofila	12	346.40	15.16
4.00	1.00	clorofila	12	428.64	38.92
4.00	2.00	clorofila	12	407.28	40.23
4.00	3.00	clorofila	12	483.04	31.79
4.00	4.00	clorofila	12	529.63	30.10
4.00	5.00	clorofila	12	495.20	27.77
4.00	6.00	clorofila	12	483.87	26.74

Anexo 5. Tablas de medias y errores estándar de área foliar.

CORTE	Medias	E.E.	
4	1354.07	43.79	A
3	960.11	30.68	B
2	600.92	23.97	C
1	397.92	13.19	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

CORTE	Variable	n	Media	E.E.
1.00	Área foliar	72	397.92	13.26
2.00	Área foliar	72	600.92	25.60
3.00	Área foliar	72	960.11	29.68
4.00	Área foliar	72	1354.07	44.20

Anexo 6. Tablas de medias y errores estándar de número de macollos.

CORTE	Tratamiento	Medias	E.E.						
4	3	21.67	1.51	A					
4	2	21.42	1.51	A					
4	1	19.67	1.51	A					
4	6	18.17	1.51	A					
4	5	17.83	1.51	A					
4	4	17.67	1.51	A					
3	1	13.58	1.00		B				
3	3	12.25	1.00		B				
3	5	11.92	1.00		B	C			
3	4	11.75	1.00		B	C			
3	2	11.17	1.00		B	C			
3	6	9.42	1.00			C	D		
2	2	8.17	0.51				D		
2	1	6.58	0.51					E	
2	3	6.50	0.51					E	
2	5	5.50	0.51					E	F
2	6	5.17	0.51					E	F
2	4	4.92	0.51						F
1	4	4.83	0.25						F
1	6	4.75	0.25						F
1	2	4.75	0.25						F
1	5	4.50	0.25						F
1	3	4.42	0.25						F
1	1	4.17	0.25						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 7. Tablas de medias y errores estándar de número de nódulos.

CORTE	Medias	E.E.	
4	40.97	1.90	A
3	38.26	1.90	A
2	29.43	1.90	B
1	27.78	1.90	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

CORTE	Variable	Media	E.E.
1.00	nódulos	27.78	2.20
2.00	nódulos	29.43	2.10
3.00	nódulos	38.26	2.38
4.00	nódulos	40.97	3.03

Anexo 8. Tablas de medias y errores estándar de MS de nódulos.

CORTE	Tratamiento	Medias E.E.																		
4	5	1.45	0.15	A																
3	5	1.15	0.15	A	B															
3	3	1.13	0.14	A	B															
4	3	0.97	0.14		B	C														
3	4	0.85	0.11		B	C	D													
4	2	0.84	0.09		B	C	D													
4	4	0.82	0.11		B	C	D	E												
2	5	0.81	0.15		B	C	D	E												
3	2	0.75	0.09			C	D	E												
2	2	0.73	0.09			C	D	E												
4	1	0.69	0.08				C	D	E											
3	1	0.62	0.08					D	E	F										
1	5	0.55	0.15					D	E	F	G									
2	4	0.54	0.11						E	F	G									
2	1	0.39	0.08							F	G	H								
1	4	0.38	0.11							F	G	H								
1	2	0.36	0.09							F	G	H								
2	3	0.34	0.14							F	G	H	I							
1	3	0.27	0.14								G	H	I	J						
1	1	0.26	0.08								G	H	I	J						
3	6	0.14	0.03										I	J						
4	6	0.12	0.03											I	J					
2	6	0.04	0.03												J					
1	6	0.00	0.03													J				

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 9. Tablas de medias y errores estándar de MS de hojas.

CORTE	Tratamiento	Medias E.E.																			
4	5	7.50	0.48	A																	
4	3	7.42	0.48	A	B																
4	4	7.25	0.48	A	B																
4	6	6.83	0.48	A	B	C															
4	2	6.25	0.48	A	B	C	D														
4	1	6.17	0.48		B	C	D														
3	5	5.83	0.52			C	D	E													
3	3	5.58	0.52			C	D	E													
3	2	5.25	0.52				D	E													
3	4	5.17	0.52				D	E													
3	6	4.50	0.52					E	F												
3	1	4.50	0.52					E	F												
2	2	3.42	0.29						F	G											
1	6	3.17	0.22							F	G	H									
2	1	2.75	0.29								G	H	I								
1	1	2.58	0.22									H	I								
1	2	2.58	0.22									H	I								
1	5	2.42	0.22										H	I	J						
2	6	2.33	0.29										I	J							
1	4	2.25	0.22										I	J							
1	3	2.25	0.22										I	J							
2	3	1.75	0.29											I	J	K					
2	5	1.75	0.29												J	K					
2	4	1.25	0.29													K					

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

CORTE	Tratamiento	Variable	Media	E.E.
1.00	1.00	Msecahojas	2.58	0.26
1.00	2.00	Msecahojas	2.58	0.23
1.00	3.00	Msecahojas	2.25	0.28
1.00	4.00	Msecahojas	2.25	0.18
1.00	5.00	Msecahojas	2.42	0.15
1.00	6.00	Msecahojas	3.17	0.21
2.00	1.00	Msecahojas	2.75	0.33
2.00	2.00	Msecahojas	3.42	0.31
2.00	3.00	Msecahojas	1.75	0.25
2.00	4.00	Msecahojas	1.25	0.13
2.00	5.00	Msecahojas	1.75	0.18
2.00	6.00	Msecahojas	2.33	0.43
3.00	1.00	Msecahojas	4.50	0.45
3.00	2.00	Msecahojas	5.25	0.37
3.00	3.00	Msecahojas	5.58	0.42
3.00	4.00	Msecahojas	5.17	0.60
3.00	5.00	Msecahojas	5.83	0.72
3.00	6.00	Msecahojas	4.50	0.50
4.00	1.00	Msecahojas	6.17	0.41
4.00	2.00	Msecahojas	6.25	0.54
4.00	3.00	Msecahojas	7.42	0.42
4.00	4.00	Msecahojas	7.25	0.52
4.00	5.00	Msecahojas	7.50	0.40
4.00	6.00	Msecahojas	6.83	0.55

Anexo 10. Tablas de medias y errores estándar de MS de tallos.

CORTE	Tratamiento	Medias	E.E.						
4	2	20.67	1.17	A					
4	3	17.50	1.17	A	B				
4	1	17.00	1.17		B				
4	4	16.08	1.17		B				
4	6	15.58	1.17		B				
4	5	15.00	1.17		B	C			
3	5	12.50	0.94			C	D		
3	2	11.08	0.94				D		
3	4	10.92	0.94				D		
3	6	10.17	0.94				D		
3	1	10.08	0.94				D		
3	3	9.92	0.94				D		
2	2	5.83	0.37					E	
2	1	4.75	0.37						F
2	6	4.67	0.37						F
2	4	4.58	0.37						F
2	3	4.58	0.37						F
2	5	3.92	0.37						F
1	4	3.58	0.28						G
									G

1	6	3.58	0.28	G
1	5	3.42	0.28	G
1	2	3.42	0.28	G
1	1	3.33	0.28	G
1	3	3.17	0.28	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

<u>CORTE</u>	<u>Tratamiento</u>	<u>Variable</u>	<u>Media</u>	<u>E.E.</u>
1.00	1.00	Ms tallo	3.33	0.33
1.00	2.00	Ms tallo	3.42	0.29
1.00	3.00	Ms tallo	3.17	0.30
1.00	4.00	Ms tallo	3.58	0.23
1.00	5.00	Ms tallo	3.42	0.26
1.00	6.00	Ms tallo	3.58	0.29
2.00	1.00	Ms tallo	4.75	0.25
2.00	2.00	Ms tallo	5.83	0.32
2.00	3.00	Ms tallo	4.58	0.38
2.00	4.00	Ms tallo	4.58	0.34
2.00	5.00	Ms tallo	3.92	0.43
2.00	6.00	Ms tallo	4.67	0.47
3.00	1.00	Ms tallo	10.08	0.51
3.00	2.00	Ms tallo	11.08	0.95
3.00	3.00	Ms tallo	9.92	1.11
3.00	4.00	Ms tallo	10.92	0.72
3.00	5.00	Ms tallo	12.50	1.22
3.00	6.00	Ms tallo	10.17	0.93
4.00	1.00	Ms tallo	17.00	0.99
4.00	2.00	Ms tallo	20.67	1.71
4.00	3.00	Ms tallo	17.50	0.68
4.00	4.00	Ms tallo	16.08	1.10
4.00	5.00	Ms tallo	15.00	0.69
4.00	6.00	Ms tallo	15.58	1.48

Anexo 11. Tablas de medias y errores estándar de MS de la raíz.

<u>CORTE</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>	
4	24.65	0.70	A
3	20.72	0.71	B
2	10.68	0.34	C
1	4.90	0.27	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

<u>CORTE</u>	<u>Variable</u>	<u>Media</u>	<u>E.E.</u>
1.00	Msecaraiz	4.90	0.23
2.00	Msecaraiz	10.68	0.29
3.00	Msecaraiz	20.72	0.70
4.00	Msecaraiz	24.65	0.73

Anexo 12. Tablas de medias y errores estándar de MS de la parte aérea de la planta.

CORTE	Tratamiento	Medias	E.E.							
4	2	26.92	1.47	A						
4	3	24.92	1.47	A	B					
4	4	23.33	1.47	A	B					
4	1	23.17	1.47	A	B					
4	5	22.50	1.47		B					
4	6	22.42	1.47		B					
3	5	18.33	1.14			C				
3	2	16.33	1.14			C	D			
3	4	16.08	1.14			C	D			
3	3	15.50	1.14			C	D			
3	6	14.67	1.14				D			
3	1	14.58	1.14				D			
2	2	9.25	0.55					E		
2	1	7.50	0.55						F	
2	6	7.00	0.55						F	G
1	6	6.75	0.41						F	G
2	3	6.33	0.55						F	G
1	2	6.00	0.41							G
1	1	5.92	0.41							G
2	4	5.83	0.55							G
1	4	5.83	0.41							G
1	5	5.83	0.41							G
2	5	5.67	0.55							G
1	3	5.42	0.41							G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

CORTE	Tratamiento	Variable	Media	E.E.
1.00	1.00	msaerea	5.92	0.53
1.00	2.00	msaerea	6.00	0.35
1.00	3.00	msaerea	5.42	0.50
1.00	4.00	msaerea	5.83	0.30
1.00	5.00	msaerea	5.83	0.34
1.00	6.00	msaerea	6.75	0.37
2.00	1.00	msaerea	7.50	0.48
2.00	2.00	msaerea	9.25	0.45
2.00	3.00	msaerea	6.33	0.56
2.00	4.00	msaerea	5.83	0.37
2.00	5.00	msaerea	5.67	0.51
2.00	6.00	msaerea	7.00	0.83
3.00	1.00	msaerea	14.58	0.90
3.00	2.00	msaerea	16.33	1.00
3.00	3.00	msaerea	15.50	1.28
3.00	4.00	msaerea	16.08	1.10
3.00	5.00	msaerea	18.33	1.20
3.00	6.00	msaerea	14.67	1.29
4.00	1.00	msaerea	23.17	1.14
4.00	2.00	msaerea	26.92	2.14
4.00	3.00	msaerea	24.92	0.99
4.00	4.00	msaerea	23.33	1.34
4.00	5.00	msaerea	22.50	0.87
4.00	6.00	msaerea	22.42	1.88

Anexo 13. Tablas de medias y errores estándar de MS Total.

<u>CORTE</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>			
4	49.34	1.11	A		
3	37.41	1.06		B	
2	18.08	0.43			C
1	11.16	0.36			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

<u>CORTE</u>	<u>Variable</u>	<u>Media</u>	<u>E.E.</u>
1.00	mstotal	11.16	0.35
2.00	mstotal	18.08	0.44
3.00	mstotal	37.41	1.04
4.00	mstotal	49.34	1.17

Anexo 13. Análisis de sustrato final de las unidades experimentales.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-E20-0235
 Fecha emisión Informe: 13/02/2020

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Felipe Valladares

Teléfono¹: 0999381662

Dirección¹: Lumbisí – El Limonar

Correo Electrónico¹:

felipevalladares660@gmail.com

Provincia¹: Pichincha

Cantón¹: Quito

N° Orden de Trabajo: SFA-20-CGLS-0194

N° Factura/Documento: 026-001-6042

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo ¹ : Alfalfa	
Provincia ¹ : Pichincha	X: ----
Cantón ¹ : Cayambe	Coordenadas ¹ : Y: ----
Parroquia ¹ : Cayambe	Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Felipe Valladares	
Fecha de muestreo ¹ : 28-01-2020	Fecha de inicio de análisis: 30-01-2020
Fecha de recepción de la muestra: 30-01-2020	Fecha de finalización de análisis: 13-02-2020

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-0257	B1 M3	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,09
SFA-20-0258	B1 M2	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,09
SFA-20-0259	B1 M1	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,09

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Observaciones:

- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA			
PARÁMETRO	BAJO	MEDIO	ALTO
N (%)	<0,15	0,15 - 0,30	>0,30

FUENTE: INIAP. EESC. 2002



Q. A. Luis Cacuango
 Responsable de Laboratorio
 Suelos, Foliare y Aguas



**LABORATORIO DE SUELOS,
 FOLIARES Y AGUAS**
 TUMBACO - ECUADOR

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS

Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 023828860 Ext. 2080

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 5

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-E20-0075
Fecha emisión Informe: 31/01/2020

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Felipe Valladares

Teléfono¹: 0999381662

Dirección¹: Lumbisí – El Limonar

Correo Electrónico¹:

felipevalladares660@gmail.com

Provincia¹: Pichincha

Cantón¹: Quito

N° Orden de Trabajo: SFA-20-CGLS-0101

N° Factura/Documento: 026-001-5954

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Alfalfa		
Provincia ¹ : Pichincha	Coordenadas ¹ :	X: ----
Cantón ¹ : Cayambe		Y: ----
Parroquia ¹ : Cayambe		Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Felipe Valladares		
Fecha de muestreo ¹ : 15-01-2020	Fecha de inicio de análisis: 17-01-2020	
Fecha de recepción de la muestra: 17-01-2020	Fecha de finalización de análisis: 31-01-2020	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-0091	B1 M4	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,10
SFA-20-0092	B1 M5	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,10
SFA-20-0093	B1 M6	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,10

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Observaciones:

- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA

PARÁMETRO	BAJO	MEDIO	ALTO
N (%)	<0,15	0,15 - 0,30	>0,30

FUENTE: INIAP. EESC. 2002

Q. A. Luis Cacuango
Responsable de Laboratorio
Suelos, Foliar y Aguas

AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO
**LABORATORIO DE SUELOS,
FOLIARES Y AGUAS
TUMBACO - ECUADOR**

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO

LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS
Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 023828860 Ext. 2080

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 5

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-E20-0076
Fecha emisión Informe: 31/01/2020

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Felipe Valladares

Teléfono¹: 0999381662

Dirección¹: Lumbisí – El Limonar

Correo Electrónico¹:

felipevalladares660@gmail.com

Provincia¹: Pichincha

Cantón¹: Quito

N° Orden de Trabajo: SFA-20-CGLS-0101

N° Factura/Documento: 026-001-5954

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Alfalfa		
Provincia ¹ : Pichincha	Coordenadas ¹ :	X: ----
Cantón ¹ : Cayambe		Y: ----
Parroquia ¹ : Cayambe		Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Felipe Valladares		
Fecha de muestreo ¹ : 15-01-2020	Fecha de inicio de análisis: 17-01-2020	
Fecha de recepción de la muestra: 17-01-2020	Fecha de finalización de análisis: 31-01-2020	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-0094	B2 M2	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,11
SFA-20-0095	B2 M3	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,10
SFA-20-0096	B2 M4	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,11

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Observaciones:

- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA

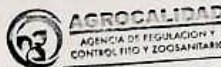
PARÁMETRO	BAJO	MEDIO	ALTO
N (%)	<0,15	0,15 - 0,30	>0,30

FUENTE: INIAP. EESC. 2002

Q. A. Luis Cacuango

Responsable de Laboratorio

Suelos, Foliare y Aguas



**LABORATORIO DE SUELOS,
FOLIARES Y AGUAS**
TUMBACO - ECUADOR

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01 Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-E20-0236
 Fecha emisión Informe: 13/02/2020

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Felipe Valladares

Dirección¹: Lumbisí – El Limonar

Provincia¹: Pichincha

Cantón¹: Quito

Teléfono¹: 0999381662

Correo Electrónico¹:

felipevalladares660@gmail.com

N° Orden de Trabajo: SFA-20-CGLS-0194

N° Factura/Documento: 026-001-6042

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Alfalfa		
Provincia ¹ : Pichincha	Coordenadas ¹ :	X: ----
Cantón ¹ : Cayambe		Y: ----
Parroquia ¹ : Cayambe		Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Felipe Valladares		
Fecha de muestreo ¹ : 28-01-2020	Fecha de inicio de análisis: 30-01-2020	
Fecha de recepción de la muestra: 30-01-2020	Fecha de finalización de análisis: 13-02-2020	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-0260	B2 M6	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,09
SFA-20-0261	B2 M5	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,09
SFA-20-0262	B2 M1	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,08

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Observaciones:

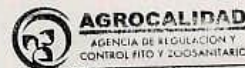
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

PARÁMETRO	BAJO	MEDIO	ALTO
N (%)	<0,15	0,15 - 0,30	>0,30

FUENTE: INIAP, EESC. 2002



Q. A. Luis Cacuango
 Responsable de Laboratorio
 Suelos, Foliare y Aguas



**LABORATORIO DE SUELOS,
 FOLIARES Y AGUAS**
 TUMBACO - ECUADOR

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.



AGROCALIDAD
AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSSANITARIO

LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS

Vía Interoceánica Km. 14% y Eloy Alfaro, Granja del
MAGAP, Tumbaco - Quito
Teléf.: 023828860 Ext. 2080

PGT/SFA/09-FO01

Rev. 5

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO

Hoja 1 de 1

Informe N°: SA-SFA-026-0267
Fecha emisión informe: 13/02/2020

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Felipe Valladares

Dirección¹: Lumbisí – El Limonar

Provincia¹: Pichincha

Cantón¹: Quito

Teléfono¹: 0999381662

Correo Electrónico¹:
felipevalladares660@gmail.com

N° Orden de Trabajo: SFA-20-CGLS-0194

N° Factura/Documento: 026-001-6042

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco

Cultivo¹: Alfalfa

Provincia¹: Pichincha

X: ----

Cantón¹: Cayambe

Coordenadas¹: Y: ----

Parroquia¹: Cayambe

Altitud: ----

Muestreado por¹: Felipe Valladares

Fecha de muestreo¹: 28-01-2020

Fecha de inicio de análisis: 30-01-2020

Fecha de recepción de la muestra: 30-01-2020

Fecha de finalización de análisis: 13-02-2020

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-0263	B3 M1	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/S9	%	0,08
SFA-20-0264	B3 M2	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/S9	%	0,08
SFA-20-0265	B3 M3	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/S9	%	0,09

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Observaciones:

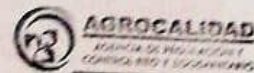
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA

PARÁMETRO	BAJO	MEDIO	ALTO
N ppm	<0,15	0,15 - 0,30	>0,30

FUENTE: INIAP, EESC, 2002

Q. A. Luis Cacuango
Responsable de Laboratorio
Suelos, Foliarés y Aguas



**LABORATORIO DE SUELOS,
FOLIARES Y AGUAS**
TUMBACO - ECUADOR

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 1

Informe N°: LN-SFA-E20-0077
 Fecha emisión Informe: 31/01/2020

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Felipe Valladares

Teléfono¹: 0999381662

Dirección¹: Lumbisí – El Limonar

Correo Electrónico¹:

felipevalladares660@gmail.com

Provincia¹: Pichincha

Cantón¹: Quito

N° Orden de Trabajo: SFA-20-CGLS-0101

N° Factura/Documento: 026-001-5954

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Alfalfa		
Provincia ¹ : Pichincha	Coordenadas ¹ :	X: ----
Cantón ¹ : Cayambe		Y: ----
Parroquia ¹ : Cayambe		Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Felipe Valladares		
Fecha de muestreo ¹ : 15-01-2020	Fecha de inicio de análisis: 17-01-2020	
Fecha de recepción de la muestra: 17-01-2020	Fecha de finalización de análisis: 31-01-2020	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-0097	B3 M4	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,09
SFA-20-0098	B3 M5	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,10
SFA-20-0099	B3 M6	Nitrógeno	Dumas PEE/SFA/59	%	0,10


Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás


Observaciones:

- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA			
PARÁMETRO	BAJO	MEDIO	ALTO
N (%)	<0,15	0,15 - 0,30	>0,30

FUENTE: INIAP. EESC. 2002


Q. A. Luis Cacuango
 Responsable de Laboratorio
 Suelos, Foliars y Aguas


AGROCALIDAD
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO
LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS
 TUMBACO - ECUADOR

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.