



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

“EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE VINAZA APLICADOS
BASALMENTE EN LA PRODUCCIÓN FORRAJERA DEL *Medicago*
sativa (ALFALFA)”

TESIS DE GRADO
Previa la obtención del título de:
INGENIERA ZOOTECNISTA

AUTOR:
ANA BELÉN LÓPEZ PILCO

Riobamba – Ecuador
2011

Esta Tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal

Ing. M.C. José Herminio Jiménez Anchatuña.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Luis Rafael Fiallos Ortega Ph D.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. M.C. Wilson Vitaliano Oñate Viteri.

ASESOR DE TESIS

Riobamba, 31 de Mayo de 2011

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser el mentor de mis sueños y haber hecho posible el llegar a cumplir una meta más de mi vida, por siempre estar a mi lado y nunca dejarme sola, por fortalecerme en los malos momentos y llevarme a seguir luchando por alcanzar mis sueños.

A mi familia por poner en mí, valores de perseverancia, por su apoyo incondicional en todas las decisiones durante este periodo y por creer en mí incondicionalmente.

Al Dr. Luis Fiallos Ph D. Director de ésta investigación, por su acertada y desinteresada dirección y a mi asesor de tesis Ing. Wilson Oñate, por sus apreciaciones científicas. A todos y a cada uno de mis maestros que a diario durante el transcurso de mi vida universitaria supieron enriquecer mis conocimientos.

Y a la Escuela de Ingeniería Zootécnica, Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo que me ha dado la oportunidad de realizarme como profesional.

DEDICATORIA

A mis padres Francisco y Lolita por haber depositado en mí su confianza y apoyo.

A mis hermanos Eugenia y Denys por su aliento y apoyo moral.

Y a todos quienes de una u otra manera apoyaron mi vida universitaria y me proporcionaron su ayuda incondicional.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Anexos	ix
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>	3
A. ALFALFA (<i>Medicago sativa</i>)	3
1. <u>Definición e importancia</u>	3
2. <u>Origen</u>	3
3. <u>Clasificación científica</u>	4
4. <u>Morfofisiología</u>	5
5. <u>Requerimientos edafoclimáticos</u>	6
a. Tipo de suelos	6
b. Radiación solar	6
c. Temperatura	6
d. pH	7
e. Salinidad	7
f. Necesidades de agua	7
6. <u>Particularidades del cultivo</u>	8
a. Preparación del terreno	8
b. Siembra	9
c. Cama de siembra	9
d. Época de siembra	9
e. Dosis de siembra	9
f. Profundidad de siembra	10
g. Densidad	10
h. Riego	10
i. Control de malas hierbas	11
7. <u>Corte o pastoreo</u>	11
a. Frecuencia del corte	12
b. Altura de corte	12

8.	<u>Producción de forraje</u>	13
9.	<u>Valor nutritivo de la alfalfa</u>	13
10.	<u>Calidad de forraje</u>	13
B.	REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS DE LA ALFALFA	14
1.	<u>Nitrógeno</u>	15
2.	<u>Fósforo</u>	16
3.	<u>Potasio</u>	17
4.	<u>Calcio</u>	18
5.	<u>Zinc</u>	18
6.	<u>Azufre</u>	19
7.	<u>Boro</u>	19
8.	<u>Molibdeno</u>	20
9.	<u>Cobalto</u>	20
10.	<u>Manganeso y hierro</u>	21
11.	<u>Magnesio</u>	21
12.	<u>Cobre</u>	21
13.	<u>Sintomatología visual de deficiencia de N, P, K y Mg</u>	22
C.	ABONO ORGÁNICO	22
1.	<u>Definición</u>	22
2.	<u>Ventajas y desventajas del abono orgánico</u>	23
3.	<u>Importancia de los abonos orgánicos</u>	23
D.	VINAZA	24
1.	<u>Definición y generalidades</u>	24
2.	<u>Características físicas</u>	25
3.	<u>Propiedades químicas</u>	25
4.	<u>Composición química de la vinaza</u>	26
5.	<u>Efectos de la vinaza</u>	27
a.	Efecto acidificador del suelo	28
b.	Efecto salino	28
c.	Efecto sobre la materia orgánica	28
d.	Enriquecimiento potásico y magnésico	29
e.	Efecto sobre el aluminio y el sodio en el suelo	29
6.	<u>Importancia del uso de la vinaza como fertilizante</u>	29
7.	<u>Dosis a aplicarse</u>	30

8.	<u>Desventaja de la vinaza</u>	31
E.	ESTUDIOS REALIZADOS CON VINAZA	32
1.	<u>Investigaciones del efecto de la vinaza en el suelo</u>	32
2.	<u>Efecto de la vinaza en la caña de azúcar</u>	33
3.	<u>Empleo de la vinaza en forrajes</u>	35
F.	ESTUDIOS REALIZADOS EN LA ALFALFA CON DIFERENTES TIPOS DE FERTILIZACIÓN	36
III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	39
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	39
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	40
C.	MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES	40
D.	TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	40
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	42
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	42
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	43
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	44
1.	<u>Altura de la planta</u>	44
2.	<u>Número de tallos por planta</u>	44
3.	<u>Cobertura basal</u>	44
4.	<u>Cobertura aérea</u>	44
5.	<u>Producción de forraje verde y materia seca</u>	44
6.	<u>Análisis bromatológico</u>	45
7.	<u>Composición química del suelo antes y después del ensayo</u>	45
8.	<u>Análisis Beneficio/Costo</u>	46
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	47
A.	COMPORTAMIENTO AGROBOTÁNICO DE LA ALFALFA	47
1.	<u>Altura de la planta, cm</u>	47
2.	<u>Tallos por planta, N°</u>	50
3.	<u>Cobertura basal, %</u>	52
4.	<u>Cobertura aérea, %</u>	55
B.	PRODUCCIÓN DE FORRAJE	57
1.	<u>Materia verde por corte, tn/ha/corte</u>	57
2.	<u>Materia verde por año, tn/ha/año</u>	59
3.	<u>Materia seca, tn/ha/año</u>	61

C. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL FORRAJE DE ALFALFA	61
1. <u>Contenido de materia seca, %</u>	63
2. <u>Contenido de proteína, %</u>	65
3. <u>Contenido de fibra, %</u>	65
4. <u>Contenido de grasa</u>	68
5. <u>Contenido de cenizas, %</u>	70
D. CALIDAD DEL SUELO AL FINAL DE LA EVALUACIÓN	70
1. <u>pH</u>	70
2. <u>Materia orgánica, %</u>	72
3. <u>NH₄, ppm</u>	73
4. <u>P₂O₅, ppm</u>	73
5. <u>K₂O, Meq/100 g</u>	74
E. ANÁLISIS ECONÓMICO	74
V. <u>CONCLUSIONES</u>	76
VI. <u>RECOMENDACIONES</u>	77
VII. <u>LITERATURA CITADA</u>	78
ANEXOS	84

RESUMEN

En la Estación Experimental Tunshi, perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se evaluó el comportamiento productivo de la alfalfa durante la etapa de prefloración, por efecto de tres niveles de vinaza (4000, 5000, 6000 lt/ha), aplicados en forma basal, y se comparó con un tratamiento control (sin aplicación de vinaza), utilizándose 12 parcelas experimentales de 20 m², distribuidas bajo un DBCA. Los resultados experimentales se sometieron a análisis de varianza y separación de medias con la prueba de Tukey. Determinándose que la aplicación de 4000 lt/ha vinaza mejoró estadísticamente el comportamiento botánico de la alfalfa, ya que presentaron alturas de planta de 69.02 cm, 30.94 tallos/planta y 29.37% de cobertura aérea; en tanto, los parámetros productivos no fueron diferentes estadísticamente, sin embargo numéricamente con aplicación de 5000 lt/ha se obtuvieron mayores respuestas con 74.65 y 17.57 tn/ha/año de forraje verde y materia seca, respectivamente. La aplicación de vinaza no afectó estadísticamente la composición química del forraje, presentando entre 23.25 y 23.90 % de materia seca %, 17.24 a 18.10 % de proteína, entre 5.20 y 5.70 % de fibra y de 2.33 a 2.40 % de cenizas. En las características físico-químicas del suelo, la aplicación de vinaza, tiende a neutralizar el pH del suelo (7.0 a 7.2), reduce el contenido de materia orgánica, pero incrementa el contenido de NH₄ y P₂O₅; en tanto que la utilización de la vinaza reduce la rentabilidad económica, por lo que se recomienda evaluar el empleo de la vinaza, midiendo su efecto en varios cortes posteriores a su aplicación.

ABSTRACT

At the Experimental Station Tunshi, belonging to the Chimborazo Higher Education Polytechnic School, the productive behavior of alfalfa was evaluated during the pre-flourishing stage with the use of three poor thin wine levels (4000, 5000 and 6000 l/ha) applied basally, compared to a control treatment (without the poor thin wine application), using 12 experimental plots of 20 m², distributed under an DBCA. The experimental results were subjected to variance analysis and mean separation with the Tukey's test. It was determined that the application of 4000 l/ha statistically improved the botanical alfalfa behavior as there were plant heights of 69.02 cm, 30.94 stems/plant and 29.37% aerial coverage, while the productive parameters were not statistically different, however, numerically, with the application of 5000 l/ha higher responses were obtained with 74.65 and 17.57 t/ha/year green forage and dry matter respectively. The poor thin wine application did not affect statistically the forage chemical composition presenting from 23.25 and 23.90% dry matter 17.24 to 18.10% protein, 5.20 to 5.70% fiber and from 2.33 to 2.40% ash. In the physical and chemical soil characteristics the poor thin wine application tends to neutralize the soil pH (7.0 to 7.2), reduces the organic matter content but increases NH₄ and P₂O₅ content, while the poor thin wine use reduces the economic profitability; this is why it is recommended to evaluate the poor thin wine use measuring its effect on various cuttings after its application.

LISTA DE CUADROS

Nº		Pág.
1.	COMPOSICIÓN DE LA MATERIA SECA DE HOJAS Y TALLOS DE LA ALFALFA DE ACUERDO A VARIAS INVESTIGACIONES.	14
2.	ESTADOS FISIOLÓGICOS Y CALIDAD FORRAJERA.	14
3.	REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA ALFALFA.	16
4.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA VINAZA SEGÚN PROCEDA DE JUGO, MELAZA O LA MEZCLA DE AMBOS.	27
5.	DOSIS RECOMENDADAS DE VINAZA SEGÚN EL CONTENIDO DE K DISPONIBLE EN EL SUELO.	31
6.	EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA AÉREA DE LA ALFALFA (%) SEGÚN EL DISEÑO DE SIEMBRA.	37
7.	CONDICIONES METEREOLÓGICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI DE LA ESPOCH.	39
8.	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.	39
9.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO POR CORTE.	41
10.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FERTILIZANTE VINAZA.	42
11.	ESQUEMA DEL ADEVA.	43
12.	COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LA ALFALFA (<i>Medicago sativa</i>), POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE VINAZA EN FORMA BASAL (EVALUADOS EN DOS CORTES CONSECUTIVOS).	48
13.	COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL FORRAJE DE ALFALFA (<i>Medicago sativa</i>), POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE VINAZA EN FORMA BASAL.	63
14.	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO DE LOS PASTIZALES DE ALFALFA DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI, ANTES Y DESPUES DE LA FERTILIZACIÓN CON VINAZA.	72
15.	ANÁLISIS ECONÓMICO (DÓLARES), DE LA PRODUCCIÓN ANUAL DE FORRAJE DEL <i>Medicago sativa</i> (ALFALFA), POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN BASAL CON VINAZA.	75

LISTA DE GRÁFICOS

Nº		Pág.
1.	Comportamiento de la altura de la planta (cm), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.	49
2.	Comportamiento del número de tallos/planta (Nº), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.	51
3.	Comportamiento de la cobertura basal (%), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.	54
4.	Comportamiento de la cobertura aérea (%), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.	56
5.	Producción de forraje verde por corte (tn/ha/corte), de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.	58
6.	Producción de forraje verde por año (tn/ha/año), de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.	60
7.	Producción de forraje en materia seca por año (tn/ha/año), de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.	62
8.	Contenido de humedad (%) en el forraje de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal.	64
9.	Contenido de materia seca (%) en el forraje de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal.	66

10. Contenido de materia seca (%) en el forraje de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal. 67
11. Contenido de materia seca (%) en el forraje de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal. 69
- 12.** Contenido de materia seca (%) en el forraje de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal. 71

LISTA DE ANEXOS

Nº

1. Resultados experimentales del comportamiento del pasto *Medicago sativa* (Alfalfa), por efecto de la fertilización con de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.
2. Análisis estadístico de la altura de planta (cm), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.
3. Análisis estadístico del número de tallos por planta (Nº), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.
4. Análisis estadístico de la cobertura aérea (%), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.
5. Análisis estadístico de la cobertura basal (%), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.
6. Análisis estadístico de la producción de forraje verde por corte (tn/ha/corte), de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación (valores ajustados por medio de raíz cuadrada).
7. Análisis estadístico de la producción de forraje verde por año (tn/ha/año), de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal (valores ajustados por medio de raíz cuadrada).
8. Análisis estadístico de la producción forraje en materia seca (tn/ha/año), de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal (valores ajustados por medio de raíz cuadrada).
9. Reporte de los resultados del Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LAB-CESTTA, de la Facultad de Ciencias, de la ESPOCH. de la composición química de la vinaza y del análisis proximal del forraje de la alfalfa por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal
10. Reportes de los resultados del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH, del análisis físico - químico del suelo antes y al final del estudio.

I. INTRODUCCIÓN

La fertilidad de un terreno depende básicamente del empleo adecuado de fertilizantes y del manejo del cultivo. La baja fertilidad de los suelos es el factor limitante de mayor importancia en la productividad de los pastos, para solucionar esta problemática la alternativa más usada es la aplicación de fertilizantes químicos o abonos orgánicos.

En la región Andina del Ecuador, la fertilización de pastizales se inicia conjuntamente con la introducción de especies y variedades forrajeras altamente productivas y con la adopción de sistemas de manejo que permitan aprovechar eficientemente la mayor producción de forraje (Jaramillo, R. 2010).

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles como son los abonos orgánicos. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos. No se puede olvidar la importancia que tiene mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental. Con estos abonos, se aumenta la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos.

En esta búsqueda de nuevas formas de enriquecer el suelo, se ha llegado a la utilización de fertilizantes de carácter orgánico, para que así todos aquellos desechos antes considerados como contaminantes del medio ambiente, se conviertan en una alternativa de fertilización del suelo debido a su alto contenido de minerales, logrando así alcanzar buenos parámetros productivos del forraje a bajos costos. Dentro de estos contaminantes se puede nombrar a la vinaza; que al ser desechada produce una gran contaminación ambiental, pero que de acuerdo a varios estudios se ha comprobado que la vinaza posee un alto valor nutritivo para el suelo.

La vinaza se trata de un producto de naturaleza orgánica, ya que su origen es totalmente vegetal, líquido y con elevado contenido de sustancia seca (próxima al

50 %), de la que su mayor parte es materia orgánica (alrededor del 40%). De ella, destaca la elevada cifra representada por el extracto húmico (ácidos húmicos más ácidos fúlvicos), que significa que esta materia orgánica presenta un alto nivel de humificación, con elevado potencial para producir efectos favorables en el suelo, aumento de la capacidad de retención de humedad, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, de formación de complejos minerales, entre otros (Urbano, P. 2010).

La vinaza contiene una composición nutricional, química y biológica que lo convierten en un desecho con inmenso potencial fertilizante para uso agropecuario. Entre los elementos que posee este compuesto se encuentran el calcio, magnesio, nitrógeno, fósforo y potasio (Arana, R. 2010).

Por otra parte, la alfalfa (*Medicago sativa*), constituye uno de los recursos forrajeros más importantes del país, tanto por su enorme adaptación a diferentes climas y suelos, como por su elevada calidad forrajera. Además esta pastura le brinda al productor ganadero, forraje de alta calidad durante gran parte del año y la posibilidad de transferir excedentes para los periodos críticos. Otro factor importante a la hora de elegir este cultivo es que al pertenecer a la familia de las leguminosas captar nitrógeno atmosférico simbióticamente, disminuyendo los costos de fertilización y mejorando la fertilidad química del suelo (Moreno, G. y Talbot, M. 2010).

Por lo anotado, en la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar diferentes niveles de vinaza aplicados basalmente en la producción forrajera del *Medicago sativa* (Alfalfa).
- Determinar el mejor nivel de vinaza (4000, 5000 y 6000 lt/ha), que permita obtener un mayor rendimiento productivo forrajero a los 45 días de corte.
- Establecer la rentabilidad económica a través del indicador Beneficio/Costo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. ALFALFA (*Medicago sativa*)

1. Definición e importancia

Moreno, G. y Talbot, M. (2010), señala que la alfalfa (*Medicago sativa*), constituye uno de los recursos forrajeros más importantes del país, tanto por su enorme adaptación a diferentes climas y suelos, como por su elevada calidad forrajera. Además esta pastura le brinda al productor ganadero, forraje de alta calidad durante gran parte del año y la posibilidad de transferir excedentes para los periodos críticos. Otro factor importante a la hora de elegir este cultivo es que al pertenecer a la familia de las leguminosas captar nitrógeno atmosférico simbióticamente, disminuyendo los costos de fertilización y mejorando la fertilidad química del suelo.

<http://es.wikipedia.org>. (2011), indica que la alfalfa, es una planta utilizada como forraje, y que pertenece a la familia de las leguminosas. Tiene un ciclo vital de entre cinco y doce años, dependiendo de la variedad utilizada, así como el clima; en condiciones benignas puede llegar a veinte años.

Tenorio, J. (2007), reporta que la importancia del cultivo de la alfalfa va desde su interés como fuente natural de proteínas, fibra, vitaminas y minerales; así como su contribución paisajística y su utilidad como cultivo conservacionista de la fauna. Además de la importante reducción energética que supone la fijación simbiótica del nitrógeno para el propio cultivo y para los siguientes en las rotaciones de las que forma parte. Por ser una especie perenne, su cultivo aporta elementos de interés como limitador y reductor de la erosión y de ciertas plagas y enfermedades de los cultivos que le siguen en la rotación.

2. Origen

Según <http://es.wikipedia.org>. (2011), la alfalfa procede de Irán, donde probablemente fue adoptada para el uso por parte del humano durante la Edad

del bronce para alimentar a los caballos procedentes de Asia Central. Según Plinio el Viejo, fue introducida en Grecia alrededor del 490 a. C., durante la Primera Guerra Mundial, posiblemente en forma de semillas llegadas con el forraje de la caballería persa. Pasó a ser un cultivo habitual destinado a la alimentación de los caballos. El humano puede ingerirla como brotes en ensaladas y sándwiches. A Estados Unidos llegaría a través de Chile.

De igual manera <http://www.infoagro.com>. (2010), indica que la alfalfa tiene su área de origen en Asia Menor y sur del Caucazo, abarcando países como Turquía, Irak, Irán, Siria, Afganistán y Pakistán. Los persas introdujeron la alfalfa en Grecia y de ahí pasó a Italia en el siglo IV a. C. La gran difusión de su cultivo fue llevada a cabo por los árabes a través del norte de África, llegando a España donde se extendió a toda Europa.

3. Clasificación científica

De acuerdo a <http://es.wikipedia.org>. (2011), la alfalfa presenta la siguiente clasificación científica:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Faboideae
Tribu:	Trifolieae
Género:	Medicago
Especie:	Medicago sativa
Nombre binomial:	Medicago sativa L.
Subespecies:	M. sativa subsp. ambigua
	M. sativa subsp. microcarpa
	M. sativa subsp. sativa L.
	M. sativa subsp. varia

4. Morfofisiología

<http://www.picasso.com.ar>. (2010), reporta que la alfalfa son plantas herbáceas de porte erecto y semierecto, ramificadas, pudiendo alcanzar hasta 1 metro de altura. Posee un sistema radical complejo, formado por una raíz pivotante muy profunda y dependiendo las características varietales, un menor o mayor grado de ramificación. Se caracteriza por tener un tallo erguido, que en su base forma una corona densa cubierta de yemas de renuevo, ubicada a nivel del suelo o ligeramente por debajo de el, a partir de la cual se originan la mayoría de los rebrotes. Una característica importante es la capacidad de fijar nitrógeno gracias a los simbioses que habitan en los nódulos de sus raíces, capaces aportar importantes cantidades de N que no solo aprovecha la alfalfa sino otras especies asociadas.

<http://www.abcagro.com>. (2010), señala que esta forrajera (*Medicago sativa*) pertenece a la familia de las leguminosas, es una planta perenne, con una raíz pivotante principal muy desarrollada y muchas raíces secundarias.

- Al tener un gran sistema radicular (de hasta 5 m de longitud), resiste mucho la sequía pues las raíces tienen un gran campo de acción. Por lo que habrá que utilizar suelos profundos en este cultivo.
- Es una planta muy adecuada para la siega al poseer tallos erectos y consistentes.
- Las primeras hojas verdaderas son unifoliadas, aunque las normales son trifoliadas y pecioladas. Los folíolos se presentan en formas más o menos oblongas y anchas.
- Las flores, que se presentan en racimos axilares, son grandes (8 a 10 mm), con la corola violácea o azul.
- En la alfalfa común (*Medicago sativa*), el fruto es indehiscente. Cada legumbre alberga semillas arriñonadas de 1,5 a 2,5 mm de longitud.

5. Requerimientos edafoclimáticos

a. Tipo de suelos

<http://www.picasso.com.ar>. (2010), reporta que la alfalfa exige idealmente suelos profundos, bien drenados, franco arenosos y cercanos a la neutralidad. Cuando las condiciones son distintas a las mencionadas la persistencia de las plantas comienza a resentirse, especialmente en suelos pesados y muy húmedos o que tienden a encharcarse.

Aunque se cultiva en una amplia variabilidad de suelos. Los suelos con menos de 60 cm. de profundidad no son aconsejables para la alfalfa (Tenorio, J. 2007).

b. Radiación solar

La radiación solar es un factor muy importante que influye positivamente en el cultivo de la alfalfa, pues el número de horas de radiación solar aumenta a medida que disminuye la latitud de la región. La radiación solar favorece la técnica del presecado en campo en las regiones más cercanas al ecuador, y dificulta el secado en las regiones más hacia el norte (<http://www.infoagro.com>. 2010).

c. Temperatura

Según <http://www.grupoaragonesa.com>. (2010), la temperatura media anual para la producción de la alfalfa está entorno a los 15 °C, siendo el rango óptimo entre 18 y 28 °C

<http://www.infoagro.com>. (2010), por su parte señala que la semilla germina a temperaturas de 2 a 3° C, siempre que las demás condiciones ambientales lo permitan. A medida que se incrementa la temperatura la germinación es más rápida hasta alcanzar un óptimo a los 28 a 30 °C. Temperaturas superiores a 38° C resultan letales para las plántulas. Existen variedades de alfalfa que toleran temperaturas muy bajas (-10° C).

d. pH

Cornacchione, M. (2010), indica que el pH óptimo del suelo para permitir una buena implantación y persistencia, junto con una mayor actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno es de 6,7 a 6.9; a su vez, en ese rango se encuentran disponibles para las plantas los nutrientes necesarios existentes en el suelo; con valores inferiores a 5.8 crece con graves problemas nutricionales y de nodulación. Es medianamente resistente a la salinidad, ya que tolera suelos con conductividad eléctrica, pero a costa de una reducción del 50% de su producción.

Un pH cercano a 6 es el más adecuado para un buen desarrollo de la alfalfa. Con valores superiores a 6,5 la disponibilidad de algunos nutrientes esenciales para el cultivo, como Boro, Zinc y Fósforo, se ve reducida. Por otro lado, un pH ácido no permite la simbiosis con las bacterias Rizobium (<http://ww2.fundacionchile.cl>. 2009).

e. Salinidad

<http://www.infoagro.com>. (2010), sostiene que la alfalfa es muy sensible a la salinidad, cuyos síntomas comienzan con la palidez de algunos tejidos, la disminución del tamaño de las hojas y finalmente la parada vegetativa con el consiguiente achaparrado. El incremento de la salinidad induce desequilibrios entre la raíz y la parte aérea.

f. Necesidades de agua

La alfalfa requiere un gran aporte de agua para su desarrollo y crecimiento, pero debemos ser razonables y evitar aportes excesivos que provoquen el despilfarro del agua y aportes escasos que hagan disminuir la producción. Por ello conocer las necesidades de agua de este cultivo es vital. El periodo crítico y cuando hay menos humedad en el suelo, es después de cada corte. Esto es debido, a que desde la siega a la recolección, pasa una serie de días en los que se necesita que la alfalfa se seque bien y se restringe el riego (ya que sino se estropearía la alfalfa segada). Además de esto, la alfalfa sufre un gran impacto en su sistema

vegetativo (porque se corta) y eso hace que hasta que vuelva a brotar este necesitada de agua (<http://www.buenastareas.com>. 2010).

6. Particularidades del cultivo

<http://www.agrobit.com>. (2010), indica que el proceso de establecimiento de un alfalfar comprende dos etapas bien diferenciadas. La primera involucra la colocación de la semilla en el lugar apropiado y en el momento oportuno para lograr su germinación. En la segunda, se inicia el crecimiento y el desarrollo de la planta, terminando con el aprovechamiento bajo corte o pastoreo.

Para una correcta utilización de la alfalfa es importante considerar algunos aspectos relacionados con el crecimiento de la planta y la evolución de las reservas en la raíz, la determinación del momento más adecuado del aprovechamiento y sus implicancias sobre la producción y calidad de forraje y la persistencia del cultivo (<http://www.viarural.com.ar>. 2010).

a. Preparación del terreno

Tenorio, J. (2007), señala que antes de realizar la siembra es necesario conocer las características del terreno, contenido de fósforo y potasio, condiciones de drenaje y sobre todo el pH. Las labores de preparación del terreno se inician con un subsolado (para remover las capas profundas sin voltearlas ni mezclarlas), que mejorará las condiciones de drenaje y aumentará la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Esta labor es muy importante en el cultivo de la alfalfa, pues las raíces son muy profundas y subsolando se favorece que estas penetren con facilidad.

A continuación se realizan sucesivos gradeos (de 2 a 3), con la finalidad de nivelar el terreno, disminuir el encharcamiento debido al riego o a intensas lluvias y eliminar las malas hierbas existentes. Se recomienda intercalar las labores con aplicaciones de abonos y enmiendas realizadas al mismo tiempo que los gradeos, para mezclar los fertilizantes con la tierra y homogeneizar su distribución (<http://www.infoagro.com>. 2010).

b. Siembra

<http://www.fao.org>. (2010), indica que los métodos de siembra son a voleo o con sembradoras específicas de pratenses. La mayoría de las siembras se hacen sólo con alfalfa, pero también puede asociarse a otras gramíneas, las fechas de siembra están condicionadas por la alternancia de los cultivos que se sigue en la explotación.

c. Cama de siembra

La condición óptima de la cama de siembra es aquella que permite depositar la semilla en la profundidad adecuada y en un íntimo contacto con el suelo, generando un ambiente de desarrollo sin limitantes. Para esto último se requiere que esté libre de malezas, sin impedancias físicas subsuperficiales, con óptima condición de humedad, con bajo nivel de cobertura de rastrojo y con una superficie firme. La eliminación de las compactaciones subsuperficiales favorece el normal enraizamiento y la exploración de un mayor volumen del suelo. La condición de humedad y la cobertura están relacionadas con el cultivo antecesor, que debe finalizar su ciclo lo suficientemente temprano como para permitir recargar el perfil con humedad, dejar un rastrojo lo menos voluminoso posible y no condicionar la fecha de siembra (Duarte, G. 2010).

d. Época de siembra

Duarte, G. (2010), indica que la alfalfa germina en el rango de temperaturas que se encuentra entre los 5 y los 35 °C. El óptimo se ubica entre los 19 y los 25, y en los 10 °C está el mínimo requerido para su normal crecimiento inicial. Como es sensible al frío en la etapa de cotiledón y de la primera hoja unifoliada, debería superar esos estadios antes que se produzcan las heladas.

e. Dosis de siembra

Duarte, G. (2010), indica que es común observar excelentes alfalfares establecidos con 4 a 5 kilos/ha de semilla pura, empleando tecnología de punta.

Tenorio, J. (2007), señala que en siembras asociadas con gramíneas la dosis de alfalfa es de 6 a 8 kg/ha en praderas con pastoreo, y de 12 a 16 kg/ha en el caso de praderas de siega.

f. Profundidad de siembra

La profundidad de siembra de alfalfa es el gran problema para resolver a campo, porque desde que la semilla germina decrecen sus reservas hasta que la planta forma hojas verdes y se independiza de ellas. Eso hace que en todas las plántulas exista un periodo crítico en el cual las reservas son bajas y el área fotosintetizante no es suficiente. Cualquier adversidad, como una sequía, ataque de insectos o altas temperaturas, entre otros factores, puede provocar pérdidas importantes. Por eso es necesario acortar al máximo esa etapa. Y como el tamaño de la semilla y el tipo de suelo interactúan con la profundidad, la mejor eficacia de la implantación se logra en los suelos livianos (Duarte, G. 2010).

g. Densidad

<http://www.picasso.com.ar>. (2010), indica que la densidad de siembra depende mucho del tipo de suelo donde se la desee sembrar, si se siembra bajo cobertura, al voleo, con labranza convencional, mínima o cero. Lo mismo si compondrá una mezcla o si por el contrario conformara un cultivo puro. Pero en términos generales, se siembran de 7 a 10 kg en mezclas y 12 a 15 kg en cultivos puros.

Duarte, G. (2010), señala que la proporción de plantas que sobrevive luego del primer año es, en relación al número de las semillas sembradas, muy variable. Pero se asocia poco a la densidad inicial, ya que la mortandad de las plantas durante los primeros meses es directamente proporcional a ella: Los stands densos pierden más plantas que los logrados con bajas densidades y llegan al primer año con un número similar de plantas.

h. Riego

<http://www.infoagro.com>. (2010), sostiene que la cantidad de agua aplicada

depende de la capacidad de retención de agua por el suelo, de la eficiencia del sistema de riego y de la profundidad de las raíces. En áreas húmedas el riego retiene la producción durante los periodos secos cuando la lluvia no proporciona la humedad suficiente para una elevada producción. En áreas con estaciones húmedas y secas definidas el riego proporciona seguridad en caso de sequía durante la estación normalmente húmeda y para una producción de heno o pasto durante la estación seca. La alfalfa requiere la administración hídrica de forma fraccionada, ya que sus necesidades varían a lo largo del ciclo productivo. Si el aporte de agua está por encima de las necesidades de la alfalfa disminuye la eficiencia de la utilización del agua disponible.

- El aporte de agua en caso de riego por inundación es de 1000 m³/ha.
- En riego por aspersión será de 880 m³/ha.

i. Control de malas hierbas

<http://www.fao.org>. (2010), indica que el control de las malas hierbas durante la nascencia del cultivo se realiza aplicando las técnicas culturales adecuadas. En los cultivos establecidos, la invasión de las malas hierbas en el alfalfar se produce antes del rebrote, debilitando a la alfalfa y retrasando su crecimiento. Las malas hierbas perjudican a los alfalfares de riego, siendo las más perjudiciales las gramíneas perennes tipo gramas. Si el cultivo se destina a la producción de heno o a la deshidratación, el tratamiento herbicida se recomienda durante el segundo o tercer año. El empleo de herbicidas depende del tipo de hierba y del estado vegetativo de la alfalfa. En cambio, Tenorio, J. (2007), señala que el deshierbo se puede realizar en forma manual y oportuna, buscando no emplear herbicidas.

7. Corte o pastoreo

Cornacchione, M. (2010), señala que se debería cortar o pastorear cuando el cultivo permita obtener una cantidad importante de materia seca con alto valor nutritivo. El criterio más usado para determinar el momento oportuno de uso "es el estado fisiológico que se asocia con la aparición de flores o rebrotes de corona". De manera general la floración está estrechamente asociada con la acumulación

de las reservas, pero tiene sus limitaciones: sólo sirve como indicador en determinadas épocas del año ya que está condicionada por el fotoperíodo y puede ser inducida por otros factores, como por ej. sequías estacionales. La utilización en momentos inadecuados trae aparejado algunas desventajas: un aprovechamiento demasiado temprano provoca debilitamiento de las plantas, rebrote posterior más lento y con respecto a los animales, mayor peligro de empaste. En cambio, un aprovechamiento tardío significa mayor producción de forraje, pero de menor calidad, provocando un atraso del corte o pastoreo posterior. Con fines prácticos, se recomienda cortar o pastorear cuando en el cultivo aparecen las primeras flores- se equipara al 10% de floración- o con una altura promedio del rebrote basal menor de 5 cm.

a. Frecuencia del corte

La frecuencia del corte varía según el manejo de la cosecha, siendo un criterio muy importante junto con la fecha del último corte para la determinación del rendimiento y de la persistencia del alfalfar. Los cortes frecuentes implican un agotamiento de la alfalfa y como consecuencia una reducción en su rendimiento y densidad. Cuanto más avanzado es el estado vegetativo de la planta en el momento de defoliación, más rápido tiene lugar el rebrote del crecimiento siguiente. El rebrote depende del nivel de reservas reduciéndose éstas cuando los cortes son frecuentes (Tenorio, J. 2007).

b. Altura de corte

El rebrote no depende solamente de las reservas de carbohidratos de la raíz sino también de la parte aérea residual. La alfalfa cortada alta deja en la planta tallos ramificados y yemas que permiten el rebrote continuado. La altura de corte resulta un factor crítico si se corta frecuentemente en estados tempranos de crecimiento, pues implica una reducción en el rendimiento y una disminución de la densidad de plantas del alfalfar a causa de las insuficientes reservas acumuladas en los órganos de almacenamiento. La máxima producción se obtiene con menores alturas de corte y cortadas a intervalos largos (<http://www.infoagro.com>. 2010).

8. Producción de forraje

Di Nucci, E. y Valentinuz, O. (2010), señalan que la acumulación de forraje es la respuesta del genotipo al medio ambiente. Mientras la radiación solar, a través de la fotosíntesis, es la fuerza primaria que determina el límite superior de la productividad potencial, la temperatura y las lluvias cumplen un rol modulador en la determinación del potencial productivo registrado en un sitio. La producción promedio anual de forraje de alfalfa (*Medicago sativa L.*), en suelos molisoles es de 10 tn MS/ha, con máximos y mínimos de 18 y 6 tn MS/ha.

De igual manera <http://www.picasso.com.ar>. (2010), señala que dependiendo de las condiciones ambientales y las características de la variedad, puede producir entre 10 y 15 tn de forraje verde por corte, pudiendo incluso llegar a las 20 tn.

García, F. y Cangiano, C. (2010), dentro de los componentes del rendimiento de la alfalfa en la etapa de prefloración registró, 28.3 tallos por planta, con una altura de 59.9 cm cada uno.

9. Valor nutritivo de la alfalfa

La alfalfa es una excelente planta forrajera que proporciona elevados niveles de proteínas, minerales y vitaminas de calidad. Su valor energético también es muy alto estando relacionado con el valor nitrogenado del forraje. Además es una fuente de minerales como: calcio, fósforo, potasio, magnesio, azufre, etc. Los elevados niveles de β -carotenos (precursores de la vitamina A), influyen en la reproducción de los bovinos (Tenorio, J. 2007).

En el cuadro 1, se muestra la composición de la alfalfa reportada en varias investigaciones.

10. Calidad de forraje

<http://www.viarural.com.ar>. (2010), indica que si se pretende acceder a mejor calidad forrajera los cortes se deben anticipar a la etapa de botón floral, con la

precaución de respetar un descanso mínimo para no afectar la persistencia de la pastura de alfalfa, por cuanto su calidad nutritiva dependerá de la edad o estado fisiológico en el que se le corte, como se aprecia en el cuadro 2.

Cuadro 1. COMPOSICIÓN DE LA MATERIA SECA DE HOJAS Y TALLOS DE LA ALFALFA DE ACUERDO A VARIAS INVESTIGACIONES.

Nutrientes	ESPOCH (2009)	PRONACA (2009)	http://mundo-pecuario.com . (2010)
Materia seca, %	25.40	20.13	24.00
Proteína, %	16.20	14.28	16,16
Fibra bruta, %	25.00	3.37	6.80
Grasa, %	1.13	0.69	0,60
Cenizas, %	2.90	2.50	2.10

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología,. ESPOCH (2009), reportado por Mullo, L. (2009); PRONACA. (2009), reportado por Acosta, A. (2010). <http://mundo-pecuario.com>. (2010).

Cuadro 2. ESTADOS FISIOLÓGICOS Y CALIDAD FORRAJERA.

Estado	PB, %	FDA, %	FDN, %
Principio de floración	20	30	40
50 % de floración	18	33	45
Madurez	15	38	50

Fuente: <http://www.viarural.com.ar>. (2010).

PB: Proteína bruta

FDA: Fibra detergente ácido

FDN: Fibra detergente neutro

B. REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS DE LA ALFALFA

Moreno, G. y Talbot, M. (2010), indican que los requerimientos nutricionales de los cultivos varían según el nivel de producción y el manejo a que es sometido. La intensidad de esta demanda cambia con las condiciones ambientales, época del año y el estadio fonológico del cultivo. Además la disponibilidad de nutrientes esta determinada por factores edáficos como por la capacidad de la planta para tomarlos y utilizarlos. Con una fertilización equilibrada se obtendrán, no solo pastos de excelente calidad, sino también, un aumento de la productividad. Para alcanzar estos objetivos se debe tener en cuenta los siguientes procesos:

- Nodulación y Fijación Biológica del Nitrógeno. La alfalfa depende del Nitrógeno del aire para abastecerse de este elemento, gracias a la asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*. Estas bacterias pueden encontrarse naturalmente en el suelo o ser incorporadas junto a la semilla en el proceso de inoculación. Para un adecuado suministro de nitrógeno del nódulo a la planta durante su ciclo de crecimiento es fundamental lograr una excelente nodulación por un lado y una excelente actividad fijadora de nitrógeno por el otro. Estos dos objetivos están ligados íntimamente a la nutrición. Para conseguir una excelente nodulación es esencial la presencia de calcio y boro. A su vez, para una adecuada actividad fijadora, el hierro, molibdeno y cobalto son fundamentales para la actividad enzimática de las bacterias.
- Crecimiento radicular. En el crecimiento radicular es fundamental la presencia de fósforo, potasio, calcio y zinc.
- Crecimiento vegetativo. El crecimiento vegetativo es, en definitiva, la expresión final de la planta. Potenciando los tres primeros procesos podremos esperar un comportamiento diferencial por parte de la planta a la hora de traducirse en materia verde. Para ello debemos acompañar sus necesidades, y en ese sentido son de vital importancia la disponibilidad de zinc y boro para favorecer el crecimiento, y manganeso, cobre, hierro, magnesio y azufre, para la acumulación de azúcares y síntesis proteica.

<http://www.ipni.net>. (2010), señala que cuando se diagnostican las necesidades de fertilización de los cultivos es importante conocer el requerimiento de nutrientes para alcanzar un determinado rendimiento objetivo. El cuadro 3, indica los requerimientos nutricionales, promedio de distintas fuentes bibliográficas, para la alfalfa. Los requerimientos se expresan en términos de kg o g de nutrientes que deben ser absorbidos por el cultivo para producir una tonelada de materia seca.

1. Nitrógeno

En condiciones óptimas de cultivo; cuando el pH no es muy ácido y no existe déficit de ningún elemento esencial, la alfalfa obtiene el nitrógeno por las bacterias de sus nódulos; en el estado vegetativo de las plántulas, éstas requieren de sus nódulos. Durante el estado vegetativo de las plántulas, éstas requieren nitrógeno

Cuadro 3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA ALFALFA.

Nutriente	Requerimiento (kg/ton materia seca)	Necesidad para 15.000 kg MS/ha
Nitrógeno *	27	405
Fósforo	2.5	38
Potasio	21	315
Calcio	12	180
Magnesio	3	45
Azufre	3.5	53
Boro.	0.030	0.450
Cobre	0.007	0.105
Hierro	0.040	0.600
Manganeso	0.025	0.375
Molibdeno	0.0003	0.005
Zinc	0.015	0.225

Fuente: <http://www.ipni.net>. (2010).

*. La mayor parte del requerimiento puede ser cubierto por fijación biológica de nitrógeno.

del suelo, hasta que se formen los nódulos y comience la fijación. Por tanto se debe abonar 20 kg/ha de nitrógeno, pues cantidades mayores producirán un efecto negativo al inhibir la formación de nódulos (Tenorio, J. 2007).

<http://www.agrobit.com>. (2010), señala que esta leguminosa requiere altas necesidades de Nitrógeno, que es aportado mayoritariamente por la acción de los Rizobium, que lo fijan a partir del existente en el medio ambiente. Es un elemento esencial para las gramíneas que suelen acompañar a la Alfalfa, aunque una refertilización a ésta última no asegura mayor producción o mejor calidad.

2. Fósforo

Moreno, G. y Talbot, M. (2010), indican que el fósforo es uno de los nutrientes esenciales de mayor importancia. La mayor parte del fósforo en la planta es rápidamente convertido en compuestos orgánicos que participan en diversas reacciones vitales. Por ejemplo, el fósforo en alfalfa es esencial para la formación

de ácidos nucleicos, fosfolípidos y ATP, la cual esta asociada a la fotosíntesis, formación de proteínas y fijación de nitrógeno. Ningún otro nutriente puede sustituir al fósforo en sus funciones metabólicas y cuando su concentración está por debajo del nivel adecuado en la planta, el crecimiento es mas lento, sufre la calidad y se obtienen pérdidas económicas. La salud del alfalfar es también optimizada con adecuados niveles de Fósforo disponible. Un rápido rebrote después de un corte; el sistema radicular mas saludable, y mayor longevidad son potenciados con adecuada nutricio fosforada. Entre las funciones mas importantes del fósforo se destacan:

- Almacenamiento de energía y transporte
- Los compuestos fosfatados (como ADP y ATP), son la “moneda energética” en la planta.
- Conservación y transferencia del código genético.
- Crecimiento radicular y rápida implantación de la pastura.
- Madures temprana y veloz recuperación En la Argentina existen zonas con marcado déficit de este nutriente, presente en cantidades inferiores a 18 ppm lo que torna necesario la práctica de la fertilización.

Además, señalan que es un elemento que se caracteriza por ser muy poco móvil, por lo que la mayor proporción de lo absorbido por la planta se debe a la intercepción del elemento contenido en el suelo por parte de la raíz en crecimiento. Esto explica la baja absorción a corto plazo del P fertilizado y la importancia de disponer de este nutriente cercano a la semilla para estar disponible en la germinación y la alternativa de la fertilización foliar para asegurar una adecuada implantación. A su vez, suelos fertilizados con fósforo mantienen mayor disponibilidad de este nutriente hasta 2 y 3 años luego de la aplicación según la dosis y el fertilizante agregado.

3. Potasio

Moreno, G. y Talbot, M. (2010), indican que el potasio es el nutriente requerido en mayores cantidades para lograr una alta producción. El potasio esta presente en la planta en una concentración mayor a la de cualquier otro elemento mineral,

con la posible excepción del Nitrógeno. Por lo que, con frecuencia el Potasio es el elemento mineral clave para la obtención de máximos rendimientos y calidad en alfalfa. Con cortes frecuentes en un estadio juvenil del alfalfar la concentración de Potasio en la planta ha resultado ser alta, aumentando la importancia de la fertilización potásica. Si el potasio no se encuentra presente en cantidades adecuadas, el alfalfar rápidamente se degrada y es reemplazado por malezas. Este fenómeno es más marcado en pasturas mixtas, en donde las gramíneas son capaces de eliminar competitivamente a la alfalfa en la absorción de potasio.

El potasio es demandado en altas cantidades y es esencial para aumentar la tolerancia al frío y para brindar una mayor resistencia a ciertas enfermedades (<http://ww2.fundacionchile.cl>. 2009).

<http://www.infoagro.com>. (2010), informa que la alfalfa requiere grandes cantidades de este elemento, pues de él depende la resistencia al frío, sequía y almacenamiento de reservas. Se recomienda aplicar abonado potásico de fondo antes de la siembra junto con el fósforo. El abonado potásico de mantenimiento se realizará anualmente a la salida del invierno.

4. Calcio

Moreno, G. y Talbot, M. (2010), indica que el Calcio es fundamental para la iniciación del nódulo más que para su desarrollo. Beneficia la fijación de nitrógeno y esta muy ligado al pH del suelo, regulando la disponibilidad de otros elementos.

De igual manera Duarte, G. (2010), señala que el calcio es vital para la fijación del nitrógeno y para promover el desarrollo radicular.

5. Zinc

Moreno, G. y Talbot, M. (2010), reportan que el zinc juega un importante rol en varios sistemas enzimáticos de la planta. Crecimiento reducido y variación en la concentración de Auxinas están asociados a deficiencia de zinc. Asimismo plantas con deficiente aprovisionamiento de zinc presentan disminución en la

absorción de agua. La mayoría de los suelos tienen niveles adecuados de zinc, pero suelos muy meteorizados y de textura gruesa que han sido cultivados intensamente, usualmente bajo riego, son actualmente bajos en zinc. La disponibilidad de zinc puede ser un problema en suelos calcáreos y altos niveles de fósforo pueden inducir deficiencias en Zinc.

6. Azufre

Moreno, G. y Talbot, M. (2010), señalan que el constituyente de ciertos aminoácidos y vitaminas es el azufre (S), interviene en la síntesis de proteínas en plantas (como la clorofila) y el nitrógeno total en la planta. En suelos con bajos niveles de S, la formación de proteínas se retrasa y las hojas superiores amarillean. Conforme la deficiencia se hace más severa el crecimiento es impedido y la maduración se atrasa, las hojas se hacen largas y delgadas, la ramificación es anormal, y los tallos se vuelven delgados. Las plantas que tienen alta disponibilidad de Nitrógeno tienen mayores requerimientos de Azufre, siendo en general necesarias relaciones N/S de 11 a 17 para obtener máximos rendimientos. Otras funciones del azufre son:

- Mejora la eficiencia de uso del P
- Mejora la calidad del forraje así como el aumento de peso de los animales
- Es esencial para una adecuada fijación del N. Tiene una vital importancia en la nodulación, aumentando el número y peso de los mismos

7. Boro

Según <http://www.infoagro.com>. (2010), El boro presenta una carencia muy usual en el cultivo de la alfalfa, ocasionando la detención del crecimiento, amarillamiento de las hojas terminales y crecimiento entre nudos escaso. Para enriquecer el suelo en este elemento se mezcla con otros abonos que facilitan su distribución. Se debe tener en cuenta que los encalados suelen agravar la situación de escasez de boro. Este debe distribuirse inmediatamente después de una siega.

<http://ww2.fundacionchile.cl>. (2009), señala que el boro actúa sobre el movimiento del calcio en la planta y es fundamental en la velocidad de crecimiento radicular, en las nuevas hojas y en el desarrollo de yemas. El umbral crítico está en alrededor de 1 ppm en el suelo o en 30 ppm en las plantas.

<http://www.agrobit.com>. (2010), señala que en suelos de textura media y con clara deficiencia de boro la dosis a aplicar ronda entre los 2 a 3 kg/hectárea, suficientes para toda la vida del alfalfar. En suelos arenosos habrá que aplicar un kg de boro por hectárea, cada año.

8. Molibdeno

Moreno, G. y Talbot, M. (2010), reportan que el molibdeno participa en la formación de las enzimas.

- Nitrogenasa: esta enzima cataliza la reducción de N_2 de la atmósfera hasta amonio (NH_4), que es transportado, por el xilema, a la planta. Está compuesta por dos proteínas una mayor y una menor, la unidad menor lleva como componente metálico al hierro. La mayor esta compuesta por hierro y molibdeno.
- Nitrato reductasa: enzima encargada de la reducción de los nitratos (NO_3), tanto en las hojas como en las raíces. Si bien esta enzima no participa en el proceso de fijación biológica, es indispensable para el aprovechamiento del nitrógeno del suelo, el cual se encuentra como nitrato y debe ser pasado a amonio (NH_4), para su aprovechamiento en la planta.

9. Cobalto

Moreno, G. y Talbot, M. (2010), reportan que el cobalto fundamentalmente participa en la síntesis de Leghemoglobina. Para que la bacteria en el nódulo trabaje, debe haber una concentración de oxígeno permanente y estable. Esta concentración de oxígeno esta regulada por la leghemoglobina, pigmento rojo que le da color característico al nódulo activo.

- El cobalto es un cofactor de dicha enzima, sin la presencia del mismo no se forma leghemoglobina.
- La deficiencia de Cobalto causa muerte de los nódulos por intoxicación de las bacterias con oxígeno.

10. Manganeso y hierro

Moreno, G. y Talbot, M. (2010), indican que entre estos dos elementos asisten en la síntesis de clorofila. Están involucrados en varios sistemas oxido-reducción. El hierro interviene en la respiración como constituyente de pigmentos. Los problemas de deficiencia de Mn y Fe son raros en alfalfa. Sin embargo, la deficiencia puede ser producida por un pH neutro o alcalino, pobre drenaje o por factores biológicos. En suelos fuertemente ácidos el Mn es reducido de su forma insoluble oxidada (Manganeso mangánico), a una forma intercambiable y soluble (Manganeso manganoso). El encalado del suelo puede producir deficiencia en Mn y Fe. Si se sabe que un suelo es pobre en Mn, solo niveles moderados de cal deben ser usados.

11. Magnesio

El magnesio es importante en la nutrición vegetal ya que es esencial para la fotosíntesis (forma parte de la molécula de clorofila) y activa muchos sistemas enzimáticos que regulan el metabolismo de hidratos de carbono y aceites, así como el metabolismo del Nitrógeno. Al igual que el Calcio, están muy asociados al pH de suelo y al encalado. El continuo encalado puede producir deficiencia de Mg. La alfalfa es considerada una fuente superior de Ca y Mg en raciones animales con forrajes de gramíneas o silos de maíz. Aunque el contenido de estos nutrientes en la planta puede ser variable debido a la disponibilidad de dichos nutrientes (Moreno, G. y Talbot, M. 2010).

12. Cobre

Su rol en las plantas es complejo. Es un activador enzimático o parte de moléculas de enzimas. El cobre del suelo esta menos disponible a pH 7 a 8 que a

menores valores. Las deficiencias de Cu están por lo general asociadas a suelos arenosos y muy lavados (Moreno, G. y Talbot, M. 2010).

13. Sintomatología visual de deficiencia de N, P, K y Mg

De acuerdo a <http://ww2.fundacionchile.cl>. (2009), la alfalfa presenta los siguientes síntomas por deficiencia de los siguientes nutrientes:

- Nitrógeno. Hojas de color verde claro y menor crecimiento. La sintomatología se observa mayoritariamente en las hojas más viejas ya que el nitrógeno es móvil en la planta.
- Fósforo. Las deficiencias se observan en las hojas más viejas porque el p es también móvil. Se observa un retardo y menor crecimiento generalizado, las plantas se tornan de un color oscuro (verde azulado) y los tallos pueden tomar una coloración púrpura o rojiza, al igual que el envés de las hojas.
- Potasio. Como es un elemento móvil en la planta, aparecen manchas blancas en los bordes de las hojas basales y luego se expande hacia las hojas más nuevas y brotes. En casos severos las hojas se tornan completamente amarillas y mueren. Las deficiencias pueden aumentar la susceptibilidad al ataque de enfermedades fungosas, insectos, nemátodos y virus.
- Magnesio. Como el magnesio es móvil, los síntomas se detectan primero en las hojas más viejas. Se observa una clorosis intervenal, quedando las venas y parte de los bordes de las hojas verdes en un principio. Cuando la deficiencia se sigue agravando se produce un amarillamiento de todo el tejido, luego se seca y muere.

C. ABONO ORGÁNICO

1. Definición

Álvarez, F. (2010), señala que abono orgánico es todo aquel abono que resulta de la transformación de residuos orgánicos de origen vegetal y animal, descompuestos por fermentación aeróbica y anaeróbica, cuyo producto final es natural., por lo que existe una gran variedad de fertilizantes orgánicos, algunos

apropiados incluso para hidroponía. También de efecto lento (como el estiércol), o rápido (como la orina o las cenizas), o combinar los dos efectos,

En el mismo sentido, <http://www.inta.gov.ar>. (2010), reporta que el abono orgánico, es el fertilizante que proviene de la degradación y mineralización de materiales orgánicos (estiércoles, desechos de la cocina, pastos incorporados al suelo en estado verde, etc.). Hay distintos tipos de abonos orgánicos: compuestos, verdes y de superficie.

2. Ventajas y desventajas del abono orgánico

<http://es.wikipedia.org>. (2011), sostiene que los fertilizantes orgánicos tienen las siguientes ventajas:

- Permiten aprovechar residuos orgánicos
- Recuperan la materia orgánica del suelo y permiten la fijación de carbono en el suelo, así como la mejoran la capacidad de absorber agua.
- Suelen necesitar menos energía. No la necesitan para su fabricación y suelen utilizarse cerca de su lugar de origen. Sin embargo, algunos orgánicos pueden necesitar un transporte energéticamente costoso, como guano de murciélago de Tailandia o el de aves marinas de islas sudamericanas.

Pero también tienen algunas desventajas:

- Pueden ser fuentes de patógenos si no están adecuadamente tratados.
- Pueden provocar eutrofización.
- Pueden ser más caros, aunque puede salir gratis si es un residuo propio de la granja o es un problema para otra explotación. Es fácil que una explotación agrícola necesite fertilizante y otra de animales tenga problemas para desprenderse de los desechos que produce.

3. Importancia de los abonos orgánicos

Zulueta, R. (2010), manifiestan que la importancia de los abonos orgánicos surge

de la imperiosa necesidad que se tiene de mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que redundaría en el aumento de su fertilidad, así como de reducir la aplicación de fertilizantes y plaguicidas sintetizados artificialmente.

Cervantes, M. (2010), indica que la necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos. No se puede olvidar la importancia que tiene mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental. Con estos abonos, se aumenta la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, los cuales aportaremos posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos.

De igual manera, en <http://www.happyflower.com.mx>. (2010), se reporta que los abonos (de origen orgánico), actúan aumentando las condiciones nutritivas de la tierra pero también mejoran su condición física (estructura) y aportan materia orgánica, bacterias beneficiosas y (en ocasiones), hormonas y por supuesto también fertilizan. Los abonos actúan más lentamente que los fertilizantes pero su efecto es más duradero y pueden aplicarse más frecuentemente pues no tienen secuelas perjudiciales, por el contrario. Los abonos también calientan la tierra; en tierras donde no hay presencia orgánica suficiente, estas son frías y las plantas crecen poco y mal; por el contrario, en tierras porosas por la aplicación constante de abonos orgánicos, se tornan calientes y favorecen el desarrollo de las raíces, principal vía de nutrición de plantas y pastos.

D. VINAZA

1. Definición y generalidades

La vinaza constituye el principal residuo líquido producto de la fermentación de la melaza para la obtención de alcohol; por cada litro de alcohol producido se generan 13 litros de vinaza. (Castellano, M. 2004).

<http://www.dicyt.com>. (2010), señala que la vinaza es un material líquido resultante de la fermentación de la melaza y jugo de caña de azúcar, en la producción de etanol o fabricación de la levadura para panadería; como su origen es la caña, la vinaza esta compuesta por materiales orgánicos y nutrientes minerales que forman parte de compuestos como aminoácidos, proteínas, lípidos, ácidos orgánicos diversos, enzimas, bases, ácidos nucleicos, clorofila, lignina, quinonas, azúcares, lo que permite evaluarla como abono orgánico.

<http://www.elparanaense.com.ar>. (2010), reporta que las vinazas son un sustrato complejo (azúcar, polifenoles, levaduras muertas, fosfatos, sulfatos, etc.), su tratamiento biológico no es sencillo. La vinaza contiene todos los productos naturales logrados en una fermentación alcohólica y no contiene ningún agregado como: nutrientes para el crecimiento de levaduras o reguladores de pH.

Urbano, P. (2010), señala que las vinazas procedentes de la fermentación alcohólica de las melazas de azucareras están consideradas como un fertilizante orgánico nitrogenado-fosfórico de origen vegetal, líquido. Su naturaleza y composición permiten que algunos la consideren como enmienda y como abono nitrogenado.

Arana, R. (2010), reporta que de acuerdo a ensayos realizados en la Universidad Nacional, sede Palmira, Colombia, este producto es un excelente acondicionador de terrenos; además recupera las tierras que han perdido sus atributos por acción de las sales y el sodio.

2. Características físicas

Urbano, P. (2010), indica que la vinaza es un líquido viscoso, de color pardo negruzco y densidad variable entre 1,3 y 1,4 kg/lit. Su composición depende del método de obtención y de conservación.

3. Propiedades químicas

Alfaro, R. y Alfaro, J. (2010), señalan que debido a su alto contenido de materia

orgánica, este residuo presenta una elevada Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), lo que la convierte en un agente muy contaminante del medio ambiente. Sin embargo se posibilita su empleo, por su alta concentración de potasio, nutrimento esencial y requerido por diferentes tipos de cultivos, como es el caso de la alfalfa.

4. Composición química de la vinaza

García, A. y Rojas, C. (2007), reportan que la composición de la vinaza depende de las características de la materia prima usada como sustrato empleado en la fermentación y destilación, y de las variedades y maduración de la caña. De manera general, los constituyentes son los siguientes:

- Sustancias inorgánicas solubles en las cuales predominan los iones K^+ , Ca^{2+} y SO_4
- Células muertas de levadura.
- Sustancias orgánicas resultantes de los procesos metabólicos de levaduras y microorganismos contaminantes.
- Alcohol y azúcar residual.
- Sustancias orgánicas insolubles.
- Sustancias orgánicas volátiles.

Hernández, G. (2010), sostienen que la vinaza tiene elevadas concentraciones de K, Ca y materia orgánica disuelta, así como niveles medios de N y P.

Arana, R. (2010), manifiesta que la vinaza contiene una composición nutricional, química y biológica que lo convierten en un desecho con inmenso potencial fertilizante para uso agropecuario. Entre los elementos que posee este compuesto se encuentran el calcio, magnesio, nitrógeno, fósforo y potasio.

Sarria, P. y Preston, T. (2010), señalan que un metro cúbico de vinaza diluida contiene sales minerales equivalentes a 2.6 kg de urea (46% N), 0.3 kg de superfosfato triple (45% P_2O_5) y 15.7 kg de KCl (50% K_2O).

De igual manera Quintero, R. y Cadena, S. (2010), reportan que la vinaza contiene principalmente materia orgánica, potasio (K), azufre (S), magnesio (Mg), nitrógeno (N) y calcio (Ca); sin embargo, esta composición es variable según provenga de melaza, jugo o la mezcla de ambos. De acuerdo con análisis realizados, la vinaza proveniente de melaza presenta los mayores contenidos de materia orgánica y elementos minerales, como se observa en el cuadro 4.

Cuadro 4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA VINAZA SEGÚN PROCEDA DE JUGO, MELAZA O LA MEZCLA DE AMBOS.

Propiedad	Jugo	Melaza	Mixto (melaza y jugo)
N (kg/m ³)	0.28	0.77	0.46
P ₂ O ₅ (kg/m ³)	0.20	0.19	0.24
K ₂ O (kg/m ³)	1.47	6.00	3.6
CaO (kg/m ³)	0.46	2.45	1.18
MgO (kg/m ³)	0.29	1.04	0.53
SO ₄ (kg/m ³)	1.32	3.73 2.67	
Materia orgánica (kg/m ³)	23.44	52.04	32.63
Fe (ppm)	69	80	78
Cu (kg/m ³)	7	5	21
Zn (kg/m ³)	2	3	19
Mn (kg/m ³)	7	8	6
pH	3.7	4.4	4.1

Fuente: Quintero, R. y Cadena, S. (2010).

5. Efectos de la vinaza

De acuerdo a Korndbrfer, G. et al. (2010), los efectos que se pueden obtener en los cultivos que son fertilizados con vinaza son los siguientes:

- La vinaza utilizada con criterio racional satisface plenamente las necesidades de N, K y S, al reducir los costos de los fertilizantes.
- La utilización racional de la vinaza mejora las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo.

- Después de la aplicación de la vinaza es recomendable realizar una fertilización complementaria con N.
- La dosis elevada de vinaza proporciona crecimiento vegetativo vigoroso, con retardo de la maduración.
- Las áreas que reciben vinaza, además de mejorar la productividad agrícola, pueden aumentar la vida útil del cultivo en uno a dos cortes adicionales.

a. Efecto acidificador del suelo

Teniendo en cuenta el pH tan bajo que tienen las vinazas, podría pensarse que su empleo continuado en el suelo podría producir su acidificación. En muestras de suelos de todas las texturas, tratadas con cantidades brutales de vinaza (equivalentes de hasta 60 t/ha), no se ha producido, en ningún caso, esta acidificación. El pH del suelo se ha mantenido e, incluso, en algunos casos ha aumentado ligeramente (Urbano, P. 2010).

b. Efecto salino

La carga de sales que llevan las vinazas, fundamentalmente cloruros y sulfatos potásicos, sódicos y magnésicos hace que el uso de vinazas en dosis masivas pueda provocar un incremento significativo de la salinidad del suelo. Este efecto salino esta relacionado con el contenido en nutrientes de las vinazas (potasio, magnesio y azufre) y es el que contrarresta en el suelo su acidez (Urbano, P. 2010).

c. Efecto sobre la materia orgánica

Urbano, P. (2010), reporta que por su elevado contenido en materia orgánica, 1 tonelada de vinaza aporta unos 400 kg de materia orgánica, por lo que se consideran las vinazas coma una enmienda y como un fertilizante orgánico. La relación C/N es baja, generalmente inferior a 15. En tierras tratadas con vinaza, se ha comprobado dos cosas.

- Primero, en todos los casos la relación C/N de las muestras tratadas ha

descendido, lo que puede ser un síntoma claro del aumento del contenido en nitrógeno del suelo.

- Segundo, que prácticamente no aumenta el contenido de materia orgánica de las muestras al final de la incubación. Este indica que la materia orgánica de las vinazas es muy lábil y que prácticamente se ha descompuesto durante el tratamiento.

d. Enriquecimiento potásico y magnésico

En muestras de suelos tratadas con vinazas se ha comprobado un enriquecimiento en potasio y magnesio equivalente al aporte de estos elementos con las vinazas (Urbano, P. 2010).

e. Efecto sobre el aluminio y el sodio en el suelo

La materia orgánica presente en la vinaza y los contenidos de calcio y otras bases intercambiables pueden facilitar la neutralización del aluminio intercambiable en suelos extremadamente ácidos o el desplazamiento del sodio en suelos fuertemente alcalinos y sódicos. Esta neutralización, complementada con obras de drenaje para eliminar el sodio intercambiable, favorecerá la recuperación de suelos afectados por este elemento (Quintero, R. y Cadena, S. 2010).

6. Importancia del uso de la vinaza como fertilizante

La vinaza se trata de un producto de naturaleza orgánica, ya que su origen es totalmente vegetal, líquido y con elevado contenido de sustancia seca (próxima al 50 %), de la que su mayor parte es materia orgánica (alrededor del 40%). De ella, destaca la elevada cifra representada por el extracto húmico (ácidos húmicos + ácidos fúlvicos), que significa que esta materia orgánica presenta un alto nivel de humificación y con elevado potencial para producir efectos favorables en el suelo (aumento de la capacidad de retención de humedad, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, de formación de complejos, etc.). Con reacción ácida, su pH suele variar entre 3 y 6 (Urbano, P. 2010).

Korndbrfer, G. (2010), señala que debido a la composición química variable y al desbalance de nutrientes en la actividad biológica la aplicación de vinaza requiere con frecuencia una complementación con fertilizantes químicos, principalmente con nitrógeno. Existen varios trabajos en que se evalúan los requerimientos de N, pero los resultados son contradictorios o no concluyentes. En general los estudios muestran que en áreas con aplicación de vinaza existe una mejor respuesta a fertilización nitrogenada.

Sarria, P. y Preston, T. (2010), manifiestan que la aplicación de la vinaza al suelo es considerada como una fertilización de elevada eficiencia pues, además de dar a la tierra los nutrientes necesarios, causa una mejora en las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas del suelo.

7. Dosis a aplicarse

Urbano, P. (2010), indica que el verdadero valor de las vinazas reside en su capacidad para compensar las pérdidas de materia orgánica en el suelo como consecuencia de su mineralización. En este sentido, las dosis de aplicación deben estar reguladas por su riqueza en nitrógeno (alrededor del 2% de nitrógeno total). Si se aplican en presiembra, es difícil que se requieran cifras superiores a 60, 80 e, incluso, 100 unidades de nitrógeno por hectárea. Estas cifras pueden obtenerse con el aporte de 30 a 50 toneladas de vinaza por hectárea. Estas son, en consecuencia, las dosis de vinazas que deben aplicarse y no conviene superarlas para no malgastar el dinero, ni generar impactos negativos sobre el medio ambiente.

Sarria, P. y Preston, T. (2010), manifiestan que la vinaza se debe aplicar cada 4 ó 5 años. En tierras con pH inferior a 4 se debe usar a razón de 1,100 m³/ha, ó 100 litros/m lineal de surco. Para pH entre 4 y 5, 850 m³ /ha, ó 95 litros/m lineal de surco; y para pH superior a 5, 650 m³/ha, ó 70 litros/m lineal de surco.

Además, sostienen que otra cuestión importante a tener en cuenta es que las vinazas aportan apenas fósforo y que, con las dosis fijadas en función del nitrógeno, es posible además que falte potasio. En función de las clases de suelos

y de su riqueza en fósforo y en potasio, habrá que recurrir al aporte de estos elementos con otros fertilizantes. Excepto en los suelos muy ricos en fósforo asimilable, siempre será necesario utilizar otros fertilizantes que aporten fósforo y en los suelos pobres en potasio habrá que aportar, también, algún fertilizante potásico.

Korndbrfer, G. (2010), recomienda que la dosis máxima esté limitada a 700 kg/ha de residuo, la cual varía de acuerdo con la Capacidad de Intercambio de Cationes (CIC), del suelo y el contenido K_2O en el residuo, por lo que en el cuadro 5, se reportan las dosis recomendadas de vinaza según el contenido de K disponible en el suelo.

Cuadro 5. DOSIS RECOMENDADAS DE VINAZA SEGÚN EL CONTENIDO DE K DISPONIBLE EN EL SUELO.

Contenido de K en el suelo (ppm)	Dosis recomendada de vinaza (kg/ha)
<80	360
80 a 120	240
121 a 150	180
>150	90

Fuente: Korndbrfer, G. (2010).

8. Desventaja de la vinaza

Urbano, P. (2010), indica que en los casos de fuertes dosis de vinazas y en suelos ligeros someterlos a elevado régimen de humedad percolante puede producirse una importante lixiviación de nitratos que es necesario tener en cuenta para no caer en problemas de posibles contaminaciones de acuíferos.

<http://www.inti.gov.ar>. (2010), señala que el uso continuo de vinaza como fertilizante genera el peligro potencial de que áreas sobre fertilizadas con vinaza pudiesen tener problemas de salinización del suelo y contaminación de napas.

Arana, R. (2010), advierte que los riesgos que puede acarrear el uso de la vinaza como fertilizante pueden ser los siguientes:

- Si se combina con agua se pueden quemar los cultivos; debido a esto, se recomienda realizar una mezcla en proporción de 30 partes de agua por una de vinaza.
- El mayor problema que se presenta con este fertilizante es que contiene 87 por ciento de agua, lo cual dificulta su transporte.

E. ESTUDIOS REALIZADOS CON VINAZA

1. Investigaciones del efecto de la vinaza en el suelo

Un grupo de investigadores brasileños realizaron estudios de evaluación de la riqueza mineral de las vinazas. Con base en los resultados de esa evaluación les fue posible proponer una serie de recomendaciones con miras al uso racional de la vinaza como fertilizante. La aplicación de la vinaza al suelo es considerada como una fertilización de elevada eficiencia pues, además de dar a la tierra los nutrientes necesarios, causa una mejora en las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas del suelo (Valverde, F. 2004).

Varias investigaciones demuestran la importancia del uso de este subproducto en la recuperación de suelos afectados por una alta saturación de sodio, con destacada rapidez y eficiencia del proceso, así como el efecto de la aplicación de la vinaza como acondicionador para suelos de texturas pesadas (Santos; M. 2007).

El efecto de las vinazas aplicadas al suelo, debido a su acidez elevada, es la disolución de las diferentes formas de carbonatos, fosfatos de calcio y otros compuestos precipitados, se facilita su lavado vía drenaje, con lo cual se puede lograr una mejor nutrición de las plantas, debido a una mayor disponibilidad de nutrientes acompañada de un mejor balance entre ellos (García, A. y Rojas, C. 2007).

Es importante seleccionar suelos con textura extrema, como por ejemplo suelos con contenidos de arcilla inferiores al 35%, suelos con bajos contenidos de potasio intercambiable y baja capacidad de intercambio catiónico o suelos con

deficiencias nutricionales, para la aplicación de vinaza, ya que en este tipo de suelos, los beneficios en sus propiedades físicas y su respuesta en producción son mejores que en otro tipo de suelos (Grisales, Y. 2001).

Si el suelo es sódico estas sales de calcio solubles pueden desplazar el sodio del complejo del intercambio iónico, y si tiene buen drenaje el sodio se puede lixiviar. En suelos ácidos-alumínicos puede desplazar el aluminio del complejo de intercambio iónico. Los ácidos orgánicos que contienen las vinazas y sus aminoácidos al reaccionar con el calcio producen sales que son solubles en agua; estos ácidos, además, son de carácter quelante y el producto, en total, contiene los polímeros floculantes de la vinaza, que lo hacen muy apto para la enmienda de suelos ácidos y básicos (Medina, G. 2006).

2. Efecto de la vinaza en la caña de azúcar

Alfaro, R. y Alfaro, J. (2010), efectuaron un estudio con el fin de valorar el efecto de la aplicación de la vinaza sobre las variables agronómicas e industriales de la caña de azúcar, variedad SP 71-5574. El experimento lo realizaron en Santa Eulalia de Atenas, a 800 m.s.n.m. Aplicaron a la siembra 50-150-50 Kg de N, P₂O₃ y K₂O/ha, respectivamente. Las dosis de vinaza evaluadas se fijaron con base en la cantidad de potasio aportada por la vinaza (2 g/l) y la cantidad necesaria para complementar con el potasio aplicado a la siembra, Las dosis de vinaza evaluadas fueron 20, 37 y 62 m³/ha aplicadas en forma pura y diluida (25%). Los resultados de las tres cosechas no presentan diferencias estadísticas significativas en ninguna de las variables evaluadas, a pesar de que en el segundo corte y tercer corte el tratamiento con 37 m³/ha de vinaza (75 Kg/ ha K₂O), superó al testigo en la producción de azúcar (TM/ha) en un 19% y 25% superando a todos los tratamientos con fertilizante químico. Concluyen que los tratamientos aplicados con fertilizante químico en todos los cortes no fueron tan positivos como los de vinaza, posiblemente por su aporte en otros nutrimentos esenciales para el cultivo. Estos resultados y los obtenidos en otros estudios similares, señalan que la vinaza es un excelente producto orgánico mejorador del suelo y cuyo uso en dosis de 37 m³/ha previo a la preparación del terreno, permite en suelos similares a los del estudio obtener mayores rendimientos del cultivo y

enriquecer la condición nutricional de las fincas de la región, además del beneficio que en salud pública se genera.

De acuerdo a Korndbrfer, G. (2010), los efectos de la aplicación de vinaza se traducen en aumentos en la producción de biomasa de caña, con este aumento biomasa ocurre una reducción de la concentración de azúcar, Estos efectos son los principales responsables de la disminución de la calidad de materia prima (sacarosa). Igualmente, señalan los siguientes comportamientos:

- La maduración de la caña se retarda en función de las dosis aplicadas de vinaza. Debido a que la vinaza contiene nitrógeno y materia orgánica es inevitable un alargamiento del periodo vegetativo de la caña, lo que afecta negativamente la calidad industrial, Dosis inferiores a 300 kg/ha de K_2O interfieren muy poco en la calidad de la materia prima.
- La reducción de la concentración de azúcar, es compensada en muchos casos por el aumento de la producción de tallos. En áreas donde se ha aplicado un exceso de vinaza es posible observar sus efectos en productividad aun después del cuarto corte.
- La aplicación de vinaza por un periodo de hasta veinte días después del corte resulta en una adecuada germinación de la caña soca y, como consecuencia, incide en el numero de plantas por área y aumenta la longevidad del cultivo.
- El potasio (K), contenido en la vinaza, así como el aplicado en forma de fertilizante (KCl), normalmente altera en forma significativa el contenido de cenizas en el jugo, debido a la absorción del K por la caña de azúcar.
- El elevado contenido de cenizas genera efectos negativos en la fabricación del azúcar. Por otro lado, en el proceso de producción de alcohol los constituyentes de las cenizas actúan como fuentes de nutrientes para las levaduras o como cofactores del proceso de fermentación.

Hernández, G. (2010), evaluaron el efecto de la vinaza y composta de cachaza

sobre las propiedades químicas del suelo, en la nutrición del cultivo, el rendimiento de caña, la calidad de los jugos y en el análisis comparativo de los costos de su uso como abonos orgánicos. El experimento fue realizado en el Ingenio Pujilic, en Chiapas, México. Los tratamientos evaluados fueron vinaza de 150 y 250m³/ha, fertilización química NPK (160-80-80), composta de cachaza de 15 tn/ha y un testigo. Los resultados muestran que las aplicaciones de vinaza y composta no afectaron el pH, la conductividad eléctrica ni la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Se observó que los tratamientos de vinaza de 250 m³/ha y composta de cachaza incrementaron los niveles de materia orgánica, K y P en el suelo. No encontraron diferencias significativas en el rendimiento de tallos y la calidad de los jugos no se vio afectada. Los efectos de la vinaza y composta de cachaza sobre el suelo no afectaron sus propiedades químicas; sin embargo, un año de estudio es poco tiempo para determinar con precisión su efecto residual.

Sarria, P. y Preston, T. (2010), indica que la aplicación de vinaza diluida como fertilizante en caña de azúcar dio como resultado un aumento del 74% en la producción promedio de 5 cortes. Igualmente dio resultados positivos en cultivos como frijol, algodón y millo.

Gómez, J. (2010), evaluó durante tres años consecutivos, el efecto de la aplicación de diferentes dosis de vinaza, complementada con fertilización mineral, en la producción y calidad de la caña de azúcar. Los resultados obtenidos revelan que la vinaza incrementa la producción de la caña de azúcar, sin afectar su calidad y evidencian que puede sustituir el 55 % del nitrógeno, el 72% del fósforo (P₂O₅) y el 100 % del potasio (K₂O), provenientes de la fertilización mineral. Los mejores rendimientos se obtuvieron cuando se incorporaron 50 m³/ha de vinaza en plantilla y 100 m³/ha en soca I y soca II.

3. Empleo de la vinaza en forrajes

En <http://www.dicyt.com>. (2010), se reporta que en la Estación Experimental Santa Catalina (Ecuador), se realizó una investigación, con seis tratamientos con diferentes niveles de fertilización con vinaza y uno con fertilización química. La

mayor eficiencia agronómica de la vinaza ocurre con la aplicación de 25 m³/hectárea/año, ya que cada metro cúbico incrementa 1,48 toneladas métricas por hectárea de materia verde; mientras que con niveles superiores a este, existe un decrecimiento de la eficiencia. Otra de las conclusiones de este ensayo es que el rendimiento fresco de la mezcla forrajera total, obtenido con la vinaza fue estadísticamente igual al obtenido con el fertilizante químico. Por consiguiente recomienda, de forma preliminar, la aplicación de 25 m³/año de vinaza, fraccionada en cinco aplicaciones al año. La aplicación se debe realizar después de cada corte o pastoreo en la cantidad de 5 m³/hectárea, para la producción de una mezcla forrajera

Jaramillo, R. (2010), con el objeto de brindar una alternativa de reutilización de la vinaza, condujo un ensayo de campo en el que comparó la respuesta agronómica que presenta una mezcla forrajera (raygrass inglés, raygrass italiano, pasto azul, trébol rojo, trébol blanco), a la adición de seis dosis de vinaza que van desde 0 a 125 m³ de vinaza/ha comparados con los resultados obtenidos con fertilización química (100N, 40P, 30K, 30S kg/ha), para establecer su efecto sobre la producción y rendimiento de la mezcla forrajera. Entre las respuestas obtenidas señala que la producción de forraje no fueron diferentes estadísticamente, aunque, relativamente con la dosis más alta de vinaza fue de 101.2% en relación con la fertilización química; sin embargo, la mejor eficiencia agronómica de la vinaza se da con el tratamiento de 25 m³ de vinaza/ha/año, ya que en este tratamiento cada m³ de vinaza incrementa 1,94 toneladas de forraje verde. En concordancia con esto la mejor relación beneficio/costo determinó con el mismo tratamiento, en el cual obtuvo un rendimiento/beneficio de 8,91 es decir que por cada dólar invertido se recupera el dólar y se obtiene una ganancia de 7,91 USD.

F. ESTUDIOS REALIZADOS EN LA ALFALFA CON DIFERENTES TIPOS DE FERTILIZACIÓN

Cornaglia, P. (2010), estimó la cobertura aérea mediante una técnica basada en fotografías digitales para seis momentos: desde la siembra hasta alcanzar aproximadamente el 85% de cobertura aérea en las parcelas. Los arreglos espaciales ensayados fueron:

- Cuadrado, líneas cruzadas con plantas equidistantes a 10 cm (C);
- Líneas, líneas paralelas separadas a 20 cm y plantas a 5 cm en la línea (L); y,
- Voleo, plantas dispuestas al azar (V).

Los resultados que obtuvieron se reportan en el cuadro 6.

Cuadro 6. EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA AÉREA DE LA ALFALFA (%) SEGÚN EL DISEÑO DE SIEMBRA.

Edad a partir del corte de igualación	Diseño de siembra					
	Línea		Voleo		Cuadrado	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
A los 3 días	3,29	1,47	4,51	1,85	6,89	0,92
A los 8 días	8,39	0,55	8,40	3,77	17,79	7,91
a los 15 días	17,86	2,97	26,32	12,44	55,68	22,76
A los 45 días	56,22	2,42	52,11	10,77	73,66	22,01
A los 54 días	73,66	22,01	74,33	4,94	87,49	8,97
A los 81 días	85,37	8,36	76,59	11,43	87,49	8,97

D.E: Desviación estándar.

Fuente: Cornaglia, P. et al. (2010).

Aragadvay, R. (2010), en la Estación Experimental Tunshi de la ESPOCH al evaluar el efecto de la aplicación de diferentes niveles de bacterias *Rhizobium meliloti* con la adición de estiércol de cuy en la producción forrajera del *Medicago sativa* (alfalfa), a los 45 días post corte, determinó al utilizar 500 y 750 g/ha en el primer corte alturas de la planta de 85.63 y 93.00 cm, 29.58 y 32.21 tallos/planta, coberturas basales de 10.50 y 11.17 %, cobertura aérea de 33.83 y 38.79 %; la producción de materia seca fue de 22.61 y 14.85 Tn/ha/año. En el segundo corte los resultados con los mismos niveles fueron 87.88 y 96.54 cm de altura, 24.00 y 26.67 tallos por planta, 11.50 % de cobertura basal, 31.42 y 42.67 % de cobertura aérea y una producción de materia seca de 19.43 y 14.31 Tn/ha de materia seca.

Chacón, D. (2011), al evaluar el comportamiento productivo del pasto *Medicago sativa* (alfalfa), en la fase de prefloración, por efecto del empleo de diferentes niveles de abono foliar biol en dos cortes de evaluación en la Estación

Experimental Tunshi de la ESPOCH, determinó que el número de tallos/planta fue entre 19.00 y 22.83, con alturas de planta entre 63.35 y 79.63 cm, la cobertura basal entre 22.12 y 26.71 %, cobertura aérea de 80.08 a 86.58 %, con producciones de forraje verde de 7.79 a 8.42 tn/ha/corte y de 72.75 a 73.96 tn/ha/año, con relación a la producción de forraje en materia seca obtuvo entre 17.39 y 19.53 tn/ha/año, existiendo entre estos resultados diferencias estadísticas, que en todos los casos la aplicación del biol, mejoró los índices productivos de este pasto.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El trabajo de investigación se realizó en la Hacienda Experimental Tunshi, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, la cual se halla localizada en el Km 12 de la vía Riobamba-Licto, Provincia de Chimborazo a 2750 m.s.n.m., 79°40´ Longitud W y 01 °65´ de latitud Sur.

Las condiciones meteorológicas y edáficas del lugar, donde se realizó la investigación se reportan en los cuadros 7 y 8.

Cuadro 7. CONDICIONES METEREOLÓGICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI DE LA ESPOCH.

Características	AÑOS				Promedio
	2007	2008	2009	2010	
Temperatura, °C	13.20	13.00	13.50	12.70	13.10
Precipitación, mm.	628.80	531.60	500.40	573.60	558.60
Humedad relativa, %	71.00	70.00	63.00	61.00	66.25

Fuente: Estación Meteorológica, Facultad de Recursos Naturales. ESPOCH (2011).

Cuadro 8. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.

Parámetros	Valores
pH	7.4
Relieve	Plano
Tipo de suelo	Franco arenoso
Riego	Dispone
Drenaje	Bueno
Pendiente	1-1.5%

Fuente: Estación Meteorológica, Facultad de Recursos Naturales. ESPOCH. (2011).

El trabajo experimental tuvo una duración de 120 días.

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

Se utilizaron un total de 12 parcelas del pasto establecido *Medicago sativa* (Alfalfa), con un área de 20 m² (4 x 5 m), cada una, con una separación entre bloques o parcelas de 1 m por lado, correspondiendo cada parcela a una unidad experimental.

C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES

Los materiales, equipos e insumos utilizados fueron los siguientes:

- Pastizal de *Medicago sativa* establecido
- Vinaza
- Rótulos de identificación
- Azadón
- Rastrillo
- Hoz
- Guantes
- Flexómetro
- Regla
- Piola de albañilería
- Estacas
- Recipientes
- Balanza
- Cuadrante
- Botas
- Libreta de apuntes
- Computadora
- Cámara fotográfica

D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se evaluó el comportamiento productivo de la alfalfa durante la etapa de prefloración (hasta los 45 días postcorte), por efecto de la utilización de tres

niveles de vinaza (4000, 5000, 6000 lt/ha), aplicados en forma basal, en dos cortes consecutivos, para ser comparado con un tratamiento control (sin aplicación de vinaza), por lo que se contó con cuatro tratamientos experimentales, con tres repeticiones, cada uno, los mismos que fueron distribuidos bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), y que para su análisis se consideró un arreglo combinatorio, donde el Factor A estuvo conformado por los niveles de vinaza y el Factor B por el número de cortes, sin considerarse su interacción, por lo que se ajustaron al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + b_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk}	=	Valor del parámetro en determinación
μ	=	Media
α_i	=	Efecto de los niveles de vinaza
β_j	=	Efecto del número de cortes
b_{ij}	=	Efecto de los bloques
ϵ_{ijk}	=	Efecto del error experimental

El esquema del experimento empleado se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO POR CORTE.

Niveles de biol	Código	Repeticiones por corte		T.U.E.*	m ² /tratamiento
		Primero	Segundo		
Testigo	V0	3	3	20	60
4000 lt/ha	V1	3	3	20	60
5000 lt/ha	V2	3	3	20	60
6000 lt/ha	V3	3	3	20	60
Total área experimental, m ²					240

T.U.E.*: Tamaño de la unidad experimental, 20 m².

La composición química de la vinaza empleada se reporta en el cuadro 10.

Cuadro 10. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FERTILIZANTE VINAZA.

Parámetro	Unidad	Contenido	Método de determinación (PEE/LAB-CESTTA)
Nitrógeno	%	4.49	Kjeldhal
Potasio asimilable	mg/kg	255.07	Absorción atómica
Fósforo asimilable	mg/kg	2.50	Espectrofotométrico
Calcio asimilable	mg/kg	1749.20	Absorción atómica
Magnesio asimilable	mg/kg	58.30	Absorción atómica
Zinc asimilable	mg/kg	1.30	Absorción atómica
Hierro asimilable	mg/kg	1624.45	Absorción atómica
Cobre asimilable	mg/kg	1.14	Absorción atómica
Manganeso asimilable	mg/kg	2.20	Absorción atómica

Fuente: Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LAB-CESTTA, ESPOCH (2010).

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Las mediciones experimentales que se realizaron en los dos cortes consecutivos fueron las siguientes:

- Altura de la planta, cm
- Cobertura basal, cm
- Cobertura aérea, cm
- Producción de forraje verde, kg
- Producción de materia seca, kg
- Tallos por planta, N°
- Composición química del suelo antes y después del ensayo, %
- Análisis bromatológico, %
- Análisis del Beneficio/costo

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Los resultados experimentales fueron sometidos a los siguientes análisis:

- Análisis de varianza para las diferencias (ADEVA).

- Prueba de Tukey, para la separación de medias al nivel de $P < 0.05$.
- Determinación de las líneas de tendencia mediante el análisis de la regresión polinomial.

El esquema del análisis de varianza que se empleó, se reporta en el cuadro 11, donde se incluyen el Factor A conformado por los niveles de vinaza y el factor B por el número de cortes.

Cuadro 11. ESQUEMA DEL ADEVA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	23
Factor A (Niveles de vinaza)	3
Factor B (N° de corte)	1
Bloques	2
Error experimental	17

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El inicio del trabajo experimental fue con la división del terreno en un área de 240 m², en 3 bloques para cada uno de los tratamientos (3 niveles de vinaza más el control), dando un total de 12 parcelas y cada una de 20 m².

Luego se realizó el corte de igualación a los 7 días de haberse establecido las unidades experimentales, este corte se efectuó a una altura de 5 cm, para que el nuevo rebrote sea homogéneo en todas las plantas.

Una vez realizado el corte de igualación, se aplicó en las parcelas correspondientes los niveles de vinaza (4000-5000-6000 lt/ha), considerados, en la zona basal del cultivo, para posteriormente establecer su efecto hasta el segundo corte de evaluación. Las variables experimentales fueron medidas a los 45 días que corresponden a la fase fenológica de prefloración.

Las labores culturales fueron homogéneas para todas las parcelas, principalmente las deshierbas y el riego del agua.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. Altura de la planta

La altura de la planta se determinó con una regla graduada en cm, midiendo desde la base de la planta hasta la media terminal de la hoja más alta, considerando muestras al azar de 8 plantas en la zona intermedia de la parcela, para sacar un promedio general y eliminar el efecto del borde.

2. Número de tallos por planta

El número de tallos/planta se estableció tomando en consideración 8 plantas al azar por cada unidad experimental y se contó el número de tallos por planta y se estableció su promedio.

3. Cobertura basal

Para establecer la cobertura basal se utilizó el método de la línea de Canfield, en el cual se procede de la siguiente manera: se mide el área ocupada por la planta en el suelo, se suma el total de las plantas presentes en el transepto y por relación se obtiene el porcentaje de cobertura.

4. Cobertura aérea

El procedimiento utilizado fue similar que para la determinación de la cobertura basal, con la diferencia que la cinta se ubicará a la altura media de la planta.

5. Producción de forraje verde y materia seca

Se trabajó en función al peso, se cortó una muestra representativa de cada parcela, en 1 m² escogidas al azar, dejando para el rebrote a una altura de 5 cm, el peso obtenido se relacionó con el 100% de parcela, y posteriormente se estableció la producción en tn/ha/corte.

Esta respuesta luego se multiplicó por el número de cortes que se pueden obtener al año y expresarse la producción de forraje verde en tn/ha/año.

Para calcular la producción de forraje en materia seca, primeramente se tomaron muestras representativas de cada parcela para ser enviadas al Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LAB-CESTTA, de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, y en base a los resultados reportarlos, relacionarlos con la producción de forraje verde, y obtener la producción de forraje en materia seca en base al siguiente propuesto:

$$\text{Producción forraje en materia seca, tn/ha/año} = \frac{\text{PFV} \times \text{Contenido de M. S.}}{100}$$

Donde:

PFV = Producción de forraje verde, tn/ha/año

Contenido de M.S. = Reporte del contenido de materia seca en el pasto, expresada en porcentaje

6. Análisis bromatológico

Para la determinación del análisis bromatológico del pasto de alfalfa, se tomaron muestras al azar de las plantas de cada uno de los tratamientos y se enviaron al Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LAB-CESTTA, de la Facultad de Ciencias, de la ESPOCH.

7. Composición química del suelo antes y después del ensayo

La composición físico-química del suelo se estableció a través de muestras enviadas al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH, las mismas que se tomaron al inicio (al corte de igualación) y al final del trabajo experimental (al final del segundo corte de evaluación).

8. Análisis Beneficio/Costo

Se determinó a través del indicador beneficio costo el mismo que se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Beneficio/ Costo} = \frac{\text{Ingresos Totales}}{\text{Egresos Totales}}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. **COMPORTAMIENTO AGROBOTÁNICO DE LA ALFALFA**

1. Altura de la planta, cm

Las alturas de las plantas de la alfalfa (*Medicago sativa*), a los 45 días después del corte de igualación, presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), entre las medias del tratamiento control con las que recibieron la fertilización con vinaza, ya que las plantas del grupo control presentaron una altura de 60.43 cm, frente a 69.02 cm en las plantas que se utilizaron 4000 lt/ha de vinaza, alturas que se reducen ligeramente cuando se emplearon mayores niveles de vinaza, pues se registraron valores de 68.95 y 68.31 cm, con el empleo de 5000 y 6000 lt/ha, respectivamente (cuadro 12), aunque entre las medias por efecto de la fertilización son estadísticamente similares, por que comparten el mismo rango de significancia, pero a través del análisis de la regresión, se terminó una tendencia cuadrática altamente significativa (gráfico 1), que establece que cuando se utiliza 4000 lt/ha de vinaza la altura de la planta se incrementa, pero con niveles superiores estas tienden a reducirse, pero que son superiores a las determinadas del grupo control, lo que demuestra que al emplearse una fertilización con abono orgánico, en este caso la vinaza, las plantas presentaron un mejor desarrollo, reflejados en su altura, ya que las plantas tuvieron a disposición una mayor cantidad de nutrientes, por cuanto <http://www.dicyt.com>. (2010), señala que la vinaza esta compuesta por materiales orgánicos y nutrientes minerales que forman parte de compuestos como aminoácidos, proteínas, lípidos, ácidos orgánicos diversos, enzimas, bases, ácidos nucleicos, clorofila, lignina, quinonas, azúcares, lo que permite considerarla como abono orgánico.

Al evaluarse las alturas de las plantas por efecto de los cortes de evaluación, estas no presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), a pesar de que numéricamente en el primer corte se alcanzó mayores alturas (68.08 cm), que en el segundo corte (65.27 cm), lo que puede deberse a lo que señala Urbano, P. (2010), quien reporta que la materia orgánica de las vinazas es muy lábil, por lo que posiblemente el aporte de nutrientes hasta el segundo corte de evaluación se

Cuadro 12. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LA ALFALFA (Medicago sativa), POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE VINAZA EN FORMA BASAL (EVALUADOS EN DOS CORTES CONSECUTIVOS).

Parámetros	Testigo (0 lt/ha)	Niveles de vinaza (lt/ha)			Prob.	N° de corte		C.V. (%)	
		4000	5000	6000		Primero	Segundo		Prob.
Altura de planta, cm	60,43 b	69,02 a	68,95 a	68,31 a	0,002 **	68,08 a	65,27 a	0,089 ns	7,89
Tallos por planta, N°	27,90 c	30,94 a	29,40 b	28,46 bc	0,000 **	28,38 b	29,97 a	0,000 **	5,59
Cobertura aérea, %	24,50 b	29,37 a	29,20 a	29,23 a	0,001 **	27,83 a	28,33 a	0,559 ns	10,63
Cobertura basal, %	12,03 b	13,35 ab	14,17 a	14,08 a	0,015 *	12,73 b	14,08 a	0,009 **	11,38
Producción forraje verde, tn/ha/corte (1)	8,86 a	8,96 a	9,32 a	9,06 a	0,976 ns	8,56 a	9,55 a	0,199 ns	9,95
Producción forraje verde, tn/ha/año (1)	70,93 a	71,61 a	74,65 a	72,42 a	0,974 ns	68,46 a	76,44 a	0,200 ns	9,95
Prod. en materia seca, tn/ha/año (1)	16,50 a	16,65 a	17,57 a	17,32 a	0,937 ns	16,08 a	17,96 a	0,198 ns	10,00

Fuente: López, A. (2010).

C.V.: Coeficiente de variación, %.

(1): V valores ajustados por emdío de raíz cuadrada.

Prob. > 0.05: No existen diferencias estadísticas (ns).

Prob. < 0.05: Existen diferencias significativas (*).

Prob. < 0.01: Existen diferencias altamente significativas (**).

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey.

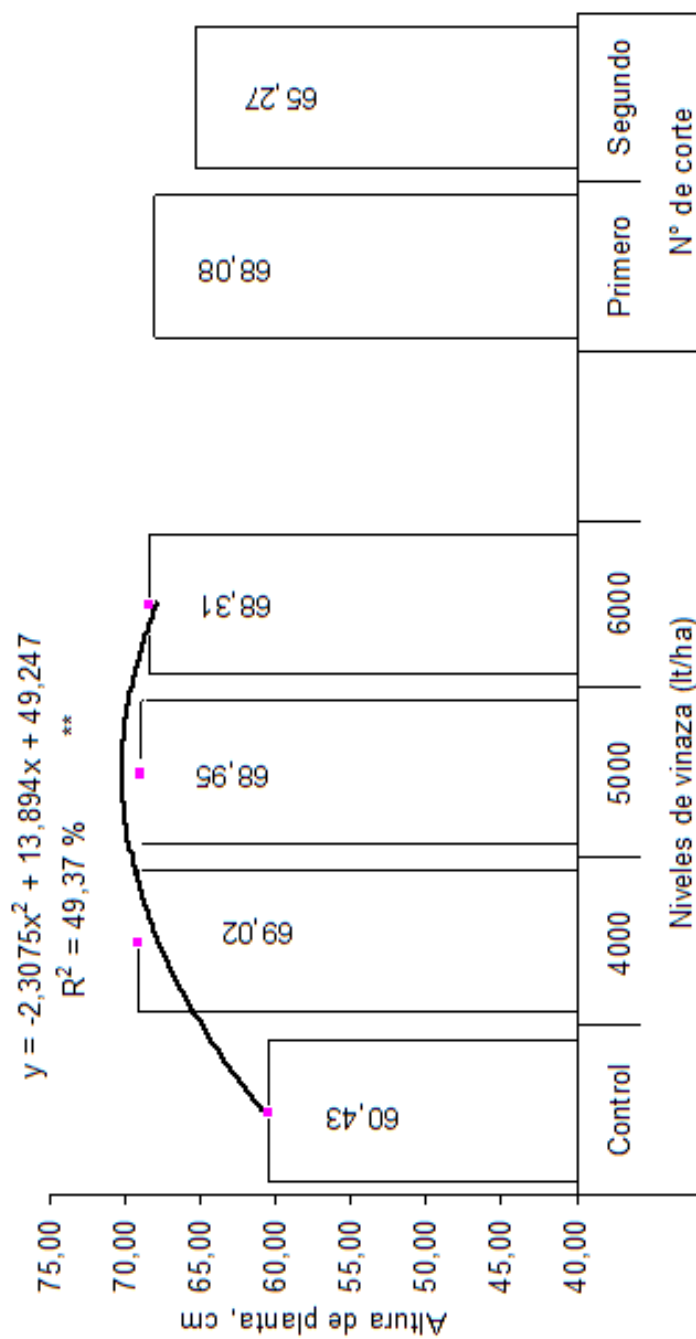


Gráfico 1. Comportamiento de la altura de la planta (cm), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.

vio limitado, por lo que es necesario efectuar una aplicación de este abono cada que se realiza el corte del forraje.

Los resultados obtenidos comparados con otros resultados de investigaciones que utilizaron diferentes tipos de abonos o fertilizantes, muestran diferentes comportamientos, por cuanto que son superiores a los encontrados por Bayas, A. (2003), quien al utilizar bokashi, te de estiércol y biosol como biofertilizantes en la producción de alfalfa obtuvo alturas de las planta en prefloración de 40.60, 43.14, 34.71 cm, en su orden, en cambio guardan relación con el estudio de Chacón, D. (2011), quien al emplear diferentes niveles de abono foliar biol determinó alturas de planta entre 63.35 y 79.63 cm, en cambio que presentan ser inferiores respecto al trabajo de Aragadvay, R. (2010), quien al aplicar diferentes niveles de bacterias *Rhizobium meliloti* más la adición de estiércol de cuy, determinó alturas de planta entre 85.63 y 93.00 cm, por lo que al parecer la alfalfa responde mejor a la adición de fuentes de nitrógeno, por cuanto la alfalfa, obtiene el nitrógeno mediante su relación simbiótica con las bacterias del género Rizobium (<http://ww2.fundacionchile.cl>. 2009), además de que Korndbrfer, G. et al. (2010), señalan que debido a la composición química variable y al desbalance de nutrientes en la actividad biológica de las plantas, la aplicación de vinaza requiere con frecuencia una complementación con fertilización nitrogenada.

2. Tallos por planta, N°

El número de tallos por planta encontrados, presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), entre las medias determinadas por efecto de los diferentes niveles de vinaza empleados, registrándose el mayor número de tallos en las plantas que se fertilizaron con 4000 lt/ha de vinaza, con una media de 30.94 tallos/planta, que se redujeron a 29.40 tallos/planta cuando se empleó 5000 lt/ha y a 28.46 tallos/planta con 6000 lt/ha, en cambio que las plantas del grupo control, presentaron apenas 27.90 tallos/planta, por lo que mediante el análisis de la regresión, se estableció una tendencia cuadrática altamente significativa (gráfico 2), que establece que el número de tallos/planta se incrementa cuando se emplean niveles de fertilización con vinaza en cantidades de 4000 lt/ha, pero con niveles superiores tiende a reducirse, debido a lo que señala Urbano, P. (2010),

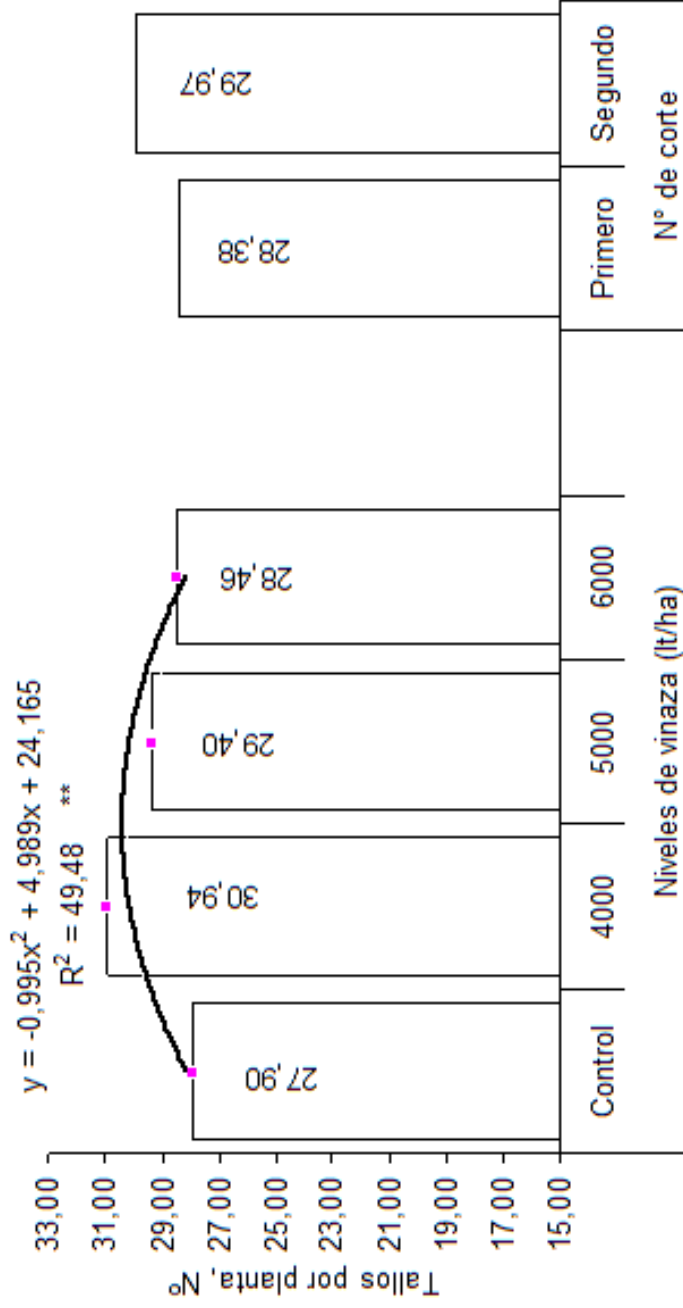


Gráfico 2. Comportamiento del número de tallos/planta (N°), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.

quien indica que en los casos de fuertes dosis de vinazas, en suelos ligeros someterlos a elevado régimen de humedad percolante puede producirse una importante lixiviación de nitratos.

De acuerdo al número de cortes evaluados, las medias encontradas presentaron diferencias altamente significativas, por cuanto en el segundo corte se observó un mayor número de tallos por planta que en el primer corte, ya que los valores determinados fueron de 29.97 frente a 28.38 tallos/planta, respectivamente, respuestas que al relacionarles con la altura de planta, permiten indicar que las plantas desarrollaron un mayor número de tallos, pero se redujo su altura, esto tomando en consideración las respuestas encontrados en los dos cortes evaluados.

Las respuestas encontradas, son superiores respecto al trabajo de Chacón, D. (2011), quien al estudiar el efecto de diferentes niveles abono foliar determinó entre 19.00 y 22.83 tallos/planta, pero guardan relación con el reporte de Aragadvay, R. (2010), quien señala que al aplicar diferentes niveles de bacterias *Rhizobium meliloti* con la adición de estiércol de cuy en la alfalfa registró entre 29.58 y 32.21 tallos/planta, lo que pone de manifiesto que la vinaza según Urbano, P. (2010), esta considerada como un fertilizante orgánico nitrogenado-fosfórico de origen vegetal, ya que las respuestas alcanzadas son superiores al reporte del empleo del biol, debido al mayor aporte de nitrógeno al suelo que proporciona la vinaza, mejorando la disponibilidad de alimento para las plantas, además de que actúa como un complejo fertilizador natural, por que contiene ácidos húmicos, enzimas de crecimiento, hormonas y vitaminas (Gómez, J. 2010), lo que favoreció para que las plantas presenten un mayor número de tallos.

3. Cobertura basal, %

Las coberturas basales de las plantas de alfalfa, presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), por el efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza, encontrándose las mayores coberturas (14.17 y 14.08 %), al emplearse los niveles 5000 y 6000 lt/ha, seguidas del empleo de 4000 lt/ha, cuyas plantas registraron una cobertura basal de 13.35, en tanto que en las plantas del grupo

control fueron de apenas 12.03 %, respuestas revelan mediante el análisis de regresión una tendencia cuadrática altamente significativa (gráfico 3), que denota que la cobertura basal se incrementa en las plantas conforme se elevan los niveles de vinaza hasta 500 lt/ha, pero con niveles superiores, esta comienza a reducirse; lo que confirma lo indicado en <http://www.inti.gov.ar>. (2010), en que el uso de cantidades elevadas de vinaza como fertilizante genera el peligro de que pudiesen tener problemas de salinización del suelo y restringir el desarrollo de la planta.

Las respuestas de cobertura basal de acuerdo al número de cortes, estas presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), siendo mayor la cobertura en el segundo corte que en el primero por cuanto se determinó valores de 14.08 y 12.73 %, en su orden, lo que se confirma lo indicado por Korndbrfer, G. et al. (2010), que señalan que las áreas que reciben vinaza, además de mejorar la productividad agrícola, pueden aumentar la vida útil del cultivo en uno a dos cortes adicionales.

Tomando como referencia el trabajo de Aragadvay, R. (2010), quien con el empleo de diferentes niveles de bacterias *Rhizobium meliloti* más la adición de estiércol de cuy en la producción de alfalfa, registró coberturas basales de 10.50 y 11.17 %, se considera que las respuestas obtenidas en el presente trabajo son superiores, a diferencia del estudio de Chacón, D. (2011), quien al utilizar diferentes niveles de biol, determinó que la cobertura basal varió entre 22.12 y 26.71 %, por lo que se considera que con la aplicación de un fertilizante foliar, se alcanza mayores coberturas basales, pero que en todo caso, se demuestra que con el empleo de la vinaza el comportamiento agrobotánico de los pastizales de alfalfa se mejoran, ya que los abonos orgánicos proporcionan una serie de ventajas a los cultivos, como los que señala Trinidad, A. (2008), quien reporta que estos abonos aplicados en forma basal, influyen favorablemente sobre las características del suelo, como son: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de agregados, poniendo a disposición de las plantas los nutrientes para que sean asimilados con mayor facilidad.

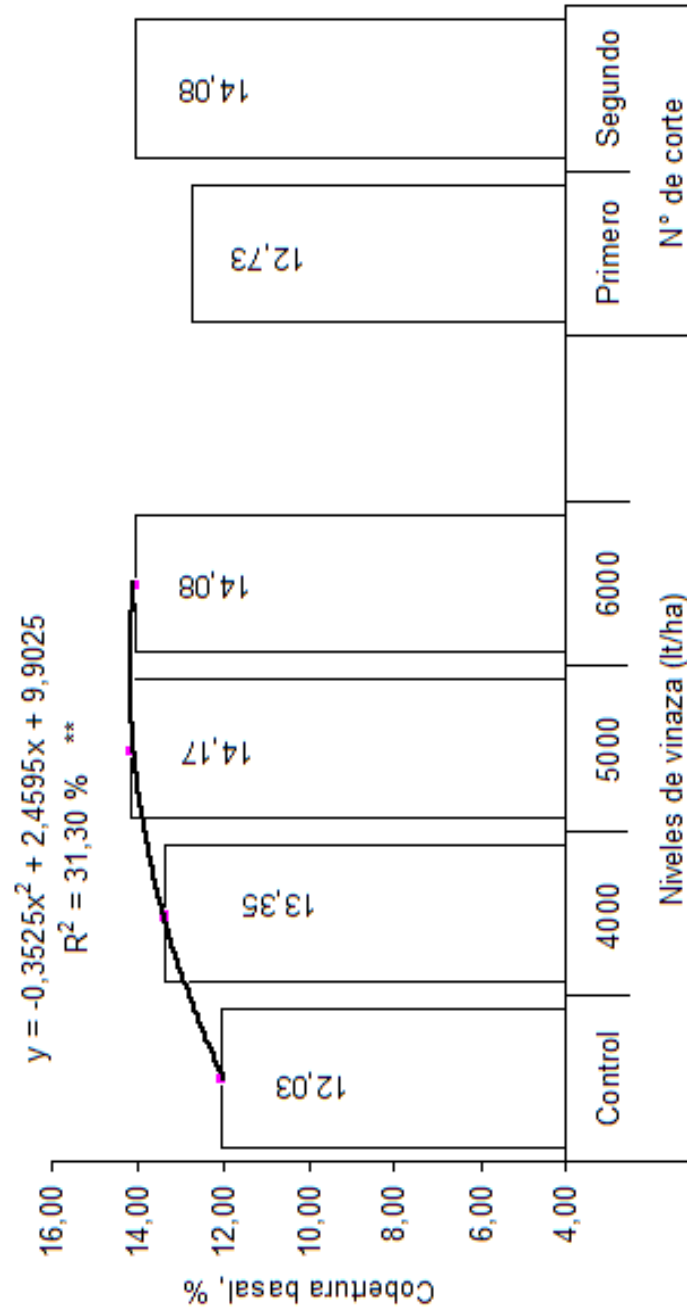


Gráfico 3. Comportamiento de la cobertura basal (%), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.

4. Cobertura aérea, %

Las coberturas aéreas de la alfalfa, presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), entre las respuestas de las plantas del grupo control con las que recibieron la fertilización con vinaza, por cuanto de una cobertura aérea de 24.50 %, se elevaron con la aplicación de vinaza a 29.37 % con 4000 lt/ha, a 29.20 % con 5000 lt/ha y a 29.23 % con 6000 lt/ha, por lo que el análisis de la regresión determinó una tendencia cuadrática altamente significativa (gráfico 4), que determina que la cobertura aérea se eleva alcanza su mayor punto cuando se utiliza la vinaza hasta 4000 lt/ha, pero con niveles superiores, ésta tiende a reducirse ligeramente, lo que demuestra lo reportado por Korndbrfer, G. et al. (2010), quienes indican que la vinaza utilizada con criterio racional satisface plenamente las necesidades de N, K y S, además, según Arana, R. (2010), la vinaza contiene una composición nutricional, química y biológica que lo convierten en un desecho con inmenso potencial fertilizante para uso agropecuario. Entre los elementos que posee este compuesto se encuentran el calcio, magnesio, nitrógeno, fósforo y potasio, ya que con su aplicación se obtuvieron mayores coberturas aéreas que las plantas del grupo control.

Por efecto del número de cortes, las coberturas aéreas de las plantas no fueron diferentes estadísticamente ($P > 0.05$), aunque numéricamente en el primer corte se observó una menor cobertura (27.83 %), que en el segundo corte (28.33 %), lo que puede deberse a que los abonos orgánicos tienen una descomposición lenta y cuyo efecto es prolongado, por lo que las plantas en el segundo corte, tuvieron una mayor disponibilidad de nutrientes principalmente del potasio, lo que confirma lo manifestado por Alfaro, R. y Alfaro, J. (2010), que señalan que debido a su alto contenido de materia orgánica, presenta una alta concentración de potasio, nutrimento esencial y requerido por la alfalfa; además debe tenerse en cuentas lo indicado por Moreno, G. y Talbot, M. (2010), quienes indican que el potasio es el nutriente requerido en mayores cantidades para lograr una alta producción. El potasio esta presente en la planta en una concentración mayor a la de cualquier otro elemento mineral, con la posible excepción del Nitrógeno. Por lo que, con frecuencia el Potasio es el elemento mineral clave para la obtención de máximos rendimientos y calidad en alfalfa.

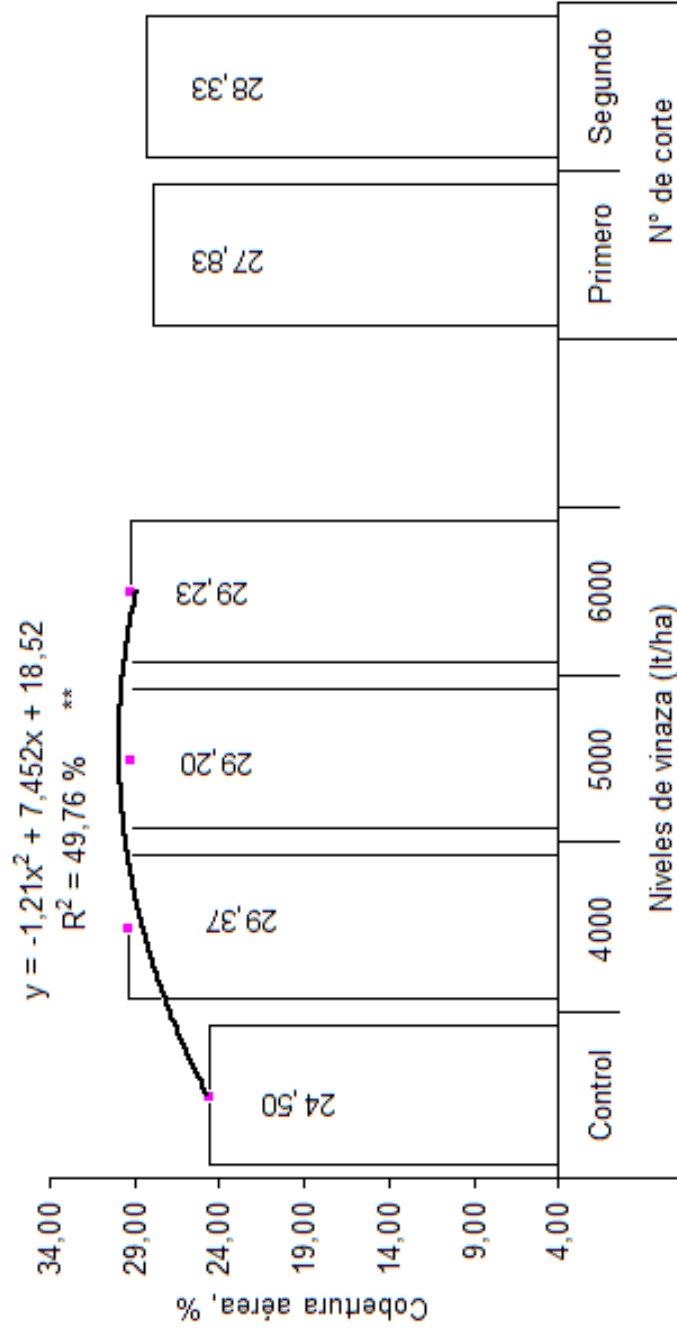


Gráfico 4. Comportamiento de la cobertura aérea (%), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.

Los resultados obtenidos de cobertura aérea son inferiores con relación a las respuestas obtenidas por Aragadvay, R. (2010), quien encontró que el pasto alfalfa presentó coberturas aéreas entre 33.83 y 38.79 %; cuando utilizó diferentes niveles de bacterias *Rhizobium meliloti* con la adición de estiércol de cuy; siendo aún mayor las diferencias con respecto al trabajo de Chacón, D. (2011), quien al emplear fertilización foliar con biol, determinó coberturas de 80.08 a 86.58 %, por lo que se considera que la vinaza debido a la composición química variable y al desbalance de nutrientes en la actividad biológica la aplicación de vinaza requiere con frecuencia una complementación con fertilizantes nitrogenados, ya que Korndbrfer, G. et al. (2010), indican que en varios trabajos que se evaluaron los requerimientos de N, a pesar de obtener resultados contradictorios o no concluyentes, señalan que en áreas con aplicación de vinaza existe una mejor respuesta a fertilización nitrogenada.

B. PRODUCCIÓN DE FORRAJE

1. Materia verde por corte, tn/ha/corte

Las medias de la producción de forraje verde determinadas por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en las plantas de alfalfa, no registraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), aunque numéricamente las producciones variaron entre 8.86 y 9.32 Tn/ha/corte, observadas en las parcelas del grupo control y en las que se aplicaron 5000 lt/ha de vinaza, en su orden (gráfico 5), lo que denota que la vinaza mejora únicamente las características agrobotánicas de la alfalfa, pero no influye en la cantidad de forraje obtenido, por cuanto las respuestas concuerdan con el comportamiento señalado por Jaramillo, R. (2010), quien con el objeto de brindar una alternativa de reutilización de la vinaza, condujo un ensayo de campo en el que comparó la respuesta agronómica que presenta una mezcla forrajera (raygrass inglés, raygrass italiano, pasto azul, trébol rojo, trébol blanco), a la adición de seis dosis de vinaza que van desde 0 a 125 m³ de vinaza/ha comparados con los resultados obtenidos con fertilización química (100N, 40P, 30K, 30S kg/ha), para establecer su efecto sobre la producción y rendimiento de la mezcla forrajera señalada, estableciendo que los resultados obtenidos de la producción de forraje no fueron diferentes estadística-

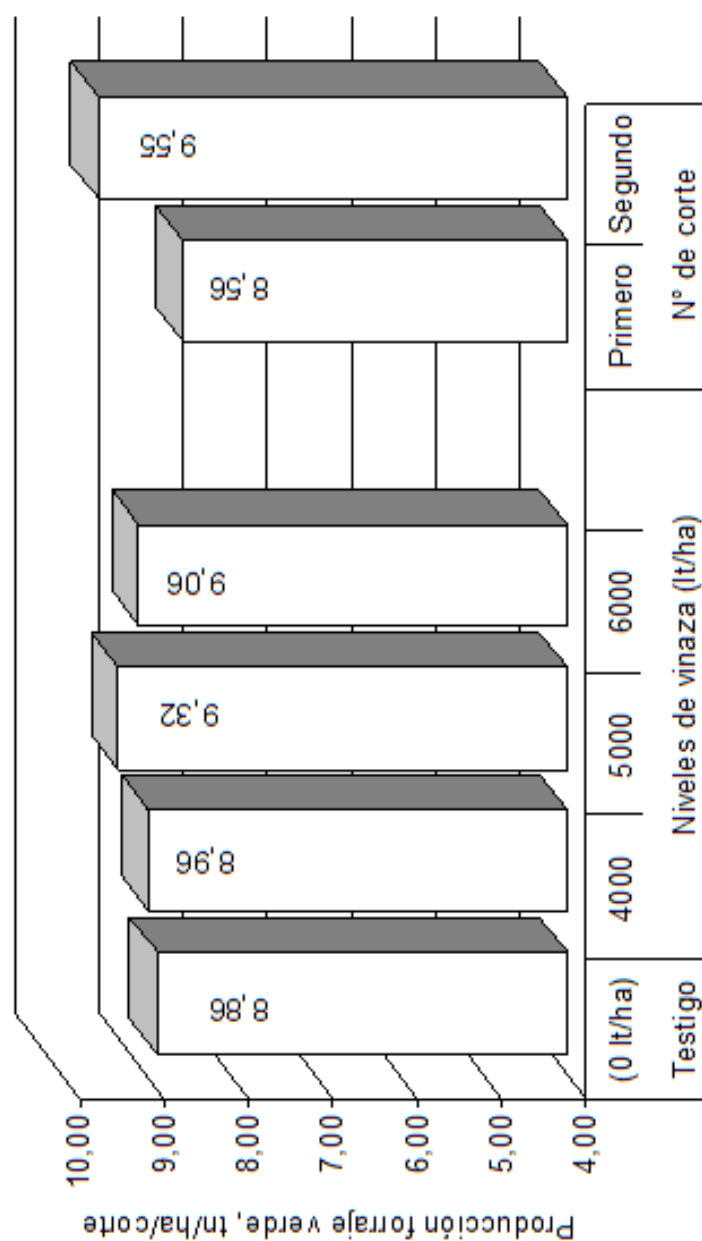


Gráfico 5. Producción de forraje verde por corte (tn/ha/corte), de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.

mente; de igual manera, <http://www.dicyt.com>. (2010), reporta que al evaluar seis tratamientos con diferentes niveles de fertilización con vinaza y uno con fertilización química, el rendimiento fresco de la mezcla forrajera total, obtenido con la vinaza fue estadísticamente igual al obtenido con el fertilizante químico.

Tomando en consideración el número de cortes de evaluación, se determinó que las producciones de forraje verde por corte no fueron diferentes estadísticamente ($P>0.05$), aunque la producción del segundo corte fue mayor en una tn, por cuanto las cantidades determinadas fueron de 8.56 y 9.55 tn/ha en el primero y segundo corte, respectivamente; valores que guardan relación con los reportados en <http://www.picasso.com.ar>. (2010), donde se indica que dependiendo de las condiciones ambientales y las características de la variedad de la alfalfa, puede conseguirse entre 8 y 15 tn de forraje verde por temporada, además de que se enmarcan dentro de las respuestas reportadas por Aragadvay, R. (2010) y Chacón, D. (2011), quienes señalan haber obtenido producciones de forraje verde de 8.40 a 11.01 %; y de 7.79 a 8.42 tn/ha/corte, respectivamente, cuando evaluaron diferentes niveles de bacterias *Rhizobium meliloti* con la adición de estiércol de cuy; y, varios niveles fertilización foliar con biol; valores que determinan que la aplicación de fertilizantes, cual fuese su origen, favorecen la nutrición de las plantas, a través del suministró de los elementos que precisen para completar su nutrición.

2. Materia verde por año, tn/ha/año

La aplicación de los diferentes niveles de fertilización con vinaza, no afectaron estadísticamente ($P>0.05$), la producción de forraje verde obtenida al año, a pesar de que numéricamente se registraron variaciones entre 70.93 y 74.65 tn/ha/año, en las plantas del grupo control y cuando se empleó 5000 lt/ha de vinaza, que son los caos extremos respectivamente (gráfico 6), por consiguiente se coincide con lo que reportaron Jaramillo, R. (2010) y <http://www.dicyt.com>. (2010), quienes determinaron que con la adición de vinaza los resultados obtenidos de la producción de forraje no fueron diferentes estadísticamente; además la producción de forraje verde por año obtenidas, guardan relación con los reportados por Aragadvay, R. (2010), quien estableció producciones entre 67.97 y

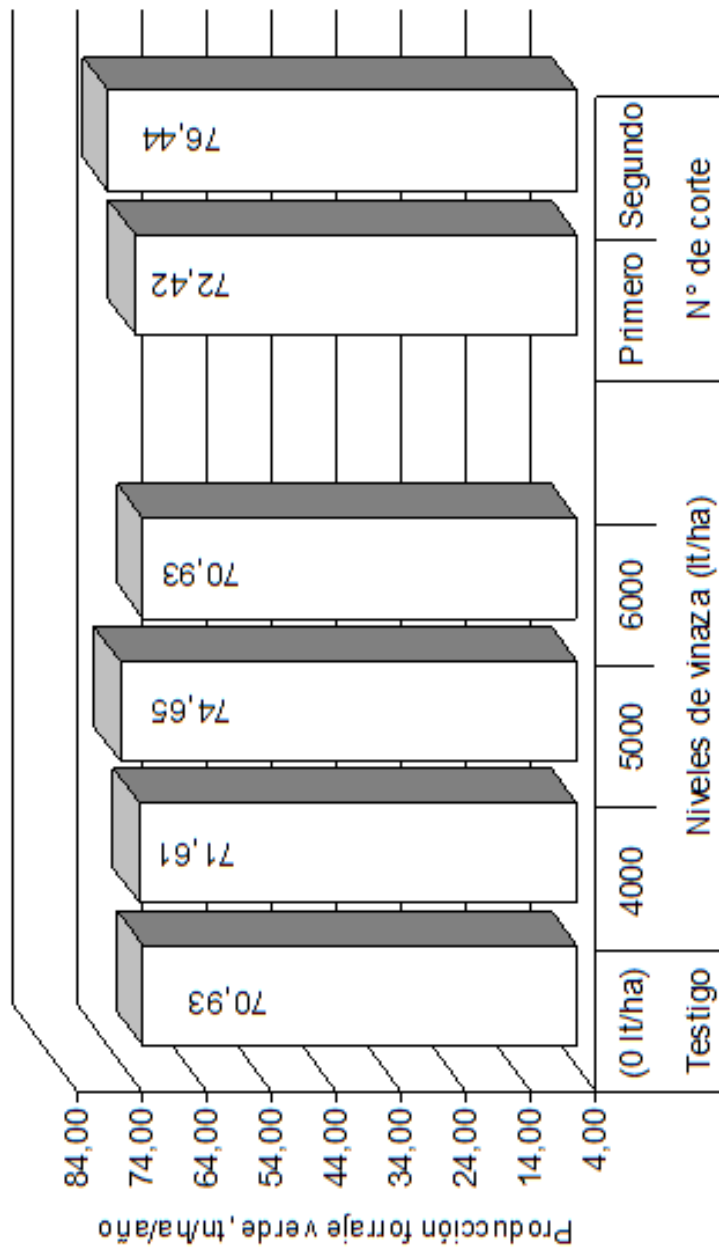


Gráfico 6. Producción de forraje verde por año (tn/ha/año), de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.

100.18 tn/ha/año, así como con los resultados alcanzados por Chacón, D. (2011), quien registró producciones de forraje verde entre 71.37 y 73.96 tn/ha/año, respuestas que confirman lo indicado por Korndbrfer, G. et al. (2010), en que la utilización racional de la vinaza mejora las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, siendo necesario complementar con una fertilización nitrogenada para elevar los rendimientos productivos de las praderas de alfalfa.

3. Materia seca, tn/ha/año

Los resultados de la producción de materia seca (MS), no registraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$), por efecto de los diferentes niveles de fertilización con vinaza, aunque numéricamente se observó una mayor producción en las plantas de las parcelas que recibieron 5000 lt/ha de vinaza con 17.57 tn/ha/año, seguidas de las plantas que recibieron 4000 y 6000 lt/ha de vinaza, de las cuales se obtuvieron 16.65 y 16.50 tn/ha/año de MS, en cambio que las plantas del grupo control presentaron la menor cantidad de forraje en materia seca con 16.50 tn/ha/año (gráfico 7), respuestas que denotan que el empleo de la vinaza tuvo un efecto ligeramente favorable en cuanto a la producción de materia seca. Por otra parte, los resultados obtenidos guardan relación con las alcanzadas por Aragadvay, R. (2010), quien determinó producciones de forraje en materia seca entre 11.96 y 22.61 tn/ha/año, de igual manera Chacón, D. (2011), alcanzó producciones de forraje en materia seca entre 17.39 y 19.53 tn/ha/año, respuestas que pueden deberse a lo que Di Nucci, E. y Valentinuz, O. (2010), señalan, que la acumulación de forraje es la respuesta del genotipo al medio ambiente; la radiación solar, a través de la fotosíntesis, así como de la temperatura y de la cantidad de lluvias que se pueden presentar durante el desarrollo del cultivo, ya que este fenómeno ayuda a la disolución y descomposición de los nutrientes aportados a la planta por medio de la utilización de la fertilización.

C. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL FORRAJE DE ALFALFA

El análisis proximal del forraje de la alfalfa, obtenido de los pastizales que se ferti-

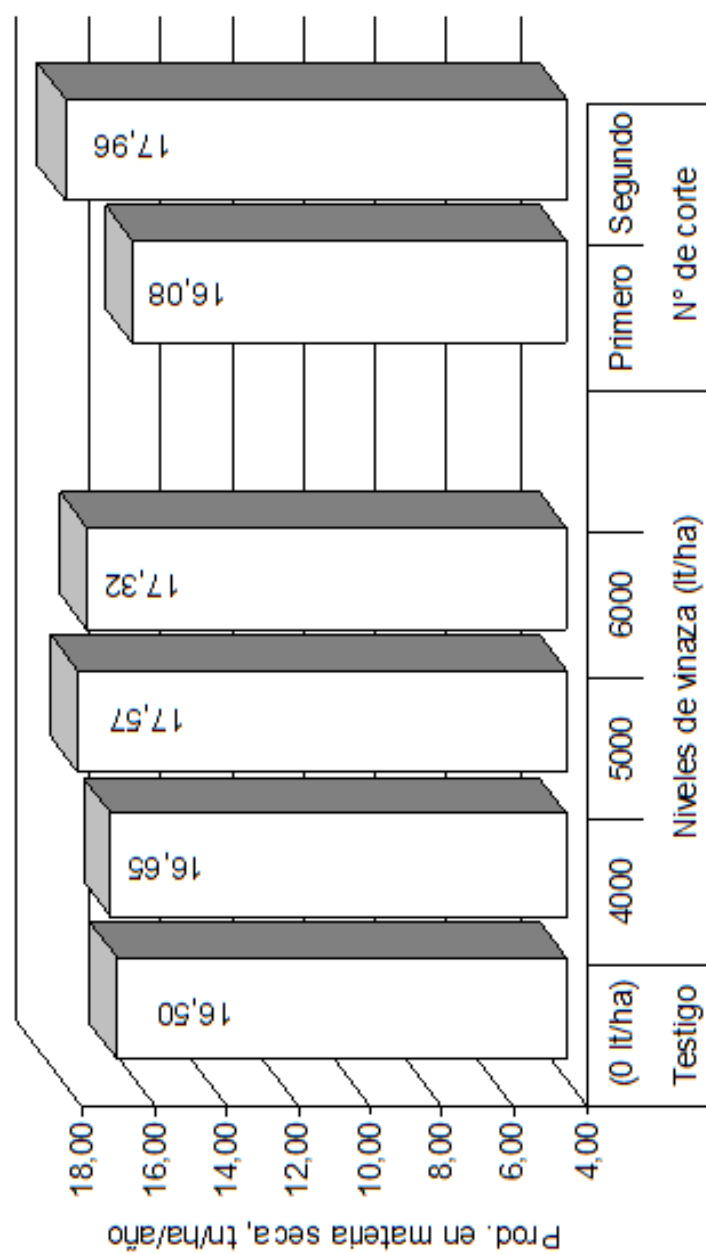


Gráfico 7. Producción de forraje en materia seca por año (tr/ha/año), de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.

lizaron con diferentes niveles de vinaza, realizado en el Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LAB-CESTTA, de la Facultad de Ciencias, de la ESPOCH, reporta los resultados que se indican en el cuadro 13, debiendo señalarse que estos resultados son referenciales, por cuanto, de cada tratamiento se tomaron una sola muestra, para su análisis.

Cuadro 13. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL FORRAJE DE ALFALFA (*Medicago sativa*), POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE VINAZA EN FORMA BASAL.

Parámetros	Testigo (0 lt/ha)	Niveles de vinaza (lt/ha)			Promedio	D. Estándar
		4000	5000	6000		
Humedad, %	76,10	76,75	76,46	76,63	76,49	0,28
Materia seca, %	23,90	23,25	23,54	23,37	23,52	0,28
Proteína, %	17,75	17,93	18,10	17,24	17,76	0,37
Grasa, %	0,33	0,30	0,39	0,38	0,35	0,04
Fibra, %	5,70	5,40	5,20	5,40	5,43	0,21
Cenizas, %	2,36	2,33	2,40	2,35	2,36	0,03

D. Estándar: Desviación estándar.

Fuente: López, A. (2010).

1. Contenido de materia seca, %

El contenido de materia seca de la alfalfa cortada en prefloración (45 días), fue en promedio de 23.52 ± 0.28 %, presentando las respuestas pequeñas variaciones, que estuvieron entre 23.25 y 23.90 %, que corresponden a las determinadas en las plantas fertilizadas con vinaza en dosis de 4000 lt/ha y las del grupo control, que son los casos extremos, respectivamente (gráfico 8), pudiendo indicarse que la fertilización con vinaza no altera el contenido de la materia seca del forraje, sino que de acuerdo a Cornacchione, M. (2010), la alfalfa debería cortarse cuando el cultivo permita obtener una cantidad importante de materia seca con alto valor nutritivo, que se asocia con la aparición de flores o rebrotes de corona. Los resultados obtenidos se aproximan a los reportes de <http://mundo-pecuario.com>. (2010) y del Laboratorio de Bromatología de la ESPOCH (reportado por Mullo, L. 2009), que indican que el forraje de alfalfa cortado en prefloración, presentan con-

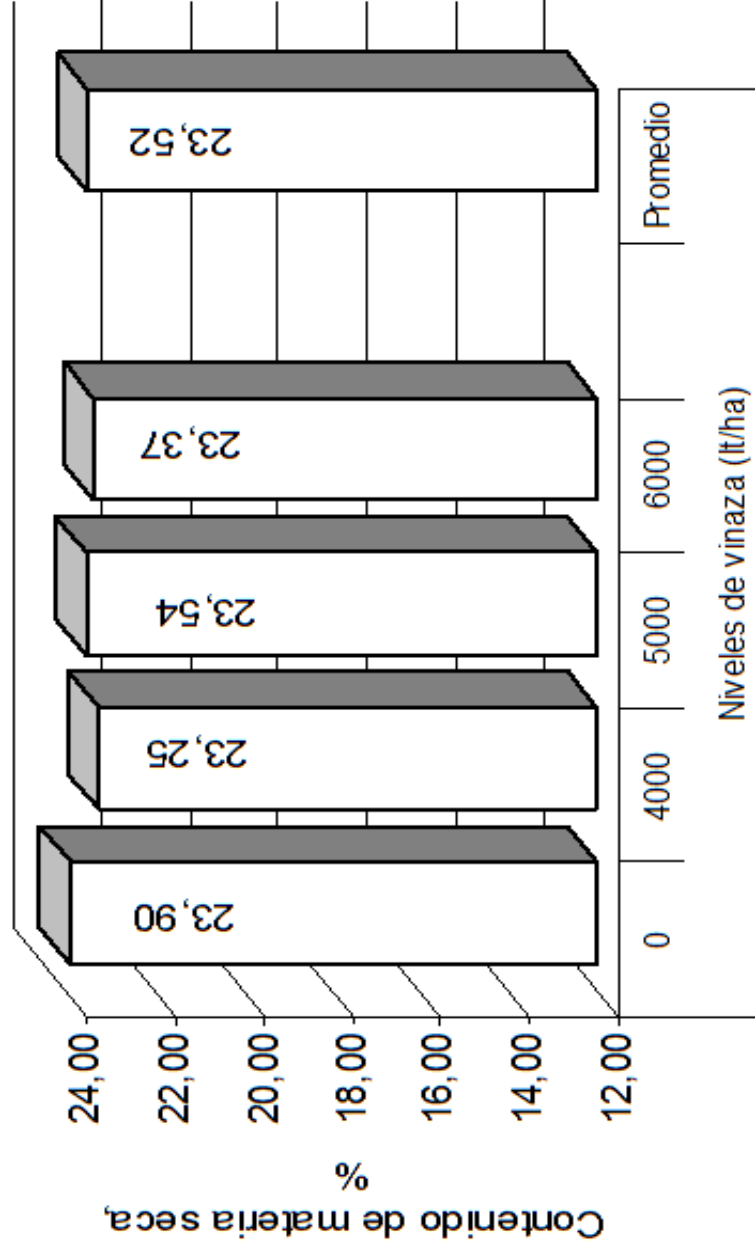


Gráfico 8. Contenido de materia seca (%) en el forraje de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal.

tenidos de materia seca de 24.00 y 25.40 %, respectivamente, en cambio que PRONACA (2009), en un estudio realizado en cuyes (Acosta, A. 2010), al analizar el contenido de materia seca del forraje de alfalfa suministrado a los animales fue de 20.13 %, por lo tanto puede indicarse que su calidad nutritiva dependerá de la edad o estado fisiológico en el que se le corte, más no por efecto del tipo de fertilización utilizada.

2. Contenido de proteína, %

El contenido promedió de proteína de la alfalfa que se cultiva en la Estación Experimental de Tunshi fue de 17.76 ± 0.37 %, ya que las medidas realizadas fluctuaron de 17.24 % en las praderas fertilizadas con 6000 lt/ha de vinaza a 18.10 % cuando se empleó 5000 lt/ha, encontrándose la respuesta del grupo control (17.75 %), entre los valores indicados (gráfico 9), lo que denota que el empleo de la vinaza como fertilizante basal, no influye en el contenido de proteína que presente el forraje de alfalfa. Los valores determinados presentan ser superiores a los reportados por Mullo, L. (2009), Acosta, A. (2010) y <http://mundopecuario.com>. (2010), quienes señalaron que los contenidos de proteína del forraje de la alfalfa fue de 16.20, 14.28 y 16.16 %, en su orden, en cambio que en <http://www.viarural.com.ar>. (2010), se indica que este forraje al principio de la floración es del 20 %, y Jahn, B. (2010), quien manifiesta que con un corte temprano, se logra cosechar un forraje que contiene sobre 25% de proteína, por lo que se concuerdas con este investigador en que siempre que la alfalfa presente un buen desarrollo, no se afecta la recuperación de la pradera, por cuanto a medida que avanza el estado de madurez de la alfalfa, disminuye el porcentaje de proteína de este cultivo.

3. Contenido de fibra, %

El forraje de la alfalfa presentó un contenido promedio de 5.43 ± 0.21 % de fibra, por cuanto las valoraciones realizadas determinaron variaciones de 5.20 % en las plantas fertilizadas con 5000 lt/ha de vinaza; a 5.70 % de fibra en las del grupo control (gráfico 10), notándose entre estas respuestas pequeñas variaciones, por consiguiente no se puede afirmar que el empleo de la vinaza como fertilizante ba-

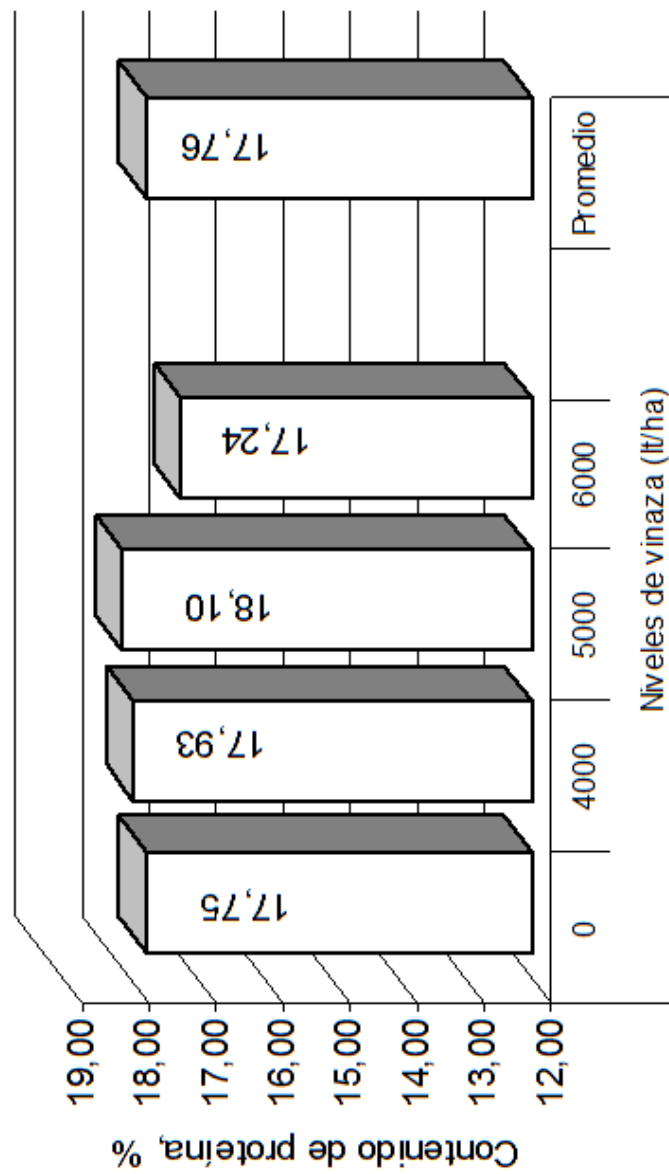


Gráfico 9. Contenido de proteína (%) en el forraje de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal.

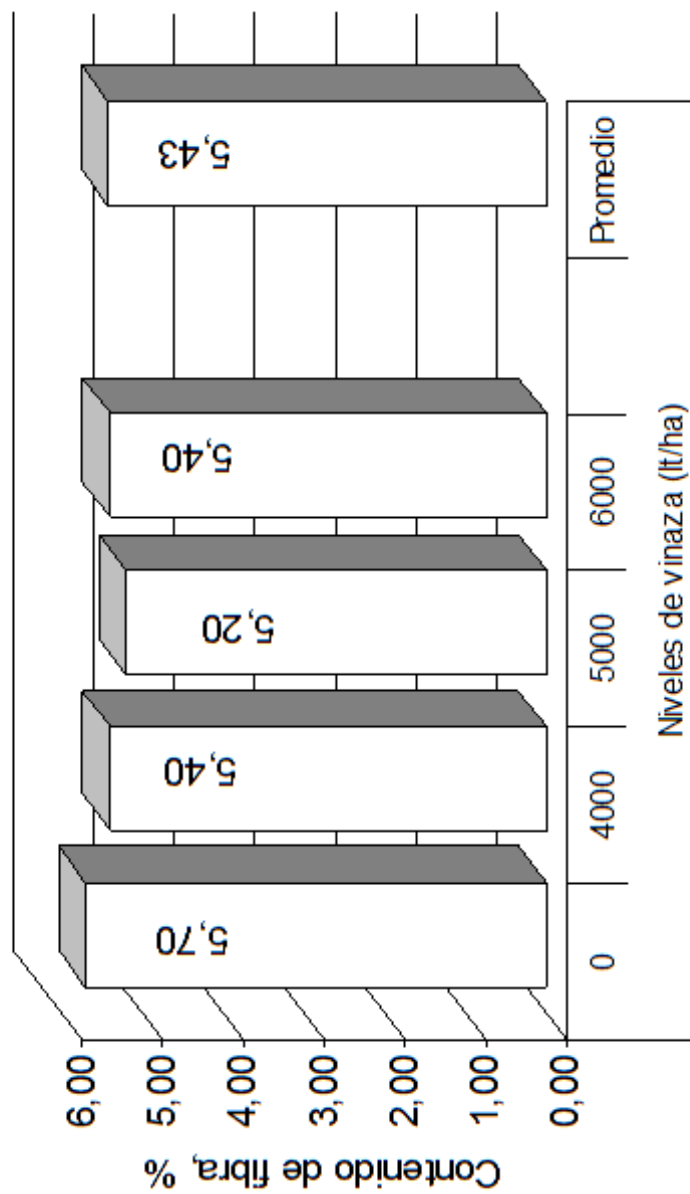


Gráfico 10. Contenido de fibra (%) en el forraje de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinnaza en forma basal.

sal modifica la composición nutricional del forraje, a pesar de que al citar varios trabajos en los que se determinó el valor nutritivo de este tipo de forrajes existen diferencias bien marcadas, por cuanto Mullo, L. (2009), señala que el forraje de alfalfa que empleó en su estudio contenía el 25.00 % de fibra, Acosta, A. (2010), indica que fue de 3.37 % y en <http://mundo-pecuario.com>. (2010), se reporta que la alfalfa fresca contiene 6.80 % de fibra, diferencias que pueden deberse, posiblemente a las técnicas de laboratorio empleadas, así como a las partes de la planta que se tomaron para realizar el análisis proximal, ya que Bustillo, E. (2010), señala que a medida que la planta se desarrolla aumenta la producción total de forraje hasta el 100% de floración; también aumenta la producción de tallos. En cuanto a la producción de hojas, en general se menciona como que a partir de 10% de floración, es estable. En la práctica esto no ocurre debido a que las hojas en la parte inferior de la pastura se enferman y caen. Por lo tanto, a la típica curva se le agrega la curva de defoliación, que no está medida pero ocurre y por lo tanto la producción de hojas no es estable sino que disminuye, por esta razón, el contenido de proteína puede caer entre 0,5 a 1 punto porcentual por día, en cambio que la fibra se incrementa. Además, la estructura de la planta de alfalfa tiene marcadas diferencias de calidad entre la parte superior y la inferior. Es como tener dos pasturas en una, por lo que es muy importante hacer esta diferenciación porque sirve para tomar decisiones de manejo, como por ejemplo: cuándo cortar y como manejar el pastoreo en cuanto a: cuando entrar, cuánto tiempo pastorear, cuándo salir, con qué tipo de animales pastorear, entre otros.

4. Contenido de grasa

El contenido grasa promedio del forraje de la alfalfa fue de 0.35+0.04 %, por cuanto, los valores determinados fluctuaron de 0.30 a 0.39 %, contenidos en los forrajes procedentes de plantas fertilizadas con 4000 y 5000 lt/ha de vinaza, respectivamente, que son los casos extremos (gráfico 11), respuestas que son inferiores con relación con los reportes de Acosta, A. (2010) y <http://mundo-pecuario.com>. (2010), quienes remiten valores de 0.69 y 0.78 %, en su orden, siendo aún mayor la diferencia respecto a la información de Mullo, L. (2009), que señala que el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología, Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH (2009), reportó que este tipo de forraje contie-

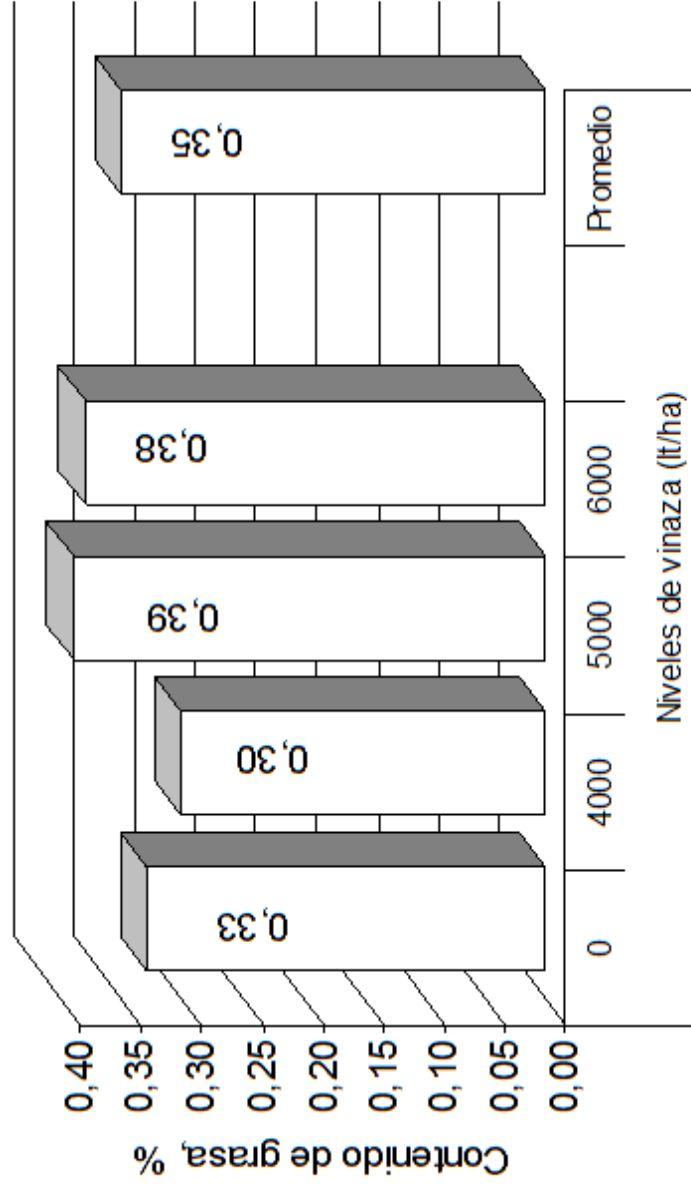


Gráfico 11. Contenido de grasa (%) en el forraje de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal.

ne 1.13 % de grasa o extracto etéreo, diferencias que pueden deberse posiblemente a las técnicas de los análisis empleados y más aún a lo que Martínez, F. (2010), sostiene, en que el forraje de alfalfa, al cortarse en similar estado, el contenido y la composición de ácidos grasos varía durante su ciclo, debido a las diferencias cronológicas de corte y al grado de madurez de las plantas; por consiguiente se deduce que las cantidades de vinaza utilizadas como fertilizante basal no influyeron en el contenido de grasa en el forraje.

5. Contenido de cenizas, %

Los resultados del contenido de cenizas en el forraje de alfalfa varió entre 2.33 y 2.40 %, cuando se empleo fertilización con vinaza en dosis de 4000 y 5000 lt/ha (gráfico 12), con un promedio general de 2.36 ± 0.03 %; valores que guardan relación con los reportes de Mullo, L. (2009), Acosta, A. (2010) y <http://mundopecuario.com>. (2010), quienes indican que el forraje de la alfalfa presenta contenidos de cenizas de 2.90, 2.50 y 2.10 %, en su orden, por lo que se considera que la vinaza aplicada no influye en estos resultados, ya los resultados obtenidos pueden considerarse similares en todos los niveles evaluados.

D. CALIDAD DEL SUELO AL FINAL DE LA EVALUACIÓN

Los resultados del análisis del suelo al inicio y al final de la investigación, se reportan en el cuadro 14, los mismos que se analizan a continuación.

1. pH

El pH inicial del suelo fue de 7.4, el cual se modificó por efecto de la aplicación de los diferentes niveles de vinazas, encontrándose valores que están entre la neutralidad, por cuanto con la aplicación de 4000 lt/ha fue prácticamente neutro (pH de 7.0), con 5000 lt/ha de 7.2 y con 6000 lt/ha el suelo terminó con un pH de 7.1, resultados que contrastan con lo indicado por Urbano, P. (2010), quien señala que en muestras de suelos de todas las texturas, tratadas con cantidades brutales de vinaza (equivalentes de hasta 60 t/ha), no se ha producido, en ningún acidificación, ya que el pH del suelo se mantiene, e incluso, en algunos casos se -

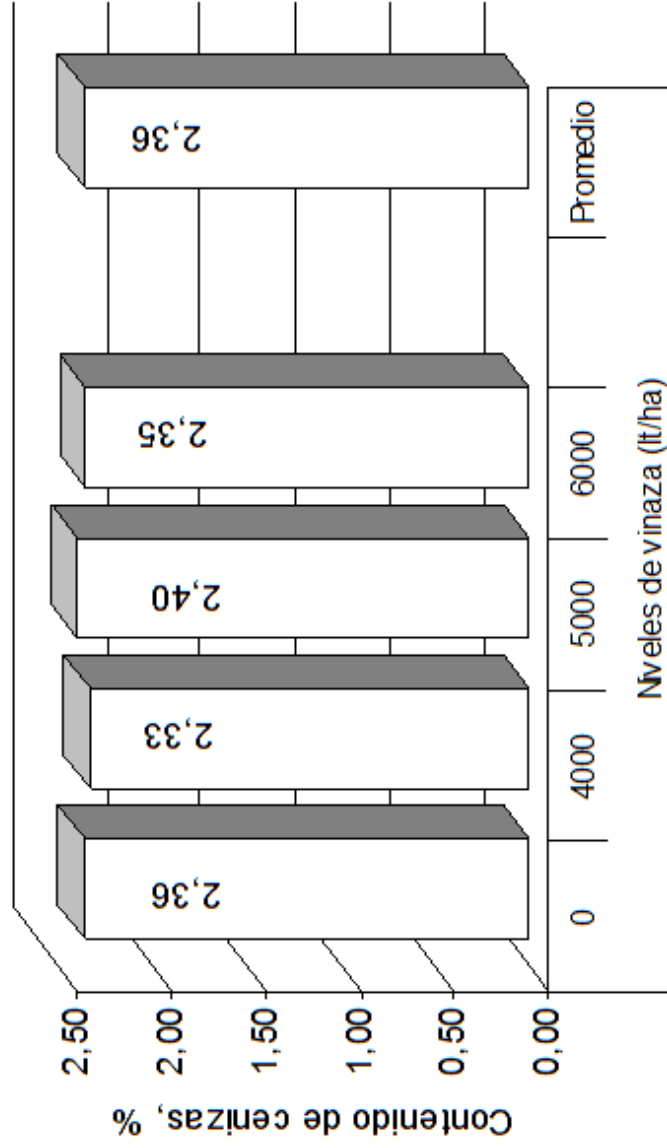


Gráfico 12. Contenido de cenizas (%) en el forraje de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal.

Cuadro 14. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO DE LOS PASTIZALES DE ALFALFA DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI, ANTES Y DESPUES DE LA FERTILIZACIÓN CON VINAZA.

Característica	Contenido y Medida							
	Final con diferentes niveles de vinaza (lt/ha)							
	Inicial		4000		5000		6000	
pH	7.4	P.N.	7.0	P.N.	7.2	P.N.	7.1	P.N.
Materia orgánica, %	4.0	M	2.4	B	2.6	B	2.6	B
NH ₄ , ppm	14.6	B	41.2	M	215.9	A	179.5	A
P ₂ O ₅ , ppm	18.2	M	178.9	A	160.5	A	165.8	A
K ₂ O, Meq/100 g	1.3	A	0.38	A	1.4	A	1.5	A

Fuente: Laboratorio de Suelos, FRN-ESPOCH (2010).

P.N.: Prácticamente neutro.

A: Alto.

M: Medio.

B: bajo.

ha aumentado; por lo que se considera que en el presente trabajo, existe a una ligera acidificación debido a que las vinazas tienen un pH bajo (3.7 según Quintero, R. y Cadena, S. 2010).

Por otra parte, también puede considerarse que la producción de forraje, se vio limitada debido posiblemente a las características del pH que presentó el suelo, ya que según <http://ww2.fundacionchile.cl>. (2009), un pH cercano a 6 es el más adecuado para un buen desarrollo de la alfalfa. Con valores superiores a 6,5 la disponibilidad de algunos nutrientes esenciales para el cultivo, como Boro, Zinc y Fósforo, se ve reducida. Por otro lado, un pH ácido no permite la simbiosis con las bacterias Rizobium, de ahí que Sarria, P. y Preston, T. (2010), recomiendan que las dosis de vinaza que se empleen debe estar en función del pH del suelo, poniendo como ejemplo: en tierras con pH inferior a 4 se debe usar a razón de 100 litros/m lineal de surco; para pH entre 4 y 5, 95 litros/m lineal de surco; y para pH superior a 5, 70 litros/m lineal de surco.

2. Materia orgánica, %

De un contenido inicial de materia orgánica de 4.0 %, al final del trabajo las

cantidades determinadas se redujeron considerablemente, ya que el suelo presentó cantidades de 2.4 % cuando se utilizó 4000 lt/ha de vinaza, y de 2.6 % con la aplicación de 5000 y 6000 lt/ha (en ambos casos), respuestas que pueden deberse a dos consideraciones; la primera es que posiblemente la vinaza modificó la composición de la materia orgánica presente en el suelo para que las plantas aprovechen sus nutrientes; y; la segunda es que posiblemente al ser la vinaza un producto líquido, contiene aproximadamente 87 por ciento de agua (Arana, R. 2010), que al mezclarse con las aguas de regadío o con las aguas lluvias, pudo lavar el suelo, reduciéndose por consiguiente la cantidad de materia orgánica; ya que en el caso de haber ocurrido la primera consideración anotada, era de esperarse respuestas superiores a las obtenidas en las plantas del grupo control.

Las respuestas obtenidas, confirman lo señalado por Urbano, P. (2010), quien reporta que en tierras tratadas con vinaza, se ha comprobado que prácticamente no aumenta el contenido de materia orgánica debido a que la materia orgánica de la vinaza, es muy lábil.

3. NH₄, ppm

El empleo de la fertilización con vinaza, propició una mayor disposición de NH₄ en el suelo, ya que de una cantidad inicial de 18.2 ppm, se elevó a 178.9 ppm cuando se empleó 4000 lt/ha, y en menores proporciones (160.5 y 165.8 ppm), con 5000 y 6000 lt/ha, por lo que la calidad considerada media, se elevó a alta, lo que concuerda con lo indicado por Urbano, P. (2010), quien manifiesta que en suelos fertilizados con vinaza, la relación Carbono/Nitrógeno desciende, lo que es un síntoma claro del aumento del contenido en nitrógeno del suelo, a pesar de que Korndbrfer, G. et al. (2010), señalan que debido a la composición química variable y al desbalance de nutrientes en la actividad biológica la aplicación de vinaza requiere con frecuencia una complementación con fertilización nitrogenada.

4. P₂O₅, ppm

La disponibilidad de P₂O₅ en el suelo por efecto de la aplicación de fertilización

con vinazas, se elevó extraordinariamente, por cuanto de una cantidad inicial de 18.2 ppm, se determinó que al emplearse 4000 lt/ha de vinaza llegó a las 178.9 ppm, con 5000 lt/ha a 160.5 ppm y con 6000 lt/ha a 165.8 ppm, resultados que parecen contradictorios, por cuanto Sarria, P. y Preston, T. (2010), sostienen que las vinazas aportan apenas fósforo por lo que siempre es necesario utilizar otros fertilizantes que aporten fósforo, lo que es corroborado por Quintero, R. y Cadena, S. (2010), quienes indican que el contenido de P_2O_5 en la vinaza es de 0.20 kg/m³, de ahí que Korndbrfer, G. et al. (2010), señalan que la vinaza utilizada con criterio racional satisface plenamente las necesidades de N, K y S, pero no las de fósforo.

5. K₂O, Meq/100 g

La cantidad de K_2O , determinada en el suelo, presentó diferente comportamiento en función de los niveles de vinaza empleados, por cuanto de unan cantidad inicial de 1.3 Meq/100 g, con la utilización de fertilización con 4000 lt/ha de vinaza se redujo a 0.38 Meq/100 g, en cambio con niveles de 5000 y 6000 lt/ha, se incrementaron a 1.4 y 1.5 Meq/ 100 g, por lo que se considera que la cantidad de K_2O encontrada está en función de la cantidad utilizada; ya que Urbano, P. (2010), indica que en muestras de suelos tratadas con vinazas se ha comprobado un enriquecimiento en potasio y magnesio equivalente al aporte de estos elementos con las vinazas.

E. ANÁLISIS ECONÓMICO

Realizando el análisis económico de la producción de forraje verde en la etapa de prefloración (a los 45 días, cuadro 15), se determinó que la mayor rentabilidad se alcanzó cuando no se utilizó la vinaza, por cuanto se encontró un beneficio/costo de 1.37 (37 % de rentabilidad), que representa que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 37 centavos, cantidad que se reduce debido al costo del transporte que representa la vinaza, ya que a pesar de no tener un valor económico (por que se considera como contaminante procedente de la industria del alcohol), los egresos se elevan y la producción de forraje estadísticamente es similar a las registradas en todos los tratamientos, por lo que las rentabilidades

alcanzadas fueron de 23, 25 y 16 %, cuando se emplearon los niveles 4000, 5000 y 6000 lt/ha de vinaza, respectivamente; por lo que económicamente no se considera que la aplicación de vinaza como fertilizante sea un factor decisivo, a pesar de que según Sarria, P. y Preston, T. (2010), la aplicación de la vinaza al suelo, causa una mejora en las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas.

Cuadro 15. ANÁLISIS ECONÓMICO (DÓLARES), DE LA PRODUCCIÓN ANUAL DE FORRAJE DEL *Medicago sativa* (ALFALFA), POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN BASAL CON VINAZA.

Parámetros	Niveles de vinaza, lt/ha				
		0 (control)	4000	5000	6000
Egresos					
Plantas, \$	1	1200,00	1200,00	1200,00	1200,00
Mano de obra, \$	2	240,00	240,00	240,00	240,00
Vinaza, \$	3	0,00	160,00	200,00	240,00
Uso del terreno, \$	4	150,00	150,00	150,00	150,00
Total Egresos		1590,00	1750,00	1790,00	1830,00
Producción de forraje, tn/ha/año		72,42	71,61	74,65	70,93
Ingreso por venta de forraje, \$	5	2172,60	2148,15	2239,50	2127,90
Beneficio/Costo		1,37	1,23	1,25	1,16

Fuente: López, A. (2010).

1: \$0,03 por planta; aproximadamente, 40 000 plantas/ha.

2: Jornal \$80,00 mensuales.

3: \$1,0 los 100 lt de vinaza (solo costo de transporte), 4 aplicaciones al año.

4: \$ 50.00 mensuales.

5: \$ 0,03 cada kg de forraje verde.

V. CONCLUSIONES

- La aplicación de vinaza como fertilizante basal, mejoró el comportamiento botánico de la alfalfa, pero no los parámetros productivos como son la producción de forraje en materia verde como en materia seca.
- De entre los niveles evaluados, mejores respuestas presentó la utilización de 4000 lt/ha, alcanzándose alturas de planta de 69.02 cm, 30.94 tallos/planta y 29.37 % de cobertura aérea.
- Las producciones de forraje con aplicación de 5000 lt/ha fueron similares a las del grupo control, por cuanto se obtuvieron en forraje verde 9.32 y 8.86 tn /ha/corte, 74.65 y 70.93 tn/ha/año, y en materia seca fueron de 17.57 y 16.50 tn/ha/año, respectivamente, en cambio con niveles de 4000 y 6000 lt/ha, se obtuvieron menores cantidades.
- De acuerdo al número de cortes, se registró que en el segundo corte, los tallos/planta (29.97) y la cobertura basal (14.08 %), fueron mayores que en el primer corte (28.38 y 12.73 %, en su orden), en cambio, las otras variables fueron similares estadísticamente, aunque en el segundo corte se consiguió 1.88 tn/ha/año más que en el primer corte de forraje en materia seca
- La fertilización con vinaza no afecta la composición química del forraje, ya que se registraron contenidos entre 23.25 y 23.90 % de materia seca %, de 17.24 a 18.10 % de proteína, entre 5.20 y 5.70 % de fibra y de 2.33 a 2.40 % de cenizas.
- En las características físico-químicas del suelo, la aplicación de vinaza, tiende a neutralizar el pH del suelo (7.0 a 7.2), reduce el contenido de materia orgánica, pero incrementa el contenido de NH_4 y P_2O_5 .
- La aplicación de vinaza reduce la rentabilidad económica, ya que de un beneficio/costo de 1.34 en el grupo, este se reduce en el mejor de los casos a 1.25 cuando se empleó 5000 lt/ha.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos bajo las condiciones del presente experimento, por efecto de la fertilización orgánica con vinaza, se pueden realizar las siguientes recomendaciones

- Por no haberse obtenido respuestas satisfactorias, tanto en la producción de forraje como económicas, se debe replicar el presente trabajo pero utilizando niveles inferiores, por cuanto la bibliografía señala que el empleo de niveles altos vinaza en vez de producir efectos beneficiosos, pueden obtenerse resultados negativos, que incluyen la contaminación ambiental.
- Evaluar el empleo de la vinaza, pero utilizando diferentes tipos y niveles de fertilización química complementaria, para establecer si se mejora o no los índices productivos de esta leguminosa (*Medicago sativa*).
- Replicar la investigación evaluando la producción en más de dos cortes con la aplicación de vinaza y su efecto residual bajo una sola aplicación.

VII. LITERATURA CITADA

1. ACOSTA, A. 2010. Evaluación de tres concentrados comerciales en la etapa de crecimiento engorde de cuyes. Tesis Grado, Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. p 33.
2. ARAGADVAY, R. 2010. Efecto de la aplicación de diferentes niveles de bacterias *Rhizobium meliloti* con la adición de estiércol de cuy en la producción forrajera del *Medicago sativa* (alfalfa). Tesis Grado, Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. pp 33-50.
3. CHACÓN, D. 2011. Evaluación de diferentes niveles de abono foliar (biol) en la producción de forraje del *Medicago sativa* en la Estación Experimental Tunshi. Tesis Grado, Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. pp 50-68.
4. ECUADOR, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO (ESPOCH). 2009. Resultados de la valoración bromatológica de la alfalfa. Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología, Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba, Ecuador.
5. ECUADOR, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO (ESPOCH). 2011. Anuarios meteorológicos, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador.
6. ECUADOR, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO (ESPOCH). 2011. Resultados de las características del suelo de la Estación Experimental Tunshi. Laboratorio Suelos. Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador.
7. GRISALES, Y., FONSECA, G., VALENCIA, M., Y SANTOS, S. 2001. Uso de la vinaza como agua de riego para el cultivo de caña. Edit. LEVAPAN. Tulúa, Ecuador, p.34.

8. <http://es.wikipedia.org>. 2011. Abono orgánico.
9. <http://es.wikipedia.org>. 2011. *Medicago sativa*.
10. <http://mafalda.univalle.edu.co>. 2010. Arana, R. La vinaza, de contaminante a fertilizante. Agencia Universitaria de Periodismo Científico, AUPEC
11. <http://mundo-pecuario.com>. 2010. Composición nutricional del alfalfa (fresca).
12. <http://pallasca.inictel.net>. 2007. Tenorio, J. Guía técnica de la alfalfa.
13. <http://ww2.fundacionchile.cl>. 2009. Manejo de la fertilidad en la alfalfa.
14. <http://www.aapa.org.ar>. 2004. Valverde, F., Cartagena, Y., y Parra, R. Efecto de la vinaza obtenida de la fabricación de la levadura y aplicada en el agua de riego, sobre el rendimiento de tres cultivos y las características químicas del suelo.
15. <http://www.aapa.org.ar>. 2010. García, F. y Cangiano, C. Componentes del rendimiento en alfalfa inoculada y sin inocular.
16. <http://www.aapa.org.ar>. 2010. Martínez, F. Contenido de lípidos y composición de ácidos grasos en la alfalfa durante un ciclo de crecimiento.
17. <http://www.aapa.org.ar>. 2010. Cornaglia, P., Sosa, P., Garbulsky, M. y Deregibus, V. Evolución de la cobertura aérea según el arreglo espacial de plantas de alfalfa.
18. <http://www.aaroecoloaia.net>. 2007. Santos, M., Martín, F., Diáñez, F., Carretero, M., García, M., Tello, J. 2007. Efecto de la aplicación de vinaza de vino como biofertilizante y en el control de enfermedades en el cultivo de pepino.

19. <http://www.abcagro.com>. 2010. El cultivo de la alfalfa.
20. <http://www.agrobit.com>. 2010. . Ecofisiología del cultivo de alfalfa.
21. <http://www.buenastareas.com>. 2010. Introducción al cultivo de la alfalfa.
22. <http://www.cengicaña.org>. 2010. Quintero, R. y Cadena, S. Proyectos de investigación sobre uso y manejo de vinazas.
23. <http://www.dbernetia.com>. 2004. .Castellano, M. Metodología para el uso del suelo como depurador de vinazas mediante riego controlado y aprovechamiento agrícola.
24. <http://www.dicyt.com>. 2010. Una investigación prueba la vinaza como abono orgánico para pastos.
25. <http://www.elparanaense.com.ar>. 2010. Producción de abonos y fertilizantes a partir de subproductos de la industria azucarera orgánica. Brasil.
26. <http://www.elsitioagricola.com>. 2010. Moreno, G. y Talbot, M. Fertilización equilibrada de la alfalfa.
27. <http://www.fao.org>. 2010. La alfalfa
28. <http://www.fertilizando.com>. 2010. Duarte, G. Fertilización de alfalfa.
29. <http://www.grupoaragonesa.com>. 2010. Alfalfa.
30. <http://www.happyflower.com.mx>. 2010. Qué son los abonos orgánicos?.
31. <http://www.infoagro.com>. 2010. El cultivo de la alfalfa.
32. <http://www.infoagro.com>. 2010. Cervantes, M. Abonos orgánicos.

33. <http://www.infoandina.org>. 2010. Álvarez, F. Preparación y uso de biol. Soluciones Prácticas.
34. <http://www.inia.cl>. 2010. Jahn, B. Coseche alfalfa de buena calidad. Informativo Agropecuario. Bioleche - INIA. Quilamapu, Chile.
35. <http://www.inta.gov.ar>. 2010. Cornacchione, M. Crecimiento y manejo para un uso eficiente como integrante de la cadena forrajera de los sistemas ganaderos locales.
36. <http://www.inta.gov.ar>. 2010. Di Nucci, E. y Valentinuz, O. Producción de forraje de alfalfa de diferente grado de reposo con riego suplementario.
37. <http://www.inta.gov.ar>. 2010. El abono.
38. <http://www.inti.gov.ar>. 2010. Efectos de los biocombustibles en la calidad del agua: los casos de Estados Unidos y Brasil.
39. <http://www.ipni.net>. 2010. Requerimientos nutricionales de los cultivos.
40. <http://www.lrrd.org>. 2010. Sarria, P. y Preston, T. Reemplazo parcial del jugo de caña con vinaza y uso del grano de soya a cambio de torta en dietas de cerdos de engorde.
41. <http://www.mag.go.cr>. 2010. Alfaro, R. y Alfaro, J. Evaluación de la vinaza como fertilizante potásico en la caña de azúcar y su efecto sobre las propiedades químicas de un suelo de Atenas, Alajuela. Costa Rica. Resumen 265.
42. <http://www.mapa.es>. 2010. Urbano, P. Fertilización orgánica con vinazas de alcoholera.
43. <http://www.pasturasyforrajes.com>. 2010. Bustillo, E. La planta de alfalfa.

44. <http://www.picasso.com.ar>. 2010. Descripción alfalfa (*Medicago sativa*).
45. <http://www.redpav-fpdar.info.ve>. 2010. Gómez, J. Efecto de la vinaza sobre el contenido de potasio intercambiable en un suelo representativo del área cañera del Valle del Río Turbio.
46. <http://www.scielo.org.ve>. 2010. Hernández, G., Salgado, S., Palma, D., Lagunas, L. Castelán, M. y Ruiz, O. Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas, México.
47. <http://www.tecnicana.org>. 2006. Medina, G. Usos alternativos de las vinazas de acuerdo con su composición química.
48. <http://www.tecnicaña.org>. 2010. Korndbrfer, G. Nolta, A. y Gama, A. Manejo, aplicación y valor fertilizante de la vinaza para caña de azúcar y otros cultivos.
49. <http://www.tecnicqnq.com>. 2007. García, A. y Rojas, C. Posibilidades de uso de la vinaza en la agricultura de acuerdo con su modo de acción en los suelos".
50. <http://www.uv.mx>. 2010. Zulueta, R., Trejo, D., Lara, L., López, H. y Moreira, C. Los abonos naturales.
51. <http://www.viarural.com.ar>. 2010. Alfalfa: manual técnico Cargill. Manejo del cultivo.
52. JARAMILLO, R. 2010. Efecto de la vinaza, en el rendimiento de una mezcla forrajera establecida en un andisol. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Escuela Politécnica Nacional. pp 1-35.
53. MORENO, g. y TALBOT, M. 2010. Comportamiento productivo de 65

genotipos de alfalfa (*medicago sativa l.*) en Chapingo, Mexico. Tesis de grado. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia. Universidad Autonoma Chapingo. p 36.

54. MULLO, L. 2009. Aplicación del promotor natural de crecimiento (Sel – plex) en la alimentación de cuyes mejorados (*Cavia porcellus*) en la etapa de crecimiento – engorde y gestación –lactancia. Tesis Grado, Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. p 40.
55. PRONACA. 2009. PRONACA NEGOCIO PECUARIO. Reportes del análisis bromatológico de la alfalfa.
56. TRINIDAD, A. 2008. Abonos orgánicos. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SEGARPA), México. Archivo de Internet A-06-1.pdf.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados experimentales del comportamiento del pasto Medicago sativa (Alfalfa), por efecto de la fertilización con de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.

Niveles de vinaza	Corte	Bloque	Altura de planta (cm)	Tallo/planta (cm)	Cobertura		Valores ajustados con raíz cuadrada					
					Aérea (%)	Basal (%)	Prod. Forraje, tn/ha	Prod. M. Seca (tn/ha/año)	Prod. Forraje, tn/ha	Prod. M. Seca (tn/ha/año)		
0 t/ha	1	1	66,25	28,13	25,10	11,40	11,39	91,09	22,19	3,37	9,54	4,71
0 t/ha	1	2	64,25	26,13	26,10	12,40	7,79	62,29	15,17	2,79	7,89	3,89
0 t/ha	1	3	65,06	26,00	22,40	11,20	6,56	52,48	12,80	2,56	7,24	3,58
4000 t/ha	1	1	72,81	31,38	31,80	14,10	7,97	63,79	14,83	2,82	7,99	3,85
4000 t/ha	1	2	71,13	29,75	26,50	11,30	7,23	57,81	13,44	2,69	7,60	3,67
4000 t/ha	1	3	73,00	30,88	30,40	12,20	11,00	88,00	20,45	3,32	9,38	4,52
5000 t/ha	1	1	67,38	29,38	30,40	14,40	9,45	75,56	17,79	3,07	8,69	4,22
5000 t/ha	1	2	68,56	28,75	26,30	12,30	8,61	68,84	16,20	2,93	8,30	4,02
5000 t/ha	1	3	68,25	28,13	30,30	14,70	8,73	69,80	16,43	2,95	8,35	4,05
6000 t/ha	1	1	67,94	26,63	32,00	14,90	8,72	69,76	16,67	2,95	8,35	4,08
6000 t/ha	1	2	62,50	27,88	24,50	12,10	10,11	80,85	19,33	3,18	8,99	4,40
6000 t/ha	1	3	69,81	27,50	28,10	11,80	6,08	48,64	11,63	2,47	6,97	3,41
0 t/ha	2	1	57,69	29,75	24,20	12,30	12,80	102,40	24,96	3,58	10,12	5,00
0 t/ha	2	2	53,19	29,25	25,30	13,10	8,00	64,00	15,60	2,83	8,00	3,95
0 t/ha	2	3	56,13	28,13	23,90	11,80	7,48	59,84	14,59	2,73	7,74	3,82
4000 t/ha	2	1	65,55	32,13	31,00	14,80	8,99	71,89	16,72	3,00	8,48	4,09
4000 t/ha	2	2	66,06	30,63	25,10	12,60	7,61	60,91	14,16	2,76	7,80	3,76
4000 t/ha	2	3	65,56	30,88	31,40	15,10	11,33	90,67	21,09	3,37	9,52	4,59
5000 t/ha	2	1	66,29	30,75	30,50	14,70	10,89	85,48	20,12	3,27	9,25	4,49
5000 t/ha	2	2	70,31	29,25	28,20	13,70	9,26	74,07	17,44	3,04	8,61	4,18
5000 t/ha	2	3	72,88	30,13	29,50	15,20	9,33	74,60	17,56	3,05	8,64	4,19
6000 t/ha	2	1	73,69	28,75	30,50	14,80	10,49	83,95	20,05	3,24	9,16	4,48
6000 t/ha	2	2	65,38	29,63	31,80	16,50	12,41	99,31	23,73	3,52	9,97	4,87
6000 t/ha	2	3	70,56	30,38	28,50	14,40	7,27	58,13	13,69	2,70	7,62	3,73
Promedio			66,68	29,18	28,08	13,41	9,01	72,04	17,10	2,99	8,45	4,12
Desv. Estándar			5,26	1,63	2,98	1,53	1,73	13,82	3,31	0,29	0,81	0,39
Coef. De variación, %			7,89	5,59	10,63	11,38	19,19	19,19	19,36	9,57	9,57	9,59

Anexo 2. Análisis estadístico de la altura de planta (cm), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.

1. Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl	C.M.	Fcal	Prob.	
Niveles de vinaza	314,095	3	104,698	7,211	0,002	**
Cortes	47,180	1	47,180	3,250	0,089	ns
Bloques	27,968	2	13,984	0,963	0,402	
Error	246,811	17	14,518			
Total	636,054	23				

Prob. > 0.05: No existen diferencias estadísticas (ns).

Prob. < 0.01: Existen diferencias altamente significativas (**).

2. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Factores de estudio	Media	Error estándar	Signf.
Niveles de vinaza			**
0 lt/ha	60,428	1,556	B
4000 lt/ha	69,018	1,556	A
5000 lt/ha	68,945	1,556	A
6000 lt/ha	68,313	1,556	A
N°de corte			ns
Primero	68,078	1,100	A
Segundo	65,274	1,100	A

Anexo 3. Análisis estadístico del número de tallos por planta (N°), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.

1. Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl	C.M.	Fcal	Prob.	
Niveles de vinaza	31,858	3	10,619	15,277	0,000	**
Cortes	15,232	1	15,232	21,912	0,000	**
Bloques	2,333	2	1,166	1,678	0,216	
Error	11,817	17	0,695			
Total	61,241	23				

Prob. > 0.05: No existen diferencias estadísticas (ns).

Prob. < 0.01: Existen diferencias altamente significativas (**).

2. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Factores de estudio	Media	Error estándar	Signf.
Niveles de vinaza			**
0 lt/ha	27,898	0,340	C
4000 lt/ha	30,942	0,340	A
5000 lt/ha	29,398	0,340	B
6000 lt/ha	28,462	0,340	BC
N° de corte			**
Primero	28,378	0,241	B
Segundo	29,972	0,241	A

Anexo 4. Análisis estadístico de la cobertura aérea (%), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.

1. Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl	C.M.	Fcal	Prob.	
Niveles de vinaza	102,338	3	34,113	8,098	0,001	**
Cortes	1,500	1	1,500	0,356	0,559	ns
Bloques	29,432	2	14,716	3,493	0,054	
Error	71,614	17	4,213			
Total	204,885	23				

Prob. > 0.05: No existen diferencias estadísticas (ns).

Prob. < 0.01: Existen diferencias altamente significativas (**).

2. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Factores de estudio	Media	Error estándar	Signf.
Niveles de vinaza			**
0 lt/ha	24,500	0,838	B
4000 lt/ha	29,367	0,838	A
5000 lt/ha	29,200	0,838	A
6000 lt/ha	29,233	0,838	A
N°de corte			ns
Primero	27,825	0,592	A
Segundo	28,325	0,592	A

Anexo 5. Análisis estadístico de la cobertura basal (%), a los 45 días después del corte de igualación de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación.

1. Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl	C.M.	Fcal	Prob.	
Niveles de vinaza	17,548	3	5,849	4,631	0,015	*
Cortes	10,935	1	10,935	8,658	0,009	**
Bloques	3,563	2	1,782	1,411	0,271	
Error	21,472	17	1,263			
Total	53,518	23				

Prob. < 0.05: Existen diferencias significativas (*).

Prob. < 0.01: Existen diferencias altamente significativas (**).

2. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Factores de estudio	Media	Error estándar	Signf.
Niveles de vinaza			*
0 lt/ha	12,033	0,459	B
4000 lt/ha	13,350	0,459	AB
5000 lt/ha	14,167	0,459	A
6000 lt/ha	14,083	0,459	A
N° de corte			**
Primero	12,733	0,324	B
Segundo	14,083	0,324	A

Anexo 6. Análisis estadístico de la producción de forraje verde por corte (tn/ha/corte), de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal, en dos cortes de evaluación (valores ajustados por medio de raíz cuadrada).

1. Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl	C.M.	Fcal	Prob.
Total	2,060	23			
Niveles de vinaza	0,019	3	0,006	0,067	0,976 ns
Cortes	0,165	1	0,165	1,789	0,199 ns
Bloques	0,309	2	0,154	1,673	0,217
Error	1,568	17	0,092		

Prob. > 0.05: No existen diferencias estadísticas (ns).

2. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Factores de estudio	Media ajustada	Media transformada	Signf.
Niveles de vinaza			ns
0 lt/ha	2,977	8,863	A
4000 lt/ha	2,993	8,958	A
5000 lt/ha	3,052	9,315	A
6000 lt/ha	3,010	9,060	A
N° de corte			ns
Primero	2,925	8,556	A
Segundo	3,091	9,554	A

Anexo 7. Análisis estadístico de la producción de forraje verde por año (tn/ha/año), de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal (valores ajustados por medio de raíz cuadrada).

1. Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl	C.M.	Fcal	Prob.
Total	16,534	23			
Niveles de vinaza	0,162	3	0,054	0,073	0,974 ns
Cortes	1,316	1	1,316	1,781	0,200 ns
Bloques	2,495	2	1,248	1,688	0,214
Error	12,561	17	0,739		

Prob. > 0.05: No existen diferencias estadísticas (ns).

2. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Factores de estudio	Media ajustada	Media transformada	Signf.
Niveles de vinaza			ns
0 lt/ha	8,422	70,930	A
4000 lt/ha	8,462	71,605	A
5000 lt/ha	8,640	74,650	A
6000 lt/ha	8,510	72,420	A
N° de corte			ns
Primero	8,274	68,459	A
Segundo	8,743	76,440	A

Anexo 8. Análisis estadístico de la producción forraje en materia seca (tn/ha/año), de la alfalfa (*Medicago sativa*), por efecto de la aplicación de diferentes niveles de vinaza en forma basal (valores ajustados por medio de raíz cuadrada).

1. Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl	C.M.	Fcal	Prob.
Total	3,906	23			
Niveles de vinaza	0,071	3	0,024	0,137	0,937 ns
Cortes	0,311	1	0,311	1,798	0,198 ns
Bloques	0,588	2	0,294	1,702	0,212
Error	2,936	17	0,173		

Prob. > 0.05: No existen diferencias estadísticas (ns).

2. Cuadro de medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey

Factores de estudio	Media ajustada	Media transformada	Signf.
Niveles de vinaza			ns
0 lt/ha	4,06	16,50	A
4000 lt/ha	4,08	16,65	A
5000 lt/ha	4,19	17,57	A
6000 lt/ha	4,16	17,32	A
N°de corte			ns
Primero	4,01	16,08	A
Segundo	4,24	17,96	A