

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIA**

**EFEECTO DE LA VINAZA, EN EL RENDIMIENTO DE UNA MEZCLA
FORRAJERA ESTABLECIDA EN UN ANDISOL**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

**RUSBEL ANTONIO JARAMILLO CHAMBA
roosjar@hotmail.com**

**DIRECTOR: Ing. Agr. VICENTE NOVOA, MSc
vicentenovoa@yahoo.com**

QUITO, ENERO 2010

DERECHOS DE AUTOR

© Escuela Politécnica Nacional (2009)

Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Rusbel Antonio Jaramillo Chamba, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y LEVAPAN S.A., pueden hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Rusbel Antonio Jaramillo Chamba

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Rusbel Antonio Jaramillo Chamba, bajo mi supervisión.

Ing. Agr. Vicente Novoa, MSc
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Alicia Guevara, MSc
CODIRECTORA DE PROYECTO

AUSPICIO

La presente investigación contó con el auspicio técnico, científico del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, y financiero de la empresa LEVAPAN DEL ECUADOR S.A.

AGRADECIMIENTO

Señor mi Dios gracias... me queje y sufrí. Pero entendí pules solo la piedra que se estima. Me dejé tallar, con agradecimiento, porque me has tomado en tus manos como un diamante... No se trabaja así un guijarro vulgar.

MiraRosa mi madre gracias... en este largo esfuerzo tu corazón de madre fue, es y seguirá siendo el único capital del sentimiento que nunca quiebra, y con el cual yo puedo contar siempre y en todo tiempo con toda seguridad por que no hay nada que acerque más el amor de una madre que la distancia.

Leonidas mi padre gracias... por que cada día te conozco superior a mí en algún sentido. Aprendo de ti, que si deseo entender algo lo mejor será hacerlo y no temer ante la vida más de lo que en realidad me temo a mí mismo.

Joaquín mi hijo gracias... por que al llegar tu a mi vida, se abrió un camino nuevo, hacia el horizonte la luz de la alegría nueva, eres la inspiración inesperada que Dios me envió, para llenar mi soledad de regalos. Sin ti este trabajo carecería de algo especial.

Edwin y Yanina mis hermanos gracias... al ayudarme a aceptar la dificultad de edificarme a mi mismo y el valor de empezar corrigiéndome. Por que me busqué a mí mismo, y no me encontré. Busqué a Dios, y se me escondió. Busqué a mis hermanos y encontré a los tres.

Master Vicente Novoa, Ing. Francisco Andrade, Ing. Alicia Guevara mis directores de tesis gracias... pues me indicaron con sabiduría el camino a seguir, proyectando lo difícil, partiendo de donde aún es fácil. Instruyéndome en que no basta con adquirir la ciencia, es necesario también usarla.

Msc. Luchin Rodriguez Director del INIAP Estación Sta. Catalina, Ing. Franklin Valverde y Ph.D. Soraya Alvarado directores del Dpto. de Suelos y Aguas y a todo el personal que aquí labora gracias... me brindaron su total e incondicional apoyo cuando más lo necesitaba. Estoy convencido de que el talento es algo corriente. No escasea la inteligencia, sino la constancia, y su imagen de trabajo y sacrificio me lo confirman.

Dra. Gladys Fonseca Gerente de producción de Levapan del Ecuador S.A, Francisco, Don José, Ibeth, Jorge y a todos quienes conforman esa noble institución gracias por confiar en mí y enseñarme que con perseverancia todo se alcanza.

Stalin "Abuelo", Roberto "Berta", Pablo "Goro", Rodrigo "Audigouuu", Xavy "Tripa", Edgar "Ceja", Patricio "Niño", Sebastian "Nasty", Paúl "Champion", Santiago "Dr. Muerte", Eduardo "Gatito" Paúl "Pato Borja", Pablo "Periquito", Mireya "Mi chola", Diego "la Rock" y demás panas que me olvide de mencionar gracias... por que

cuando he renunciado a mi dicha y me contentaba en ver dichosos a los que me rodeaban, es quizá cuando empecé a serlo.

Liz mi amiga gracias...por que los amigos no sólo están unidos cuando están uno juntos; incluso el que se encuentra lejos sigue presente en nuestro pensamiento. Te llevaste tu presencia física pero dejaste lo máspreciado, y es que tu recuerdo que jamás se ha ido.

Cristina gracias...el camino recorrido tiene mucho de tus huellas junto a las mías, cualquier diferencia que nos separo, nos ha mostrado el camino para ser felices, para que prevalezca en nuestro pensamiento lo que nos alegro.

DEDICATORIA

Este trabajo intenso, grato y muchas veces difícil; se lo dedico Dios, a mis padres, hermanos, a mi hijo, profesores y a todos aquellos que han intervenido directa o indirectamente en su culminación.

Por nunca dejar de creer en mí, por que al hacerlo me dieron el mejor aliento frente a la adversidad. Muchas veces me encontré ante esta disyuntiva: ¿Qué hacer? Algo. Cualquier cosa. Excepto quedarme sentado. Si me equivocaba, comenzar de nuevo. Probar otra cosa. Pero si esperaba hasta estar satisfecho y tener todas las certezas, pudo ser demasiado tarde.

Gracias sinceras...y totales!

No hay nadie menos afortunado que el hombre a quien la adversidad olvida, pues no tiene oportunidad de ponerse a prueba.

Lucio Anneo Séneca

ÍNDICES DE CONTENIDOS

		PÁGINAS
RESUMEN		xvi
INTRODUCCIÓN		xix
1	PARTE TEÓRICA	1
1.1	Propiedades de la vinaza, aspectos nutricionales.....	1
1.1.1	Generalidades de la vinaza.....	1
1.1.2	Composición de la vinaza.....	1
1.2	Mezcla forrajera, aspectos agronómicos, nutricionales y fisiológicos.....	5
1.2.1	Características especiales de los pastizales.....	5
1.2.2	Características de las especies forrajeras.....	7
1.2.3	Condiciones de clima, suelo y crecimiento.....	11
1.2.4	Fertilización de mezclas forrajeras.....	12
1.2.5	Mezcla forrajeras para la sierra.....	20
1.3	Características agroecológicas y edáficas del sitio experimental.....	21
1.4	Análisis estadístico y financiero.....	26
1.4.1	Análisis estadístico.....	26
1.4.2	Análisis financiero.....	32
2	METODOLOGÍA	37
2.1	Materiales y Métodos.....	38
2.2	Selección e implementación del área experimental.....	40

2.3	Aplicación de Vinaza por tratamientos.....	46
2.4	Evaluación de variables a tomar tanto en campo y análisis en laboratorio.....	47
2.5	Análisis financiero proyectado.....	50
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
3.1	Análisis Físico de Suelos.....	51
3.2	Análisis Químico de Suelos.....	52
3.3	Análisis Biológico de Suelos.....	56
3.4	Rendimiento de Forraje Fresco.....	58
3.5	Rendimiento de Materia Seca.....	68
3.6	Composición Botánica.....	76
3.7	Análisis Financiero.....	77
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
4.1	Conclusiones.....	82
4.2	Recomendaciones.....	84
	BIBLIOGRAFÍA	85
	ANEXOS	89

ÍNDICES DE TABLAS

		PÁGINAS
Tabla 1.	Características Químicas de la Vinaza.....	2
Tabla 2.	Compuestos Orgánicos de la Vinaza.....	3
Tabla 3.	Resumen de Usos de la Vinaza.....	4
Tabla 4.	Elementos minerales esenciales y benéficos para las plantas.....	13
Tabla 5.	Elementos y síntomas de deficiencia en las plantas.....	16
Tabla 6.	Características Químicas del suelo del sitio experimental.....	24
Tabla 7.	Cálculo de vinaza para la aplicación en la mezcla forrajera.....	43
Tabla 8.	Cantidades de nutrientes aplicados con vinaza según tratamientos al primer año	44
Tabla 9.	Requerimiento de la mezcla forrajera según el análisis de suelos.....	45
Tabla 10.	Cantidad de fertilizante químico aplicado en la parcela neta del tratamiento siete.....	46
Tabla 11.	Tratamientos de vinaza evaluados en una mezcla forrajera.....	46
Tabla 12.	Humedad gravimétrica promedio en el estudio del efecto de la vinaza.....	51
Tabla 13.	Densidad aparente promedio en el estudio del efecto de la vinaza.....	52
Tabla 14.	Promedios de análisis químicos de suelos.....	53
Tabla 15.	Extracción de nutrientes por especie forrajera.....	55
Tabla 16.	Promedios de biomasa en el estudio del efecto de la vinaza.....	57
Tabla 17.	Rendimiento de forraje fresco del primer corte.....	58
Tabla 18.	Rendimiento de forraje fresco del segundo corte.....	59

Tabla 19.	Rendimiento de forraje fresco del tercer corte.....	60
Tabla 20.	Rendimiento de forraje fresco del cuarto corte.....	60
Tabla 21.	Rendimiento de forraje fresco del quinto corte.....	61
Tabla 22.	ADEVA para rendimiento de forraje fresco.....	62
Tabla 23.	Promedios y Pruebas de significación para rendimiento de forraje fresco.....	63
Tabla 24.	ADEVA para rendimiento de forraje fresco de las especies forrajeras.....	65
Tabla 25.	Promedios y Pruebas de significación para rendimiento de forraje fresco de las especies forrajeras.....	66
Tabla 26.	Incremento de producción de forraje fresco por adición de vinaza.....	67
Tabla 27.	Rendimiento de materia seca del primer corte.....	68
Tabla 28.	Rendimiento de materia seca del segundo corte.....	69
Tabla 29.	Rendimiento de materia seca del tercer corte.....	70
Tabla 30.	Rendimiento de materia seca del cuarto corte.....	70
Tabla 31.	Rendimiento de materia seca del quinto corte.....	71
Tabla 32.	ADEVA para rendimiento de materia seca en el estudio del efecto de la vinaza.....	72
Tabla 33.	Promedios y Pruebas de significación para rendimiento de materia seca.....	73
Tabla 34.	ADEVA para rendimiento de materia seca de las especies forrajeras.....	74
Tabla 35.	Promedios y Pruebas de significación para rendimiento de forraje seco de las especies forrajeras.....	75
Tabla 36.	Promedios de composición botánica de la mezcla forrajera.....	76
Tabla 37.	Costos de producción en el efecto del estudio de la vinaza.....	78
Tabla 38.	Relación beneficio/costo en el estudio del efecto de la vinaza.....	79

Tabla 39.	Capacidad receptiva. Cutuglahua-Pichincha. 2008.....	80
Tabla 40.	Análisis de dominancia.....	80
Tabla 41.	Tasa de retorno marginal.....	81

ÍNDICES DE FIGURAS

		PÁGINAS
Figura 1.	Disposición final en el campo de un experimento.....	31
Figura 2.	Flujograma de la selección e implementación del área experimental.....	37
Figura 3.	Preparación del suelo.....	40
Figura 4.	Estado ideal para el corte de igualación.....	41
Figura 5.	Delimitación de parcelas.....	42
Figura 6.	Riego de vinaza.....	42
Figura 7.	Promedios de biomasa en el estudio del efecto de la vinaza.....	58
Figura 8.	Promedios de rendimiento de forraje fresco en el estudio del efecto de la vinaza.....	64
Figura 9.	Promedios de rendimiento de forraje fresco de las especies forrajeras....	66
Figura 10.	Incremento de rendimiento de forraje fresco por la adición de m ³ de vinaza.....	68
Figura 11.	Promedios de rendimiento de materia seca en el estudio del efecto de la vinaza.....	72
Figura 12.	Promedios de rendimiento de materia seca de las especies forrajeras....	76
Figura 13.	Promedios de composición botánica en el estudio del efecto de la vinaza.....	77
Figura 14.	Curva de beneficio neto.....	81

ÍNDICES DE ANEXOS

	PÁGINAS
ANEXO I	
Croquis de las parcelas en el estudio del efecto de la vinaza en el rendimiento de una mezcla forrajera.....	89
ANEXO II	
Características meteorológicas del sitio experimental durante el periodo de evaluación.....	90
ANEXO III	
Fotografías en el estudio del efecto de la vinaza en el rendimiento de una mezcla forrajera establecida en un Andisol.....	93
ANEXO IV	
Contenido de nutrientes por especie forrajera estudio del efecto de la vinaza.....	94
ANEXO V	
Cantidad de nutrientes aplicados con vinaza según tratamientos al primer año.....	95
ANEXO VI	
Análisis químico de Vinaza.....	96
ANEXO VII	
Análisis de suelos inicial y recomendaciones.....	97
ANEXO VIII	
Análisis de suelos final y análisis foliares por especie forrajera.....	98
ANEXO IX	
Metodología utilizada para la determinación de Biomasa Microbiana en el Suelo.....	99

RESUMEN

La vinaza es un subproducto líquido de la fermentación de la melaza de caña de azúcar, empleada en la obtención de levaduras, alcohol, ácido cítrico, lisina y antibióticos. En Quito, se calcula que más de 35.000 litros de vinaza, que se generan durante el proceso de producción de levadura para panadería, son generalmente desechados al alcantarillado.

Con el objeto de brindar una alternativa de reutilización de este efluente, se condujo un ensayo de campo en el que se compara la respuesta agronómica que presenta una mezcla forrajera (raygrass inglés, raygrass italiano, pasto azul, trébol rojo, trébol blanco) a la adición de dos tipos de fertilizantes: orgánico (vinaza) y químico (úrea, sulpomag, fosfato diamónico).

Se evalúa la influencia de la adición de seis dosis de vinaza que van desde 0 a 125 m³vinaza/ha y se comparan 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.

Se utiliza un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde se analizan variables como: rendimiento de forraje fresco, rendimiento de materia seca, composición botánica, características químicas, físicas y biológicas del suelo, extracción de nutrientes y costos. Las variables se evaluaron en cinco cortes; además, se realizó la primera aplicación luego del corte de igualación y una fertilización completa para t7 (fertilización química).

Entre los resultados obtenidos se puede señalar que el rendimiento relativo 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 m³vinaza/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 se da en el mismo tratamiento, en el cual se 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.

GLOSARIO

Amatojado: Retoño de vástagos solitarios en espiga terminal.

ADEVA: Análisis de la variancia en el cálculo estadístico con un sistema de calificación: (**) alta significación estadística; (*) significación estadística; (ns) ninguna significación estadística.

Andisol: clasificación taxonómica del suelo, con origen de deposiciones volcánicas y generalmente se los halla de 2600 a 3600 msnm.

Capacidad receptiva: Es el número máximo de unidades bovinas que una hectárea de pastizal puede soportar sin causarle daño al mismo.

Composición Botánica: Cantidad en porcentaje de especies existentes en la mezcla forrajera.

Drench: Término del idioma inglés que significa empapar y está dirigido al suelo. Forma de aplicación utilizada para fuentes de fertilización líquidas ó semi-líquidas, orgánicas ó inorgánicas. Consiste en la aplicación directa al suelo utilizando implementos adecuados que permiten su dosificación.

Eficiencia agronómica: Capacidad de respuesta del cultivo a la fertilización.

Fertilizante o abono: cualquier sustancia orgánica o inorgánica, natural o sintética que aporte a las plantas uno o varios de los elementos nutritivos indispensables para su desarrollo vegetativo normal.

Fertilizante o abono orgánico: el que procediendo de residuos animales o vegetales, contenga los porcentajes mínimos de materia orgánica y nutrientes.

Forraje fresco o forraje verde (f.v): Cantidad de mezcla forrajera extraída del campo con alta humedad.

Macollar: Conjunto de vástagos, que nacen de un mismo pie. Formación de macollos de las plantas.

Macroelementos: este grupo incluye a los macroelementos primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) y a los secundarios (calcio, magnesio y azufre).

Materia seca o forraje seco (m.s): Cantidad de mezcla forrajera extraída la humedad en el laboratorio.

Mezcla forrajera: combinación proporcional de gramíneas y leguminosas.

Microelementos: cada uno de los elementos químicos siguientes: boro, cloro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc.

Timpanismo: Distensión del rumen o panza de los mamíferos rumiantes ocasionada por gases de los alimentos fermentados.

Vinaza: Es un material líquido resultante de la fermentación de la melaza o jugos de caña en la producción de etanol o en la fabricación de levadura para panadería.

INTRODUCCIÓN

La fertilización de pastizales en las explotaciones ganaderas es una práctica agronómica relativamente nueva. En general, 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.

“Las especies forrajeras protegen al suelo contra la erosión, son básicas para la alimentación animal. Las mezclas forrajeras deben ser manejadas como un cultivo permanente en el cual se consideran todos los factores de la producción en especial la fertilización química y orgánica” (Torres, 2002).

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. Considerando el alto precio de los fertilizantes químicos, una buena alternativa es el uso de abonos orgánicos que provienen de desechos agrícolas y agroindustriales.

La vinaza es un residuo líquido industrial considerado un desecho, y debido a las grandes cantidades generadas de este material, se empezó a investigar en opciones para el aprovechamiento de sus propiedades fisicoquímicas (Santos *et al.*, 2007).

En el presente caso se utilizó la vinaza que es un subproducto o desecho de la producción de levadura. La principal empresa productora de levadura es levapan ecuador S.A. la misma que reporta emisiones de 35000 litros al día. Por los antecedentes señalados, se plantearon los siguientes objetivos:

A. OBJETIVO GENERAL

Determinar el aporte nutricional de la vinaza como abono orgánico líquido en una mezcla forrajera y su efecto en las características del suelo correspondiente al grupo Andisol.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la respuesta agronómica de una mezcla forrajera de Raygrass Inglés (*Lolium perenne*), Raygrass Italiano (*Lolium multiflorum*), Pasto Azul (*Dactylis glomerata*), Trébol Rojo (*Trifolium pratense*), Trébol blanco (*Trifolium repens*), a la aplicación de seis dosis de vinaza (abono orgánico líquido).
- Evaluar el aporte de macro y micro nutrientes de la vinaza en la mezcla forrajera.
- Determinar la dosis óptima de vinaza en el rendimiento de la mezcla forrajera.
- Establecer el efecto de la aplicación de vinaza en las características físicas, químicas y biológicas del suelo
- Realizar un análisis financiero proyectado de los tratamientos en estudio.

1. PARTE TEÓRICA

1.1 PROPIEDADES DE LA VINAZA, ASPECTOS NUTRICIONALES

1.1.1 GENERALIDADES DE LA VINAZA

La vinaza es el subproducto líquido de la fermentación industrial de la melaza para la obtención de alcohol, levaduras, ácido cítrico, lisina o antibióticos. Proviene de un producto natural, sometido a un proceso en el que no intervienen productos nocivos para el suelo (Santos, 2007).

Los estudios realizados a la vinaza de caña de azúcar han mostrado que es un residuo altamente contaminante de las aguas, que presenta en su composición química altos contenidos de materia orgánica, potasio y calcio, así como cantidades moderadas de nitrógeno y fósforo (Leal *et al.*, 2008).

La materia orgánica presente en la misma 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 (Briceño, 2006).

La vinaza si es colocada directamente en un cuerpo de agua por ser altamente contaminante, exige altos valores de demanda química de oxígeno (DQOs) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), para un contenido de sólidos del 10%(m/m) son 116000 y 41200 ppm, respectivamente, lo cual hace necesario su tratamiento antes de ser eliminado (García y Rojas, 2007).

1.1.2 COMPOSICIÓN DE LA VINAZA

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 (García y Rojas, 2007):

- Sustancias inorgánicas solubles en las cuales predominan los iones K^+ , Ca^{2+} y SO_4^{2-} .
- 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.

La Tabla 1 muestra la composición química de la Vinaza.

Tabla 1. Composición química de vinaza.

Parámetro	Valor (Base Seca)
% Nitrógeno	1,70
% Cenizas	26,10
% Calcio	2,80
% Fósforo	0,23
% Sodio	0,81
% Potasio	7,29
% Magnesio	1,44
% Azufre	2,22
Hierro (ppm)	260,00
Manganeso (ppm)	76,20
Cobre (ppm)	6,75
Zinc (ppm)	114,00
Boro (ppm)	6,50
Cobalto (ppb)	7,40
Materia Orgánica %	46,00

FUENTE: (Grisales, 2001).

Entre 1971 y 1972, 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 *et al.*, 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 *et al.*, 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 y Rojas, 2007). En la Tabla 2 se muestran algunos de los ácidos orgánicos que contienen las vinazas.

Tabla 2. Compuestos Orgánicos de la Vinaza

Compuestos	Concentración (% m/m)
2,3 butanodiol	0,01
2-metil-1,3 butanodiol	0,20
Glicerol	2,70
Sorbitol	1,40
Ácido láctico	1,30
Ácido succínico	0,70
Ácido málico	0,23
Ácido aspártico	0,05
Ácido aconítico	1,80
Ácido cítrico	0,80
Ácido quínico	0,70
Fructofuranosa	0,50
Glucopiranososa	0,30
Sacarosa	0,20
Trehalosa	0,30

FUENTE: (Medina, 2006).

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. Esta apreciación se hace extensiva a variedades problema de caña de azúcar (Grisales *et al.*, 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 quelatante 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, 2006).

En la Tabla 3 se muestra un los usos que se le pueden dar a la vinaza.

Tabla 3. Resumen de usos de la vinaza

Usos	Qué aporta la vinaza	Qué hace la vinaza	Observaciones
Fertilización (Es el uso más ampliamente conocido)	<ul style="list-style-type: none"> •Materia orgánica •Potasio •Calcio 	<ul style="list-style-type: none"> •Fomenta la reproducción de microorganismos en el suelo. •Aporte de nutrientes disponibles. 	Se puede aplicar con equipos especiales o directamente con el agua de riego.
Sustrato para compost	<ul style="list-style-type: none"> •Sulfatos •Micronutrientes 	Sirve como fuente de energía nutriente a los microorganismos que compostan el material vegetal residual de las cosechas.	El exceso de V60 en la mezcla da lugar detención del proceso de compostaje debido a que por la DBO elevada interfiere negativamente en la degradación del material vegetal.
Producción de biogás y biosólidos		<ul style="list-style-type: none"> • Al descomponerse la materia orgánica en un reactor anaerobio, se genera biogás con contenidos utilizables de metano, gas carbónico y ácido sulfhídrico. • También se producen biosólidos ricos en C, N y S asimilable por las plantas. 	Se deben controlar las concentraciones de ácido sulfhídrico ya que producen malos olores y deteriora las tuberías de recuperación del gas.

Tabla 3. Resumen de usos de la vinaza. Continuación...

Medio de cultivo	<ul style="list-style-type: none"> •Materia orgánica •Potasio •Calcio •Sulfatos •Micronutrientes 	Suplementada con úrea y sacarosa es un excelente sustrato para promover el crecimiento de levaduras, algas del género <i>Chlorella</i> , bacterias como <i>Pseudomonas</i> y <i>Methanomonas</i> y hongos filamentosos.	La proteína unicelular es aquella proveniente de bacterias, algas y hongos y se constituye en una importante fuente de proteína para la alimentación animal y humana.
Suplemento alimenticio	<ul style="list-style-type: none"> • Proteína 5.68%_{m/m} • Energía neta 0.88 Mcal/kg • Sales minerales 	<ul style="list-style-type: none"> • Mezcla con otros elementos para elaborar concentrados para animales. • Sustituye parte de la melaza usada en la suplementación de ganado bovino, porcino y conejos. 	En bovinos dosis de potasio superiores a 1.5 kg/animal causan efectos laxantes.
Incineración	<p>Poder calorífico</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1871 cal/g límite superior • 1621 cal/g límite inferior 	Se constituye en un buen combustible para incinerar y generar energía térmica para distintas aplicaciones.	Actualmente existen dos calderas en Tailandia operando con este combustible.
Otros	Agente plastificante de concretos reforzados, fabricación de ladrillos. Materia prima para obtener sulfatos de cloruro y potasio, potasa y carbonato de sodio, ác. glutámico y glutamina vía fermentativa.		

FUENTE: (García y Rojas, 2006)

1.2 MEZCLA FORRAJERA, ASPECTOS AGRONÓMICOS, NUTRICIONALES Y FISIOLÓGICOS

La ganadería en sus inicios tuvo una ocupación tradicional de las tierras para pastizales, que incluyeron páramos; pero, a través del tiempo, gracias a la intervención directa de los productores y del estímulo de las casas comerciales, se ha dado inicio a la introducción de especies y variedades forrajeras altamente productivas, que con la adopción de sistemas de manejo permiten aprovechar eficientemente estos avances tecnológicos (Diners, 2003).

1.2.1 CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS PASTIZALES

Para que un potrero tenga una mejor producción, en calidad y cantidad, es necesario que esté conformado por mezclas de especies gramíneas y

leguminosas. Dentro de los cultivos forrajeros tienen especial importancia estas asociaciones que por sus características pueden incluirse dentro de las alternativas generales del cultivo (León, 2003; Domínguez, 1997).

Tradicionalmente no se ha concedido a los pastizales más que una importancia marginal. No obstante, en las tres últimas décadas se han obtenido progresos notables en las técnicas de explotación agropecuaria, que permiten obtener un mayor aprovechamiento de los pastos, condición esencial para la respuesta positiva que resulta de una adecuada fertilización (Terán, 2004).

La composición de una mezcla forrajera a emplearse depende de muchos factores. En primer lugar, las especies componentes deben adaptarse a las condiciones climáticas locales, luego se debe tomar en cuenta el nivel de fertilidad del suelo y su topografía, la limpieza de las malezas del terreno, la rapidez de crecimiento de las especies integrantes, sus necesidades de luz y sombra, el uso del potrero, durabilidad del mismo, manejo uniforme, riesgo de provocar enfermedades (León, 2003).

En este caso, las gramíneas aseguran el rendimiento al producir un desarrollo rápido de la pradera; mientras que, las leguminosas, algo más lentas, mejoran la calidad con su aporte de proteínas, calcio y fósforo (Domínguez, 1997).

La composición botánica ideal en la sierra es: gramíneas 70-75%, leguminosas 25-30%, malezas 2-3%. Un porcentaje más alto de leguminosas puede causar timpanismo o torzón. Si la leguminosa es el loto, el porcentaje puede elevarse hasta el 50% (León, 2003).

El crecimiento de las pasturas necesita para elementos minerales como nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio, magnesio, sodio, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno, hierro, cobalto y cloro (Paladines, 2002).

Los tres puntos esenciales en la mejora de los pastizales son la selección de variedades, la fertilización y las técnicas de explotación, que aseguren al

aprovechamiento eficaz de la mayor producción, obtenida por la conjunción de los primeros factores (Bernal, 1996).

Los pastizales son cultivos que tienen esencialmente los mismos requisitos nutricionales de otros cultivos. Se diferencian en dos aspectos específicos (Paladines, 2002):

- Los pastizales son defoliados repetidamente a través del año, lo que implica que la demanda de nutrientes es igual a lo largo del año y repetidamente a lo largo de los años de vida de la pastura.
- Por ser utilizados para la alimentación de los animales, los pastizales reciben el regreso de nutrientes en dos formas: descomposición de los residuos vegetales muertos y descomposición de las deyecciones animales sólidas y líquidas.

1.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES FORRAJERAS USADAS

En Ecuador se han trabajado varias especies y distintas variedades. Continuamente se generan nuevas variedades, mediante la selección de especies forrajeras según el rendimiento, la resistencia a enfermedades, la adaptación, el valor nutritivo y el crecimiento de rebrote.

Según Paladines (1997) y León (2003), las principales características de las especies utilizadas son:

1.2.2.1 PASTO AZUL

Nombres comunes: pasto ovilla, pasto azul

Nombre científico: *Dactylis glomerata* L.

Origen: Europa

Ciclo Vegetativo: Perenne, con hábito fuertemente amatojado.

Adaptación de pasto azul

El pasto azul se aclimata muy bien a altitudes comprendidas entre los 2500 y 3600m.s.n.m, lugares con clima templado, frío y húmedo, además; tolera la sombra.

Se adapta a suelos francos, profundos, no soporta suelos alcalinos o erosionados. Es un pasto poco exigente en fertilidad, resiste la acidez del suelo.

Manejo de pasto azul

Establecimiento: Por semilla, al voleo 22-25 kg/ha o en hileras 11-12 kg/ha.

Uso: Pastoreo en mezcla con Raygrass perenne, Raygrass anual y trébol blanco. Se debe pastorear tan pronto empieza a macollar, ya que de inmediato empieza a florecer, se vuelve fibroso y por esta causa deja de ser apetecido por el ganado.

Rendimiento: Cultivado solo produce 7 t/forraje verde/ha y con alfalfa o trébol blanco 10-15 t/verde/ha; o sea alrededor de 1.5-2.0 t/seco/ha/corte. Al principio el rendimiento de materia verde es bajo, luego se incrementa con los cortes sucesivos.

Valor nutritivo: A las 6 semanas es 17.0-18.7% de proteína, 31.0% de elemento libre de nitrógeno, 62.1% de digestibilidad.

1.2.2.2 RAYGRASS PERENNE

Nombres común: Raygrass inglés, Raygrass perenne

Nombre científico: *Lolium perenne* L.

Origen: Zona templada del Asia y del Norte de África.

Ciclo vegetativo: Perenne, duración corta por competencia, muerte de macollos.

Adaptación de Raygrass perenne

El Raygrass perenne se aclimata muy bien a altitudes comprendidas entre los 2500 y 3600 m.s.n.m, lugares con clima templado húmedo.

Se adapta a suelos francos o arcillosos que tenga suficiente humedad y fertilidad, principalmente ricos en nitrógeno.

Manejo de Raygrass perenne

Establecimiento: Por semilla, 20-30 kg en cultivo monofítico.

Uso: Principalmente para pastoreo, imprescindible en todos los potreros de la región interandina. Dura en buena producción de 5-6 años.

Rendimiento: Pastoreos cada 30-40 días, 80t/fverde/ha/año; corresponde a 10-12 t/corte. Con un buen manejo es posible doblar la producción y la capacidad de sostenimiento.

Valor nutritivo: Var. diploides 15-17% de proteína, Var. tetraploide 25% de proteína; 36% de elementos no nitrogenados, 80% de digestibilidad.

1.2.2.3 RAYGRASS ANUAL

Nombre común: Raygrass italiano, ballico, Raygrass anual

Nombre científico: *Lolium multiflorum* L.

Origen: Originario del Mediterráneo, sur de Europa, norte de África y Asia Menor.

Ciclo Vegetativo: Anual, en condiciones favorables se comporta como bianual.

Adaptación de Raygrass anual

El Raygrass anual se aclimata muy bien a altitudes comprendidas entre los 2500 y 3600m.s.n.m, lugares con clima templado húmedo. Se adapta a suelos de textura intermedia o ligeramente pesada, ricos en nitrógeno, pH óptimo 6-7. Responde bien a la fertilización y no soporta la períodos de sequía.

Manejo de Raygrass anual

Establecimiento: Por semilla, al voleo en monocultivo 30-40 kg; también en surcos separados de 25-30 cm 25 kg/ha, asociado con 8-10 kg/ha de leguminosas.

Uso: Se utiliza especialmente para corte, henificar o ensilar, también para pastoreo.

Rendimiento: Cortes cada 28-30 días; 120 t/ha/año de forraje verde, correspondiente a 10-12 t/corte. Buena productora de semilla, 600-700 kg/ha.

Valor nutritivo: Variedades diploides 14-15% de proteína, variedades tetraploides 19-20% de proteína; 38.04% ENN.

1.2.2.4 TRÉBOL ROJO

Nombre común: Trébol rojo

Nombre científico: *Trifolium pratense* L.

Origen: Europa y las islas Británicas.

Ciclo Vegetativo: Bianual o perenne de corta vida.

Adaptación de trébol rojo

El trébol rojo se aclimata muy bien en zonas templado frías. Se adapta a suelos con textura media a pesada y profundidad media, con capacidad para retener la humedad suficiente para que vegete el trébol. Tolera suelos alcalinos, siendo susceptible a pH inferior a 5.5.

Manejo de trébol rojo

Establecimiento: Por semilla, 8-15 kg en cultivo puro; 4-7 kg/ha cuando se siembra en asociación con gramíneas.

Uso: Para pastoreo y para corte. Se aconseja no pastorear en el primer corte.

Rendimiento: 35t/forraje verde/ha/año. Valor nutritivo: 23% de proteína cruda.

1.2.2.5 TRÉBOL BLANCO

Nombre común: trébol blanco

Nombre científico: *Trifolium repens* L.

Origen: Europa mediterránea y las islas Británicas.

Ciclo Vegetativo: Perenne, estolonífera.

Adaptación de trébol blanco

El trébol blanco se aclimata muy bien en zonas templado frías y húmedas. Se adapta a suelos fértiles, francos a franco arcillosos, con humedad suficiente, con cantidades adecuadas de fósforo y pH entre 5-7. No resiste los suelos anegados permanentemente.

Manejo de trébol blanco

Establecimiento: Por semilla, 3-6 kg en cultivo puro; en asociación con otras especies forrajeras, se utiliza alrededor de 1-3 kg/ha.

Uso: Basicamente para pastoreo en mezcla con gramíneas. Su porcentaje ideal en potreros es 25%. La aplicación de altas cantidades de nitrógeno, reduce la población de trébol.

Rendimiento: 10t/materia seca/ha/año no sobre pasa en cultivo puro.

Valor nutritivo: 22-24% de proteína cruda, 21% proteína digerible, digestibilidad superior al 78%.

1.2.3 CONDICIONES DE CLIMA, SUELO Y CRECIMIENTO

Los pastizales siguen una dinámica, en la cual a lo largo de una temporada de crecimiento se observa un completo cambio dinámico desde el inicio, cuando la temperatura y humedad adecuada permiten la germinación de los pastos y desde su rebrote con un fuerte impulso de crecimiento vegetativo, con elongaciones de las estructuras de soporte y las estructuras fotosintetizantes (Paladines, 1997).

Las adaptaciones al suelo son, en general, bastante grandes cuando no existen limitaciones de humedad, ya que al aumentar el número de especies disponibles se incrementa la posibilidad de adaptación. Las leguminosas se implantan rápidamente y soportan mejor las condiciones de escasez de agua, cuanto más profundo es el suelo y mejor la capacidad de retención de humedad (Bernal, 1996).

Estos cambios anatómicos y fisiológicos que experimentan las plantas son susceptibles de medirse a través del peso, altura o algún otro atributo similar, que normalmente se incrementa con la edad (Bertsch, 1998).

La fertilización es una de las medidas que intervienen positivamente en la condición del pastizal, mejora su composición botánica y producción. La respuesta de las diversas especies del pastizales a la aplicación de fertilizantes es muy diferente, condiciones que se pueden mejorar mediante una fertilización adecuada (Ruiz, 1996).

El nivel de fertilidad del suelo es el factor más importante que rige la productividad de la pastura, es de gran importancia tener una estrategia de manejo de los fertilizantes, así como de los suelos con respecto al tiempo y climatología local, con la finalidad de obtener el máximo rendimiento (Muslera y Ratera, 1994).

La fertilización aporta a las plantas lo que los suelos no pueden proveerles; es decir, constituye una corrección de las deficiencias o insuficiencias químicas de los suelos. La calidad de los pastos y la fertilización tiene íntima relación con la

ganadería, al planificar un programa de fertilización se debe tener en cuenta este detalle (León, 2003).

1.2.4 FERTILIZACIÓN DE MEZCLAS FORRAJERAS

La principal obligación del agrónomo es la de satisfacer las necesidades del sector agropecuario, utilizando la tecnología disponible, con el fin de dar soluciones a sus innumerables y complejos problemas.

El manejo de la fertilidad del suelo gobierna la nutrición de la planta, esto a su vez tiene efecto directo sobre el crecimiento y rendimiento, así como otros factores, el agua proporcionada es indispensable en el metabolismo de la planta (Espinosa, 1996).

La ecuación de rendimiento de Fits, que se considera como la piedra angular sobre la cual se desarrolla una buena recomendación de fertilización, involucra los siguientes términos:

$$\text{Rendimiento} = \text{función} (\text{clima, cultivo, suelo y manejo})$$

Bernal (1996) se refiere a una relación suelo-planta-animal que puede presentar tres tipos de problemas en cuanto a nutrición mineral se refiere. El primer grupo está constituido por aquellos minerales de los cuales el animal tiene mayor requerimiento que la planta, por lo que no aporta la cantidad adecuada de nutrientes y hay necesidad de suplementar directamente al animal. Entre estos minerales figuran: el sodio, cloro, cobalto, yodo, selenio en algunos casos de deficiencia y, rara vez, el hierro y el zinc.

En el segundo grupo se clasifican algunos elementos que la planta acumula sin perjuicio para su crecimiento y producción, pero que pueden ser tóxicos para el animal. A este grupo pertenece el molibdeno, el selenio y el cobre.

El tercer grupo está constituido por aquellos elementos que se encuentran en la planta en una concentración similar a los requeridos por el animal. Cuando se presentan deficiencias de estos elementos, tanto el rendimiento de la planta como del animal se ven afectados. A este grupo pertenece el fósforo y el azufre, que son requeridos por plantas y animales en cantidades relativamente altas.

1.2.4.1 Requerimientos nutricionales

Un programa de fertilización debería combinar el abonamiento orgánico y la fertilización inorgánica (macro y microelementos). El objetivo de un programa de fertilización es elevar la reserva de elementos fertilizantes del suelo a un nivel óptimo y de mantenerlo así, cuando se haya alcanzado (León, 2003).

En la Tabla 4, se describe la función de los nutrientes en las plantas.

Tabla 4. Elementos minerales esenciales y benéficos para las plantas.

Elemento	Rol en las Plantas	Formas captadas por las plantas
Macronutrientes		
Nitrógeno	Constituyente de todas las proteínas, clorofila, en coenzimas y ácidos nucleicos	NH_4^+ , NO_3^-
Fósforo	Importante en la transferencia de energía como parte de la adenosina trifosfato. Constituyente de muchas proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos y substratos metabólicos.	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}
Potasio	Involucrado en el control de la presión osmótica Funciona en mecanismos regulatorios como fotosíntesis, translocación de hidratos de carbono, síntesis proteínica, etc.	K^+
Calcio	Componente de la pared celular. Juega un rol en la estructura y permeabilidad de membranas.	Ca^{2+}
Magnesio	Constituyente de la clorofila y activador de enzimas	Mg^{2+}
Azufre	Importantes constituyentes de proteínas vegetales	SO_4^{2-} , SO_2
Sodio	Esencial para algunas plantas C4, promueve el crecimiento si el K es limitante. Involucrado en el control de la presión osmótica	Na^+

Tabla 4. Elementos minerales esenciales y benéficos para las plantas. Continuación...

Micronutrientes		
Boro	De alguna manera incierta pero se cree que es importante en la translocación de azúcares y en el metabolismo de los hidratos de carbono.	H ₃ BO ₃
Hierro	Síntesis de clorofila y en enzimas para transferencia de electrones	Fe ²⁺
Manganeso	Controla algunos sistemas de oxidación-reducción, formación de O ₂ en la fotosíntesis	Mn ²⁺
Cobre	Catalizador de la respiración, constituyente de enzimas.	Cu ²⁺
Zinc	En sistemas de enzimas que regulan varias actividades metabólicas	Zn ²⁺
Molibdeno	En la enzima nitrogenasa requerida para la fijación del nitrógeno	MoO ₄ ²⁻
Cobalto	Esencial para la fijación del nitrógeno por <i>Rhizobium</i>	Co ²⁺
Cloro	Actividades para la producción de O ₂ en la fotosíntesis	Cl ⁻

1.2.4.2 Síntomas generales de deficiencias en las plantas

Los nutrientes cumplen un rol determinado en el metabolismo vegetal. Su carencia se manifiesta externamente a través de síntomas característicos; a partir de estos se elabora un esquema de la "sintomatología carencial de nutrientes". Los métodos para determinar estas deficiencias son varios, entre ellos se citan (Cordero y Espinosa, 1997; Bertsch, 1998):

- Análisis de los suelos. Se determinan analítica y químicamente los nutrientes disponibles en el perfil agrícola. Este método se lleva a cabo antes de la siembra, para calcular las necesidades reales del cultivo y su posible fertilización mineral.
- Diagnóstico visual: Consiste en una apreciación directa del cultivo o planta. La carencia de un elemento se manifiesta en un síntoma característico. En la observación se toman en cuenta las hojas jóvenes y las viejas.

- Análisis de la planta entera o de alguna de sus partes específicas. Se realiza un análisis químico.
- Utilización de reactivos. Se utilizan reactivos químicos específicos que informan de las carencias existentes. Son llamados "reactivos de carencia" y se aplican en el suelo o en las plantas.

Los nutrientes, una vez absorbidos por la planta, ingresan al circuito fisiológico y se comportan de una forma móvil o inmóvil; los móviles se mueven casi continuamente dentro del vegetal, ocasionando un traslado en los distintos periodos del crecimiento y desarrollo; en cambio, los elementos inmóviles se fijan en ciertas partes de la planta y no se trasladan, por ejemplo, desde las hojas viejas a las nuevas. Estas localizaciones permiten deducir las distintas deficiencias, pues en las hojas jóvenes se detectarán las carencias de los elementos poco móviles.

En las hojas viejas se detectan las carencias de los nutrientes móviles, que la planta ya trasladó desde las hojas viejas hacia las jóvenes u otros órganos.

Los nutrientes móviles son nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, que presentan síntomas en hojas las viejas de las plantas. El Boro se traslada medianamente.

Los nutrientes inmóviles son hierro, calcio, azufre, cinc, presentan síntomas en hojas las jóvenes de las plantas.

A partir de estos conceptos se elaboró el siguiente esquema de "sintomatología de las carencias" (Bertsch, 1998):

La aparición de los distintos síntomas de deficiencias son manifestaciones de situaciones generalmente extremas y tardías, por lo que desde un punto de vista agronómico no debe esperarse a que estos aparezcan. Los análisis del suelo y, principalmente, los análisis foliares permiten anticipar la corrección de las carencias potenciales; en este último caso, se puede corregir la carencia antes de que se produzca un perjuicio considerable en la producción.

Tabla 5. Elementos y síntomas de deficiencia en las plantas.

ELEMENTO	SÍNTOMA
Nitrógeno	Efecto generalizado en toda la planta, plantas enanas, color verde claro.
Fósforo	Color verde oscuro, con pecíolos y nervaduras de las hojas violetas.
Potasio	Efecto localizado, moteado clorótico, con necrosis (tejido muerto con color marrón) en puntas y márgenes de las hojas.
Magnesio	Clorosis (amarillamiento por falta clorofila que da el color verde a las plantas) intervenal (entre las nervaduras de las hojas), pero sin necrosamiento.
Calcio	El brote terminal muere, necrosis en puntas y márgenes del brote terminal.
Boro	Necrosis en la base del brote terminal, el brote terminal no muere.
Manganeso	Láminas cloróticas, con manchas necróticas en el brote terminal y nervaduras verdes.
Hierro	Láminas cloróticas sin necrosis en el brote, nervaduras verdes.
Azufre	Nervaduras cloróticas.

FUENTE: (Bertsch, 1998).

1.2.4.1.1 Diagnóstico de la nutrición

Se debe realizar el análisis del suelo inicialmente y para control cada 2 años y es necesario complementar el análisis de suelos con análisis foliares de los cultivos anteriores, la observación visual de síntomas, en los ensayos de campo y el análisis de la sangre en los animales que consumen, para ajustar con mayor precisión los requerimientos de fertilización y mantenimiento (León, 2003).

Hay cuatro recomendaciones básicas para la fertilización de suelos, cada una de ellas es específica a la situación del campo, de donde proviene la muestra de suelo, estas son:

- 1) Un tratamiento para aumentar la fertilidad del suelo a un rango óptimo. Generalmente, constituye el objetivo de un agricultor que cuente con recursos suficientes.
- 2) La aplicación anual de fertilizantes a un cultivo determinado, bajo condiciones limitadas de recursos económicos (mano de obra, equipos, etc.). Posiblemente

sería una norma de interés para el agricultor arrendatario o aquel que desea minimizar sus insumos.

3) Fertilización para un sistema de rotación, en el cual el agricultor desea fertilizar el cultivo más rentable y aprovechar el efecto residual de los fertilizantes con una aplicación mínima de los mismos para el segundo o tercer cultivo. Un ejemplo frecuente de este tipo es el que ocurre con el cultivo de papa cuando es seguido por el trigo, en la Sierra y el maíz seguido por soya, en la Costa.

4) Una fertilización de mantenimiento, para restituir los nutrimentos tomados por el cultivo, de esta manera, la fertilización no será un factor limitante en el futuro (Padilla, 1997).

En el caso de pasturas establecidas, la profundidad de muestreo es de 0 a 10 cm, debido a que las raíces se concentran en esta área.

Además, en esta sección es donde existe una mayor concentración residual de los fertilizantes, ya que la mayoría de las aplicaciones de los fertilizantes se hacen al voleo (Cordero y Espinosa, 1997).

Una misma recomendación de fertilización no es válida para todos los agricultores, ya que si se recurre a la ecuación de rendimiento enunciada, cada uno de los factores en ella establecidos varía de acuerdo con el lugar de establecimiento del cultivo. Cada factor representa un limitante si no es estudiado convenientemente. Cuando todos estos factores sean controlados mediante un adecuado conocimiento de los mismos, se podrá hablar de rendimientos óptimos (Padilla, 1997).

1.2.4.1.2 Absorción de los Elementos Nutritivos

Las especies forrajeras, particularmente las gramíneas, responden muy bien a la fertilización en términos de la cantidad de forraje producido por unidad de superficie. Esta respuesta se debe principalmente al nitrógeno. Sin embargo, la mayor producción de forraje generada por la fertilización nitrogenada lleva

necesariamente a una mayor extracción o demanda de otros nutrientes, particularmente P, K, S, Mg, Ca y aún micro elementos (Guerrero, 1998).

No todas las especies forrajeras tienen los mismos requerimientos, ni responden en la misma forma a la aplicación de fertilizantes: las gramíneas son ávidas de N, mientras que las leguminosas y especialmente la alfalfa son plantas ávidas de P, K, Ca, S, Mg y Cu; también necesitan Co, B y Mo, elementos que estimulan la fijación de nitrógeno (León, 2003).

Las plantas contienen prácticamente todos los elementos nutricionales; pero, solo necesitan 16 para un buen crecimiento. Trece de estos son elementos esenciales en la nutrición mineral de las plantas, requeridos para el crecimiento. Ellos deben ser suministrados tanto por el suelo, por el estiércol animal o por los fertilizantes minerales. Algunos otros elementos, como por ejemplo el Na, Si y Co, tienen un efecto benéfico en algunas plantas pero no son esenciales (Cordero y Espinosa, 1997).

Los elementos minerales son solubles en el agua del suelo y están presentes como partículas sumamente pequeñas, llamadas iones antes de que puedan pasar por las membranas de las células de la raíz y puedan entrar en la planta. Las sales minerales en el suelo son compuestos iónicos como el nitrato de potasio (KNO_3). Estos compuestos iónicos se disuelven, en agua para formar sus componentes cargados (Calvache, 2001).

Las sales nutritivas en el suelo al entrar en la solución tienden a disociarse en sus partes conformantes: los aniones de carga negativa y los cationes de carga positiva (Bertsch, 1998).

Los principales aniones presentes en el suelo son:

Nitrato	(NO_3^-)	Fosfato diácido	$(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$
Sulfato	(SO_4^{2-})	Cloruros	(Cl^-)
Bicarbonato	(HCO_3^-)		

Los principales cationes presentes en el suelo son:

Aluminio	(Al ³⁺)	Magnesio	(Mg ²⁺)
Hidrógeno	(H ⁺)	Potasio	(K ⁺)
Bario	(Ba ²⁺)	Amonio	(NH ₄ ⁺)
Estroncio	(Sr ²⁺)	Sodio	(Na ⁺)
Calcio	(Ca ²⁺)	Litio	(Li ⁺)

1.2.4.1.3 Extracciones totales e intercambios de nutrientes

Las plantas no tienen igual habilidad para extraer nutrientes del suelo. Las gramíneas, por ejemplo, son más eficientes para extraer los nutrientes del suelo que las leguminosas.

Los intercambios reales del suelo dependen, por una parte, del nivel de rendimiento que se puede obtener de la pradera y por otro del tipo de explotación que se practique. Se cuantifica la extracción de nutrientes de la pastura, en cada corte, y se restituye el 50% de estos nutrientes al suelo; ya que en un sistema de pastoreo, no todos los elementos que la planta remueve son eliminados, se estima que el otro 50% son devueltos al suelo a través de los residuos vegetales y animales (León, 2003).

1.2.4.1.4 Programación de fertilización

La aplicación de fertilizantes debe realizarse con criterio técnico y económico, se busca el punto de equilibrio óptimo (nivel crítico), debido a que una aplicación incorrecta, puede ocasionar un desequilibrio nutricional; se debe señalar que existen interacciones entre los nutrientes, antagonismo entre algunos y sinergismo entre otros que es necesario conocer, ya que la aplicación de un nutriente puede limitar la absorción de otro o potencializarlo, según sea el caso (León, 2003).

Luego de la fertilización inicial de un potrero, en la que se entiende que los nutrientes se situaron en un nivel, óptimo, se debe continuar con la fertilización de mantenimiento, cuyo objetivo es restituir los nutrientes extraídos por los pastos y mantener vigoroso al potrero.

1.2.5 MEZCLAS FORRAJERAS PARA LA SIERRA

Las principales mezclas forrajeras aptas para clima frío y que soportan pastoreo en la sierra ecuatoriana. Se presenta la cantidad de cada especie forrajera que se vuela en una hectárea (León, 2003):

Zona de páramo desde 3200 a 3500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m)

Pasto azul	15 kg/ha
Raygrass inglés	10 kg/ha
Raygrass italiano	10 kg/ha
Trébol híbrido	5 kg/ha
Trébol blanco	3 kg/ha

Zonas altas, praderas interandinas desde 2800 a 3200 m.s.n.m con suficiente humedad

Raygrass italiano	10 kg/ha
Raygrass inglés	20 kg/ha
Pasto azul	10 kg/ha
Trébol blanco	3 kg/ha
Trébol rojo	5 kg/ha

Zona baja, praderas interandinas desde 2000 a 2800 m.s.n.m con suelos bien drenados

Raygrass italiano	10 kg/ha
Raygrass inglés	15 kg/ha
Pasto azul	10 kg/ha

Alfalfa	8 kg/ha
Trébol blanco	3 kg/ha

Zona seca, en diversas altitudes

Pasto azul o bromo	10 kg/ha
Alfalfa	20 kg/ha

1.3 CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS Y EDÁFICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL

1.3.1 ANDISOLES

Son suelos negros profundos, limosos o limo arenosos, derivados de materiales piroclásticos, con menos del 30% de arcilla en el primer metro, con una saturación de bases mayor al 50% y generalmente se hallan de 2600 a 3200 m y con un pH ligeramente ácido a neutro, ricos en materia orgánica son de color negro o pardo (zonas frías o templadas) pardo rojizo (zonas cálidas) y sobre todo tienen una muy buena fertilidad.

La gran variedad de climas y de material geológico existentes en las cordilleras andinas del país ha determinado que la distribución de los suelos sea también heterogénea, provocando que las propiedades físicas y químicas sean, en general, buenas; pero, presentan limitaciones de fertilidad determinadas por la predominancia de coloides minerales amorfos (alófana, imogolita) y su interacción con la fracción húmica, lo que determina la necesidad de planes de fertilización para cada zona. En la Cordillera Occidental, dominan los suelos derivados de cenizas volcánicas del tipo Andepts o Andisoles (Calvache, 2001).

- **Orden:** *Inceptisoles* (ANDISOL)
- **Suborden:** *Andepts*
- **Gran grupo:** *Eutrandepts*

1.3.1.1 Características de los andisoles

Son suelos que se originan a partir de las deposiciones de material volcánico, pueden sufrir rejuvenecimientos frecuentes y se ven beneficiados por un enriquecimiento nutricional constante. Por lo general son suelos profundos, aunque su profundidad depende de la magnitud de las deposiciones y sus colores son oscuros o pardo oscuro, sin iluviaciones (Espinosa, 1995; Plaster, 2000).

Los Andisoles ocupan la zona central del país: los valles y las faldas de los volcanes en todos sus flancos correspondiente a la cordillera Oriental y Occidental y una pequeña área en la costa (Espinosa, 1995).

1.3.1.2 Propiedades mineralógicas de los andisoles

La arcilla predominante en este suelo es la alofana que es un coloide de característica muy particular, amorfa e hidratada, que aparece como producto de la descomposición de la ceniza volcánica en zonas húmedas. La alófana es una arcilla inestable, de modo que imprime comportamientos peculiares a estos suelos. Se liga a la materia orgánica, forma complejos difíciles de descomponer y fija aniones (Bertsch, 1998).

La fracción de arcilla de los Andepts proviene de materiales piroclásticos con una evidente presencia de alófana o imogolita y alto contenido de humus (Benítez, 1990).

1.3.1.3 Propiedades físicas de los andisoles

Las condiciones físicas de estos suelos volcánicos son muy buenas, debido a la presencia de organominerales estables. Poseen una baja densidad aparente, lo que les hace susceptibles a compactarse en suelos de textura franco arenoso (Bertsch, 1998).

Los Andisoles tienen densidades menores que $1,0 \text{ g/cm}^3$. Se han encontrado densidades de hasta $0,15 \text{ g/cm}^3$. La densidad aparente sube con la profundidad

por el menor contenido de materia orgánica, menor agregación y mayor compactación (Luzuriaga, 2001).

1.3.1.4 Propiedades nutricionales de los andisoles

Nutricionalmente, pueden catalogarse como moderadamente fértiles. Su potencial está definido por las características de las cenizas que lo forman. Por lo general están situados en zonas donde la pluviosidad es media o alta, lo cual unido a su buen drenaje, los hace susceptibles a empobrecerse gradualmente. Su fertilidad potencial puede estimarse por medio de la suma de bases (Ca, Mg, K); entre mayor sea esta, los suelos ofrecen mayor capacidad para el desarrollo de los cultivos (Bertsch, 1998).

En su totalidad, los suelos muestran valores de pH medianos (5.6-7.3), muy bajos menores a 5.5 y una mínima proporción de reacción alcalina pH (7.3). Existe una variación de un 37 a 67% de acidez, en las zonas frías (Plaster, 2000).

La alta fijación de P, por lo general, supera el 70% y llega, fácilmente, a valores del 95%, esto es el principal limitante. También el B y el S por su condición de aniones, pueden ser fijados en estos suelos. En cenizas muy recientes, el N es más limitante. Con pocas excepciones, su pH es neutro y no responde al encalado, a menos que haya acidificación inducida por el mal uso de fertilizantes de efecto residual ácido o para favorecer la descomposición de la materia orgánica (Bertsch, 1998).

1.3.1.5 Materia orgánica y disponibilidad de nitrógeno de los andisoles

En el Ecuador, la proporción de suelos con contenidos altos de materia orgánica y bajos requerimientos de fertilización nitrogenada oscila entre el 6 y el 62%. Por otra parte, los suelos con contenidos medios fluctúan entre el 18 y el 68% (Espinosa, 1995).

La tabla 6 presenta las características químicas de un andisol.

Tabla 6. Características Químicas del suelo del sitio experimental.

Elemento	Unidad	Valor	Interpretación
N	Ppm	46,00	Medio
P	Ppm	36,00	Alto
S	ppm	730	Bajo
K	meq/100ml	0,69	Alto
Ca	meq/100ml	10,10	Alto
Mg	meq/100ml	1,90	Alto
Zn	ppm	4,30	Medio
Cu	ppm	6,70	Alto
Fe	ppm	412,00	Alto
Mn	ppm	8,60	Medio
B	ppm	0,41	Bajo
pH	---	5,60	Lig. Acido
MO	%	9,30	Alto
Ca/Mg		5,3	
Mg/K		2,8	
Ca + Mg/K		17,4	
Textura		Franco limoso	

Fuente: Autor, Análisis de suelos. 2008.

En condiciones de páramo, las bajas temperaturas reinantes implican una mayor acumulación de materia orgánica, motivada por una débil mineralización y, por consiguiente, una escasa liberación de nitrógeno aprovechable. Sin embargo, la temperatura no es lo único, pues se ha demostrado que las deficiencias de fósforo, azufre, calcio y otros nutrientes (Zapata, 1995).

1.3.1.6 Disponibilidad de macro y micronutrientes

Se ha encontrado que la reserva total de fósforo tiende a aumentar con la altitud. Esto significa que, en general, se espera una mayor acumulación total del elemento en el piso térmico frío que en el medio o en el cálido (Guerrero, 1994).

En contraste con sus relativas altas reservas de fósforo, en los suelos de clima frío predominan los valores bajos de P-disponible. El porcentaje de suelos con déficit desde 68%, pero han disminuido al 42% (Martínez y Jiménez, 1995).

La capacidad de fijación de fosfatos es muy alta. Las determinaciones realizadas indican que estos suelos fijan en forma no disponible más del 90% del fósforo aplicado como fertilizante. El fenómeno tiende a ser más acentuado en los suelos de páramo y en los alofánicos (Nutrimon, 1998).

El contenido de potasio total en los suelos es una característica heredada del material de partida, sin embargo, la disponibilidad del elemento para las plantas depende principalmente de la capacidad que tengan los minerales potásicos de liberar el K soluble disponible, lo que se conoce como capacidad de reabastecimiento (Domínguez, 1997).

A pesar de que la determinación del potasio (K) cambiante no siempre constituye un índice adecuado para estimar el K aprovechable. En general, no se identifican tendencias claras cuando se observa la distribución de los suelos en relación con los niveles de disponibilidad de potasio en los diferentes suelos y cultivos. La disponibilidad del mismo tiende a disminuir al pasar del piso térmico frío a las condiciones de páramo. Desde los 2000 a 3000 msnm se encontró que un 70% de los suelos tenía una alta disponibilidad, en tanto que a partir de los 3000 msnm la proporción de suelos bien abastecidos eran solo de 51% (Nutrimon, 1998).

Tal parece que en los suelos alofánicos la formación de complejos organometálicos determina una débil mineralización del azufre orgánico, da como resultado un déficit de azufre en la planta. Las pocas referencias obtenidas determinan, que la mayor parte de calcio total está constituido por calcio activo, pero existen zonas donde predomina la fracción de calcio inactivo (Terán, 2004).

Con relación al magnesio, los suelos con predominancia de arcilla amorfa (Andepts) presentan concentraciones altas de magnesio total (52.2 meq/100g) que los suelos no alofánicos (Tropept) 27.0 meq/100g (Nutrimon, 1998).

Existen, además, por la acumulación de arcillas amorfas (alófana) en suelos volcánicos que afecta negativamente la disponibilidad de cobre para las plantas. Las deficiencias de cobre, zinc y boro se deben al uso de materiales encalantes y a niveles altos de fertilización fosfórica (Grijalva, 1990).

1.3.1.7 Manejo de los andisoles

Una de las propiedades de los suelos Andisoles es su alta capacidad de fijación de fósforo. La producción adecuada de cultivos obliga a la aplicación de dosis altas para sobreponer el alto poder de fijación y permitir un adecuado suplemento de este nutriente. La aplicación sucesiva de dosis altas permite pensar en saturar la demanda de fijación de fósforo y esperar efectos residuales que benefician a cultivos posteriores, debido a que la absorción de las plantas está estrechamente relacionada con la solubilidad del fósforo (Benítez, 1990).

1.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y FINANCIERO

1.4.1. Análisis estadístico

En el desarrollo de los trabajos de investigación se deben tener en cuenta ciertos principios generales, sobre todo considerar que la agronomía está muy lejos de ser una ciencia exacta. Es tal el número de factores diferentes que influyen en el resultado final de la producción agrícola, que es muy difícil predecir los hechos cuando uno los cambia; por lo tanto, los problemas agronómicos se tienen que resolver por la vía experimental.

Para el desarrollo del diseño experimental fundamentalmente se recoge, tabula y evalúa la información; se evita al máximo cometer errores por parte del investigador, para asegurar que no incidió en el resultado ningún error experimental (Silva, 2008).

El estudio de la variabilidad de cualquiera de los diseños experimentales se utiliza estadística paramétrica es el análisis de la variancia conocido como ADEVA. Es el

cálculo de las variancias en la información tomada en las diferentes variables para medir el efecto de los tratamientos.

El análisis de variancia es uno de los métodos estadísticos más importantes utilizados en la investigación agrícola. El empleo del ADEVA se ha generalizado extensamente para la interpretación de los resultados de los experimentos agrícolas, de diversos estudios biológicos y en otros campos de la investigación, por ser el método más preciso, más flexible y de más fácil aplicación de los que puedan utilizarse para este fin.

El ADEVA es la base de los Diseños Experimentales, la prueba de hipótesis que se plantea es la igualdad entre las medias de las muestras (Hipótesis nula) y la hipótesis alternativa es que son diferentes. Para esta prueba de hipótesis se utiliza la prueba de Fisher.

1.4.1.1 Componentes del análisis de variancia

- **Fuentes de variación.-** Como ya se indicó anteriormente, el ADEVA permite desdoblarse la variación total observada en el experimento en diferentes fuentes, como la variación debida a las repeticiones, a los tratamientos y al error experimental; a estos se les denomina fuentes de variación.
- **Grados de libertad.-** Fisher introdujo en el proceso de análisis de variancia el concepto de grados de libertad o de independencia, que se aplica a otros tipos de estudios estadísticos. Se llaman grados de libertad al número de comparaciones independientes menos uno, que puedan hacerse de un grupo de datos. Así, cuando se trata de la suma de cuadrados de las desviaciones de cierto número (n) de observaciones respecto a su media aritmética, el número de grados de libertad es igual a $n-1$. Este número se justifica fácilmente, si se determina la media aritmética de n observaciones, la suma de las n desviaciones respecto a la media debe valer cero, por lo tanto determinadas $n-1$ de esas desviaciones, la restante queda determinada automáticamente para que la suma pueda ser nula, es decir solo pueden

variar libremente $n-1$ desviaciones y, una vez calculadas, la restante viene impuesta por los valores que tomaron las otras.

- **Suma de cuadrados y cuadrados medios.-** Mediante este análisis se determinan las variancias o más precisamente los cuadrados medios de las denominadas fuentes de variación. Cuadrado medio es el cociente que resulta de dividir la suma de cuadrados para el número de grados de libertad.

En el diseño de bloques completos al azar (DBCA), se dispone al azar los tratamientos en los bloques y se asegura la máxima homogeneidad a lo interno del bloque. Se utiliza siempre y cuando se detecte una fuente de variabilidad predominante en el lugar donde se realiza la investigación (topografía, humedad, luz).

Se obtiene la significancia estadística al observar los valores tabulares de Fisher al 5 y 1 % de probabilidad de las hipótesis planteadas. El valor calculado no supera al valor tabular al 5 ni al 1 % de probabilidad por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se indica que las medias de las variedades son iguales estadísticamente.

Los resultados estadísticos del ADEVA se califican según la prueba de Fisher (prueba de relación de variancia) con ninguna significación estadística, significación estadística y alta significación estadística.

- Ninguna significación estadística (ns) si Fisher calculado no supera a Fisher tabulado (Valor de Tabla) de 5% peor al 1%.
- Significación estadística (*) Fisher calculado es mayor a Fisher tabulado 5%.
- Alta significación estadística (**) Fisher calculado es mayor a Fisher tabulado 1%.

Para la discusión y recomendación se puede tomar en cuenta otros aspectos, como por ejemplo la rentabilidad, ya que en muchos experimentos no puede haber diferencias estadísticas entre tratamientos; pero, sí pueden ser económicamente importantes para el agricultor.

1.4.1.2 Características de un experimento bien planeado

- 1. Simplicidad.-** La selección de los tratamientos y su disposición experimental deben hacerse del modo más simple posible y ser consistentes con los objetivos del experimento.
- 2. Grado de precisión.-** Debe haber gran probabilidad de que el experimento sea capaz de medir diferencias de tratamientos, con los grados de precisión deseados por el experimentador.
- 3. Ausencia de errores sistemáticos.-** Se debe planear el experimento para asegurar que las unidades experimentales que reciban un tratamiento, no difieran sistemáticamente de aquellas que reciben otro tratamiento, de modo que se pueda obtener una estimación imparcial del efecto de cada tratamiento.
- 4. Rango de validez de las conclusiones.-** Las conclusiones deben tener un grado de validez tan amplio como sea posible. Un experimento repetido en tiempo y espacio incrementa el rango de validez de las conclusiones que se obtengan del mismo.
- 5. Cálculo del grado de incertidumbre.-** En cualquier experimento existe siempre algún grado de incertidumbre en cuanto a la validez de las conclusiones. Un experimento debe ser concebido de modo que resulte posible calcular la probabilidad de obtener los resultados observados, debidos únicamente al azar.

1.4.1.3 Principios básicos del diseño experimental

Aquí se analizan partes importantes del análisis de variancia.

Repetición.- Significa que un tratamiento se prueba dos o más veces en las unidades experimentales. Su función es suministrar una estimación del error experimental y brindar una medición más precisa de los efectos de tratamiento, incrementar el alcance de las inferencias.

Aleatorización o muestreo aleatorio.- Es la asignación al azar de tratamientos a las unidades experimentales (U.E.), de modo que todas las unidades experimentales tengan iguales probabilidades de recibir un tratamiento. Su función es asegurar estimaciones imparciales de medias de tratamientos y del error experimental.

Control local.- Se refiere a la cantidad de balanceo, bloques y agrupamiento de las U.E. que se emplean en un diseño experimental. Ejemplo: en el DBCA, los tratamientos son agrupados en bloques que se espera tengan un desempeño diferente, pero dentro de cada bloque las unidades experimentales deben ser homogéneas.

Las pruebas son un cálculo estadístico que va a permitir organizar a los tratamientos en función de su magnitud con el propósito de establecer categorías o clases que les permiten identificar al investigador el mejor tratamiento en estudio y el de menor respuesta.

1.4.1.4 Diseño de bloques completos al azar (DBCA)

También se conoce como Diseño de Bloques Randomizados o Diseño de Bloques Completos Aleatorizados. Es uno de los diseños más utilizados en investigación agrícola, se utiliza también en experimentos del sector pecuario. Este diseño está especialmente adaptado para experimentos de campo, donde el número de tratamientos no es grande y el área experimental tiene una gradiente de fertilidad predecible. Los tratamientos se asignan al azar, a un grupo de unidades experimentales denominado bloque o repetición. Una característica fundamental del DBCA es que los bloques deben ser de igual tamaño y cada uno de ellos debe contener a todos los tratamientos una sola vez (Silva, 2008).

El objetivo principal del bloque es reducir el error experimental, para lo cual se agrupan las unidades experimentales homogéneas dentro de cada bloque, se minimiza la variabilidad tanto como sea posible y se maximiza las diferencias entre los bloques. La variación entre los bloques no afecta claramente a las diferencias entre las medias de los tratamientos, ya que cada tratamiento aparece el mismo número de veces en cada bloque. Una condición necesaria es que no exista interacción entre los tratamientos y los bloques o repeticiones (Silva, 2008).

En un sorteo hipotético, en el diseño completamente al azar los tratamientos pueden aparecer en cualquier lugar, repetidos en un bloque, lo que no es posible en el DBCA. En la figura 1 se esquematiza la disposición final de el DBCA.

Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
<u>1</u> 2	<u>12</u> 2	<u>13</u> 6	<u>24</u> 1
<u>2</u> 5	<u>11</u> 6	<u>14</u> 4	<u>23</u> 6
<u>3</u> 3	<u>10</u> 5	<u>15</u> 3	<u>22</u> 2
<u>4</u> 4	<u>9</u> 4	<u>16</u> 5	<u>21</u> 4
<u>5</u> 1	<u>8</u> 1	<u>17</u> 2	<u>20</u> 3
<u>6</u> 6	<u>7</u> 3	<u>18</u> 1	<u>19</u> 5

Figura 1. Disposición final en el campo de un experimento.

En este diseño se realiza una prueba de F adicional, mediante la cual se prueba si las repeticiones o bloques son iguales o diferentes. Si se obtiene significancia en esta fuente de variación, se puede indicar que las repeticiones o bloques son heterogéneos por lo tanto fue acertado utilizar este diseño. Mientras que, si no se presenta significación estadística en el ADEVA para repeticiones, se puede indicar que el lugar del experimento o bloques son homogéneos de acuerdo con este experimento y la variable analizada. En cuanto a la significancia para la prueba de F, casi siempre se utiliza al 5 y 1 %.

1.4.2. Análisis financiero

Las técnicas de evaluación financiera tienen por objeto proporcionar información que guíe la toma de decisiones con relación a la conveniencia de realizar o no una inversión.

El [análisis](#) de los [proyectos](#) constituye la técnica matemático-financiera y analítica, a través de la cual se determinan los beneficios o pérdidas en los que se puede incurrir al realizar una [inversión](#) o algún otro [movimiento](#), en donde uno de sus [objetivos](#) es obtener resultados, que apoyen la [toma de decisiones](#) referente a actividades de [inversión](#).

El análisis financiero en cuestión agropecuaria pondera los beneficios recibidos en forma de rendimientos contra los beneficios perdidos (costos) en la forma de trabajo o dinero en efectivo invertidos.

Es esencial el análisis económico de los resultados, pues ayuda a los investigadores a considerar desde el punto de vista del agricultor, a decidir cuales tratamientos merecen mayor investigación y cuales recomendaciones deben proponer a los agricultores.

Al analizar los [proyectos de inversión](#) se determinan los [costos](#) de oportunidad en que se incurre al invertir al momento para obtener beneficios al instante; mientras se sacrifican las posibilidades de beneficios futuros, o si es posible privar el beneficio actual para trasladarlo al futuro, al tener como base específica a las [inversiones](#).

Al evaluar los costos y beneficios de los diferentes tratamientos, el agricultor toma en cuenta los factores de riesgo. Por consiguiente, trata de protegerse contra el riesgo de perder beneficios.

Una de las evaluaciones que deben realizarse para apoyar la [toma de decisiones](#) en lo que respecta a la inversión de un [proyecto](#), es la que se refiere a la [evaluación](#) financiera, que se apoya en el [cálculo](#) de los aspectos financieros del [proyecto](#).

Los investigadores deben verificar el objetivo del ensayo, para decidir si los resultados del análisis se usarán para formular recomendaciones al agricultor o como guía para investigaciones posteriores. Si existen dudas en las diferencias reales de rendimiento entre los tratamientos de un experimento, se comparan los costos totales que varían de cada tratamiento; el tratamiento de menor costo es el que generalmente se prefiere.

El [análisis financiero](#) se emplea también para comparar dos o más [proyectos](#) y para determinar la viabilidad de la inversión de un solo proyecto, con esto se conoce los verdaderos logros económicos que se obtienen al probar varias alternativas de producción para un mismo producto final. Determinando los siguientes indicadores:

- a. Establecer razones e índices financieros derivados del [balance general](#).
- b. Identificar la repercusión financiera por el [empleo](#) de los [recursos](#) monetarios en el proyecto seleccionado.
- c. Calcular las utilidades, pérdidas o ambas, que se estiman obtener en el futuro, a [valores](#) actualizados.
- d. Determinar la tasa de [rentabilidad](#) financiera que ha de generar el proyecto, a partir del [cálculo](#) e igualación de los [ingresos](#) con los egresos, a [valores](#) actualizados.
- e. Establecer una serie de igualdades numéricas que den resultados positivos o negativos, respecto a la inversión de que se trate.

El tipo de análisis varía de acuerdo con los intereses específicos de la parte involucrada los acreedores del negocio están interesados principalmente en la liquidez de la empresa. Sus derechos son de corto plazo, y la capacidad de una

empresa para pagarlos se juzga mejor por medio de un análisis completo de su liquidez. Por otra parte, los derechos de los tenedores de bonos son de largo plazo (González, 1998).

1.4.2.1 Método vertical

El método vertical se refiere a la utilización de los estados financieros de un período para conocer su situación o resultados.

Las razones financieras dan indicadores para conocer si la entidad, sujeta a evaluación, es solvente, productiva, si tiene liquidez, etc. Algunas de las consideraciones financieras son:

- Capital de trabajo.- se obtiene de la diferencia entre el activo circulante y el pasivo circulante. Representa el monto de recursos que la empresa tiene destinado a cubrir las erogaciones necesarias para su operación.
- Razón de propiedad.- refleja la medida en que los dueños o accionistas han aportado para la compra del total de los activos. Se obtiene al dividir el capital contable entre el activo total.
- Tasa de rendimiento.- significa la rentabilidad de la inversión total de los accionistas. Se calcula al dividir la utilidad neta, después de impuestos, entre el capital contable.

1.4.2.1.1 Clasificación de los gastos

- a. Constantes: permanecen estáticos en su monto, durante un periodo de tiempo y se subdividen en fijos y regulados.
- b. Variables: aumentan o disminuyen de acuerdo con el volumen de su producción o ventas (materiales, salarios directos, luz, comisiones sobre venta, etc.)

Según Montesdeoca (2007), si la relación B/C es mayor a 1, el proyecto es aceptable, ya que presenta ganancias sobre el dólar invertido y presenta una rentabilidad superior al interés financiero. Además, presenta un corto tiempo de retorno del capital. Entre mayor sea la tasa de interés en relación con la de los [bancos](#), es mejor.

1.4.2.1.2 Inversión

Si la ganancia es mayor que 1 se acepta si es menor que 1 se rechaza. Todas estas [herramientas](#) en su conjunto ayudan a tomar las mejores decisiones para la inversión.

Un dólar hoy vale más que un dólar mañana, debido a que ese dólar se puede invertir para obtener interés, inmediatamente. Cualquier regla de inversión que no reconozca el valor del dinero en el tiempo no puede considerarse inteligente (Montesdeoca, 2007).

Relación beneficio/costo, entre el valor actual de los ingresos y la inversión neta inicial es la relación entre el beneficio obtenido y el costo incurrido. Mide el rendimiento de valores actuales de cada unidad monetaria invertida.

El criterio de toma de decisiones es:

- Si la relación B/C $>$ 1, el proyecto es aceptable a la tasa de descuento adoptada.
- Si la relación B/C = 1, el proyecto es indiferente.
- Si la relación B/C $<$ 1, el proyecto no es recomendable

El análisis financiero, en cuestión de agropecuaria pondera los beneficios recibidos en forma de rendimientos contra los beneficios perdidos (costos) en la forma de trabajo y dinero en efectivo invertidos.

1.4.2.1.3 Razones de rentabilidad

Hay dos tipos de razones de rentabilidad; las que muestran la rentabilidad en relación con las ventas y las que muestran la rentabilidad en relación con la inversión. Juntas, estas razones indican la eficiencia de operación de la compañía.

La primera razón que se considera es el margen de utilidad bruta. Esta razón indica la ganancia de la compañía en relación con las ventas, después de deducir los costos de producir los bienes que se han vendido. También indica la eficiencia de las operaciones, así como la forma en que se asignan precios a los productos. Una razón de rentabilidad más específica es el margen de utilidades netas.

El margen de utilidades netas muestra la eficiencia relativa de la empresa después de tomar en cuenta todos los gastos e impuestos sobre ingresos, pero no los cargos extraordinarios.

Cuando los cargos financieros son considerables, es preferible, para propósitos comparativos, calcular una tasa de rendimiento de las utilidades netas de operación, en lugar de una razón de rendimiento de los activos. También puede expresar la tasa de rendimiento de las utilidades netas de operación.

2. METODOLOGÍA

La investigación se realizó en la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP, en la Unidad de Producción de Leche y Pastos y el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. La disposición del ensayo en el campo se presenta en el Anexo 1 y en la Figura 2 se esquematiza la investigación desarrollada.

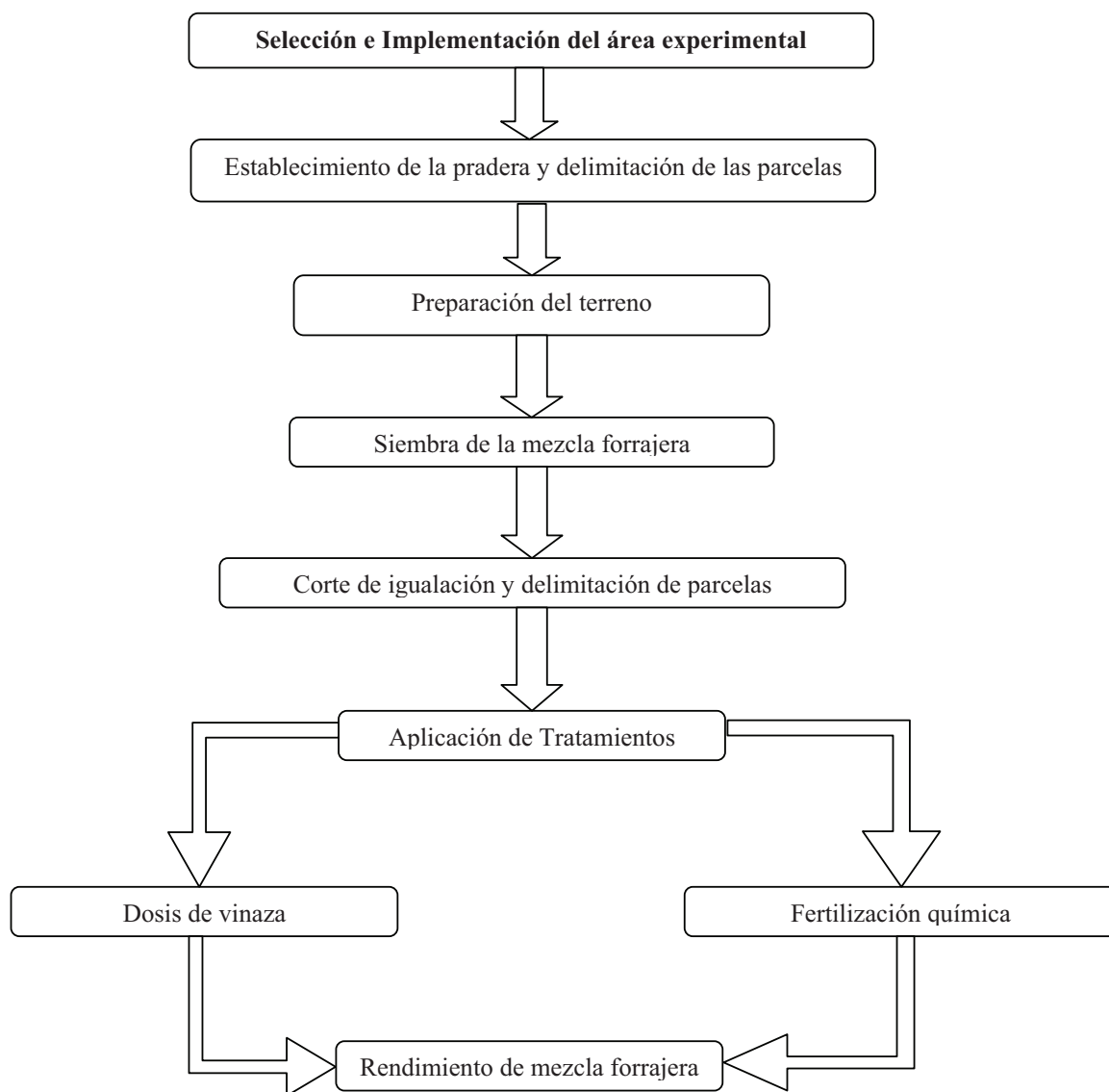


Figura 2. Flujograma de la selección e implementación del área experimental.

Localizada en la provincia de Pichincha, cantón Mejía, parroquia Cutuglahua, ubicada altitudinalmente a 3058 msnm, latitud 0° 22' Sur y longitud 78° 33' Oeste. Posee una temperatura promedio anual de 12°C, precipitación promedio anual de 1400 mm, heliofanía de 850 horas luz/año y una humedad relativa de 79%.

La clasificación ecológica, según (Cañadas, 1983), la zona de vida corresponde a bosque muy húmedo Montano (bmhM). El piso de la vegetación de las montañas establece que está constituido por bosques mixtos entre los 2200 a 3100 m de altitud, con suelos y clima aún propios para los campos de cultivo.

2.1 MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales, a continuación descritos, se utilizaron en la investigación para el estudio de las diferentes variables evaluadas en la fase de campo y laboratorio, de acuerdo con la sección 2.4.

2.1.1 Materiales de Campo

- Pala plana
- Barreno
- Regaderas plásticas de 10 litros
- Jarras graduadas de 2 litros
- Fundas plásticas
- Balde de plástico de 10 litros graduado
- Etiquetas
- Guantes
- Balanza de campo de 10 kg
- Estacas
- Flexómetro

2.1.2 Materiales de Laboratorio

- Tamiz de 4-6 mm de abertura
- Vasos de precipitación de 100ml
- Papel tara
- Espátula

- Guantes quirúrgicos
- Papel toalla
- Esponjas
- Recipientes con tapa
- Gránulos antiburbujeantes
- Mascarillas
- Desecador Pyrex
- Bomba de vacío LAB-LINE

2.1.3 Insumos

- Semillas mezcla forrajera (*Raygrass, Trébol Rojo, Trébol blanco, Pasto Azul*)
- Vinaza
- Herbicidas: Glifosato
- Fertilizantes: 18%N-46%P₂O₅-0%K₂O, sulphomag (22% K₂O -18%S-11%Mg) y úrea (46%N)
- Biocidas

2.1.4 Equipos de Laboratorio

- Fotocolorímetro, Shimadzu UV-VIS 1201
- Espectrofotómetro de absorción atómica, Shimadzu AA-680
- pH metro ORION EA940
- Balanza analítica, Shimadzu libror EB-4300S
- Pignómetro (balones aforados de 50cc), pyrex
- Sorbona, Labconco 64132
- Destiladores, semi-micro Kjeldah
- Estufa, Thelco modelo 28

2.1.5 Reactivos

Los reactivos utilizados son de laboratorios Merck.

- Cloroformo libre de etanol preservado con heptacloro epóxido (HCCl₃)
- Hidróxido de sodio (NaOH) 2N
- Cloruro de bario (Ba Cl₂) 2N
- Acido clorhídrico (HCl) 1.1696N

- Fenolftaleína
- Anaranjado de metilo

2.2 SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

2.2.1 ESTABLECIMIENTO DE LA PRADERA CON LA MEZCLA FORRAJERA Y DELIMITACIÓN DE LAS PARCELAS.

De acuerdo con la localidad seleccionada en la Estación Experimental Santa Catalina, se tomaron varias muestras de suelo, con un peso aproximado de 1 kg, para el análisis en el laboratorio de los contenidos de macro-micro elementos, materia orgánica, pH y capacidad de intercambio catiónico y coordinar fechas para la aplicación de herbicidas en la presiembra.

2.2.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO

Para la preparación del terreno se utilizó un tractor con implementos como el arado y rastra.

El arado se realizó 15 a 20 días después, de la aplicación de herbicida. Se procedió a un pase de arado de discos.

El rastrado se ejecutó 8-10 días después del arado, con 2 pases de rastra.

En la Figura 3, se observa la preparación del terreno con maquinaria agrícola.



Figura 3. Preparación del suelo.

2.2.3 SIEMBRA DE LA MEZCLA FORRAJERA

Una vez que se tuvo el suelo bien mullido, se procedió a regar las semillas de la mezcla forrajera (pasto azul, Raygrass inglés, Raygrass italiano, trébol rojo y blanco) al voleo, lo más uniforme posible y para el tapado se procedió con un tractor y rastra liviana y destrabada, para que sea más superficial o a su vez con una rastra de ramas.

2.2.4 CORTE DE IGUALACIÓN Y DELIMITACIÓN DE PARCELAS

Cuando el Raygrass estuvo en hoja bandera (estado nutricional óptimo), se realizó el corte de igualación, entre los 30-50 días según las condiciones climáticas.

En la Figura 4, se observa el crecimiento vegetativo de la mezcla forrajera.



Figura 4. Estado ideal para el corte de igualación.

Se procedió a delimitar el área total del sitio experimental de 1110 m² (37 m x 30 m), según el teorema de Pitágoras, con la finalidad de cuadrar bien las parcelas en el campo y colocar los puntos de referencia de las mismas; luego, se definieron las parcelas colocando estacas en los bordes del lote. Todas las parcelas quedaron delimitadas, con un área neta experimental de 576 m² que contuvieron 28 parcelas de evaluación de 24 m² (6 m x 4 m) cada una.

En la Figura 5, se observa cómo se realizó la delimitación de las parcelas, las mismas que fueron tomadas en el diseño experimental como repeticiones.



Figura 5. Delimitación de parcelas.

2.2.5 APLICACIÓN DE VINAZA Y FERTILIZACIÓN QUÍMICA

Se realizó una aplicación de vinaza cada 50 días, por cinco repeticiones, durante el año. El riego se realizó homogéneamente por drench con una ducha conectada por mangueras a los tanques de vinaza.

La Figura 6, indica la forma en la cual se aplicó la vinaza en las diferentes parcelas, según el tratamiento.



Figura 6. Riego de vinaza.

En la Tabla 7, se describe cada uno de los tratamientos establecidos para la investigación. Estas dosis o cantidades de vinaza se utilizaron de acuerdo con investigaciones anteriores ya realizadas en la estación en las cuales se utilizó la vinaza como fertilizante en tres cultivos, en los cuales se observó que a mayor dosis mayor rendimiento (Valverde, Cartagena, Parra, 2004). Por lo cual, se determinó una dosis media óptima ($75 \text{ m}^3/\text{ha}$) que cubre los requerimientos nutricionales del cultivo. Las dosis se distribuyeron de forma ascendente y descendente, equitativamente.

Tabla 7. Cálculo de vinaza para la aplicación en la mezcla forrajera.

Nº	Tratamientos vinaza $\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$	Litros /ha	Litros de Vinaza TOTAL por parcela	Litros de vinaza por riego por parcela
1	0	0	0	0,0
2	25	25000	60	12
3	50	50000	120	24
4	75	75000	180	36
5	100	100000	240	48
6	125	125000	300	60
7	FQ	Recomendación de fertilización según análisis		
		900	180	Por repetición
		3600	720	Total por riego

NOTA: Se calcula un promedio de 50 días de corte a corte, se realizó 5 cortes al año con su respectivo riego.

Además, la Tabla 7 presenta la cantidad de vinaza que debe aplicarse en cada parcela según el tratamiento distribuido al azar en todo el ensayo.

La eficiencia de los fertilizantes químicos puede expresarse en términos de disponibilidad y la utilización de estos por los cultivos, medida por el rendimiento. Esta eficiencia dependerá entre otros factores de la forma de aplicación del fertilizante, la cual debería permitirle al fertilizante permanecer en el suelo en forma disponible para cuando sea requerido por el cultivo.

La fertilización química aporta con los macronutrientes, sin tomar en cuenta los micronutrientes que son importantes para el desarrollo de los cultivos.

La Tabla 8, indica la cantidad de nutrientes que aporta la vinaza según la dosis determinada por cada tratamiento.

Tabla 8. Cantidad de nutrientes aplicados con vinaza, según tratamientos al primer año.

Trat.	Vinaza m ³	kg/ha											
		MO	N	P ₂ O ₅	S	K ₂ O	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
t1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t2	25	250	70	143	35	177	67,5	18	0,1	0,5	2,6	3,1	0,1
t3	50	500	140	286	70	354	135	35	0,2	0,9	5,3	6,2	0,2
t4	75	750	210	429	105	531	203	53	0,3	1,4	7,9	9,3	0,3
t5	100	1000	280	573	140	708	270	70	0,3	1,9	10,5	12,4	0,5
t6	125	1250	350	716	175	885	338	88	0,4	2,3	13,2	15,5	0,6
t7	Químico		133	40	30	30	-	15	-	-	-	-	-

Se calculó la cantidad de fertilizante necesaria según la demanda del cultivo, la oferta del suelo y la eficiencia del fertilizante, tomando esta metodología como la más aproximada a los requerimientos nutricionales reales.

$$C.F. = (DC/EF) - OS \quad [1]$$

Donde:

DC: Demanda del cultivo (Tablas de uso exclusivo del INIAP)

EF: Eficiencia del fertilizante (Dato establecido en 60%)

OS: Oferta del suelo (Datos de análisis químico del suelo)

Pesar las cantidades de las fuentes de fertilizante a utilizar por parcela.

La mezcla de 18-46-0 y sulphomag se regó al voleo uniformemente en la parcela, después del corte de igualación. La urea se fraccionó en tres aplicaciones después del 1º, 3º y 5º corte, la que se regó uniformemente en toda la parcela.

En la Tabla 9, se observa la cantidad requerida de nutrientes por la mezcla forrajera, según la demanda del cultivo y la oferta del suelo, que se realiza basado en el análisis químico del mismo realizado al inicio de la investigación.

Tabla 9. Requerimiento de la mezcla forrajera según el análisis de suelos.

Tratamientos		Kg de elementos /ha				
No.		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Mg
T 7	Fertilización Q	100	40	30	30	11

Siempre que se trabaje con fertilizantes compuestos, como el caso del sulphomag o fosfato diamónico es necesario empezar el cálculo con estas fuentes en razón de que más del S aporta K en el caso del primero, y a más del P aporta N en el caso del segundo.

Azufre (S):

$$\text{Cantidad Sulpomag (kg)} = 30 \text{ kg S} \times \frac{100 \text{ kg de Sulpomag}}{22 \text{ kg de S}} = 137 \text{ kg}$$

Potasio (K):

Al poner 30 kg de S/ha también se aplica 30 kg de K₂O/ha cuando se utiliza Sulpomag, por tanto no faltaría aplicar más potasio.

Fósforo (P) se usa fosfato diamónico (18 – 46 – 0)

$$\text{Cantidad 18-46-0 (kg)} = 40 \text{ kg P} \times \frac{100 \text{ kg de 18- 46-0}}{46 \text{ kg de P}_2\text{O}_5} = 87 \text{ kg}$$

Como el 18-46-0 tiene 18% de N, los 87 kg de 18-46-0 aportan 16 kg de N, por lo tanto falta aplicar 84kg de N/ha, para este se utilizó úrea.

Nitrógeno (N):

$$\text{Cantidad Urea (kg)} = 84 \text{ kg N} \times \frac{100 \text{ kg de úrea}}{46 \text{ kg de N}} = 182 \text{ kg}$$

En la Tabla 10, se presenta la cantidad de fertilizante comercial que se debe aplicar por hectárea según los cálculos realizados anteriormente y se calculó para el área de cada parcela (24 m²). Además la úrea se fraccionó para tres aplicaciones durante la investigación.

Tabla 10. Cantidad de fertilizante químico aplicado.

Fuentes de fertilizante químico	kg/ha	g/24m ²	Urea aplicación g/parcela/3aplicaciones
18-46-0	87	208,8	
Sulpomag	137	328,8	
Urea	182	436,8	145,6

2.3 APLICACIÓN DE VINAZA POR TRATAMIENTOS

Según los análisis realizados del suelo (Anexo 7), de la vinaza y de los requerimientos de la planta, se determinó la dosis media óptima de vinaza (75 m³/ha) de la cual se incrementa y disminuye el 25%, respectivamente, que se detalla en la sección 2.2.5.

2.3.1 TRATAMIENTOS:

La finalidad es identificar como tratamientos las dosis de vinaza y la fertilización química para el manejo del ensayo a nivel de campo, detallándose en la Tabla 11.

Tabla 11. Tratamientos de vinaza evaluados en la investigación.

TRATAMIENTOS	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
t1	d0	0 m ³ /ha (Testigo)
t2	d1	25 m ³ /ha
t3	d2	50 m ³ /ha
t4	d3	75 m ³ /ha
t5	d4	100 m ³ /ha
t6	d5	125 m ³ /ha
t7	Fertilización Química	Recomendación de fertilización según análisis de suelos.

2.4 EVALUACIÓN DE VARIABLES EN CAMPO Y ANÁLISIS EN LABORATORIO

2.4.1 RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO

Esta variable fue evaluada mediante la toma de muestras al azar de cada parcela neta con tres cuadrantes de 0.25 m², cada 50 días. Se tomó una muestra de 1kg de todas las submuestras tomadas. Se procedió a cortar y a pesar el material muestreado. Se calculó la producción de forraje verde por unidad de superficie y por corte. Además, se calculó la cantidad de forraje verde disponible por m², la cantidad de forraje verde por año con base en el número de cortes realizados al año y el forraje producido en cada corte. Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes.

$$\text{Forraje/m}^2 = (\text{forraje/corte})/10.000 \quad [2]$$

$$\text{F.D} = \text{cortes/año} \times \text{F.V/corte} \quad [3]$$

F.D = Forraje disponible por año

F.V = Forraje verde por corte

2.4.2 RENDIMIENTO DE MATERIA SECA

Esta variable se evaluó a partir de muestras de mezcla forrajera tomadas al azar de cada parcela neta, con tres cuadrantes de 0.25 m², cada 50 días. Se tomó una muestra de 1 kg de todas las submuestras tomadas. Se procedió a cortar y a pesar el material muestreado. Para analizar peso fresco, composición botánica, materia seca, análisis químico, del material muestreado se tomaron submuestras para introducir a la estufa de ventilación forzada por un tiempo de 48 a 72 horas, a una temperatura de 65 a 70 °C, para obtener datos de peso seco expresado en gramos. Mediante la siguiente fórmula se calculó el rendimiento de materia seca.

$$\% \text{ MSF} = (1 - [(PF - PS) / PF]) \times 100 \quad [4]$$

MSF = Materia seca del forraje

PF = Peso Fresco; **PS**= Peso seco

2.4.3 COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Esta variable se evaluó con tres muestras tomadas al azar de cada parcela neta, con tres cuadrantes de 0.25 m², cada 50 días. Se tomó una muestra de 1 kg de todas las submuestras tomadas. Se procedió a cortar y a pesar el material muestreado. En el laboratorio se procedió a separar y pesar las especies forrajeras.

Se tiene una relación de 6 kg de semilla en 1110 m² de terreno del sitio experimental con la siguiente mezcla forrajera sugerida:

- Raygrass inglés 41.67%
- Raygrass italiano 33.3%
- Pasto azul 8.3%
- Trébol blanco 8.3%
- Trébol rojo 8.3%

2.4.4 ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

Se tomaron muestras de suelos al inicio de la investigación, con la finalidad de determinar la recomendación de fertilización edáfica óptima para el cultivo, y otra

al final, con el propósito de conocer la cantidad de nutrientes que la vinaza aportó al suelo. Se realizó el estudio con la guía metodológica establecida para análisis de suelos (Cartagena, 2002) de uso exclusivo del laboratorio del INIAP-EESC-DMSA.

2.4.5 ANÁLISIS BIOLÓGICO DE SUELOS

Se tomaron muestras de suelo de 50 g, antes de cada corte de igualación, cada 50 días, durante cinco cortes, a dos profundidades de 0 a 5 y de 5 a 10 cm, para los tratamientos de 25 m³ de vinaza/ha/año y 125 m³ de vinaza/ha/año luego se procesaron según el método de análisis de suelos, Anexo 9, para determinación de biomasa microbiana.

2.4.6 ANÁLISIS FÍSICO DE LOS SUELOS

Se evaluaron las siguientes variables al final del experimento:

2.4.6.1 Humedad Gravimétrica

La determinación de la humedad se realizó con el método gravimétrico expresado en porcentaje, con ayuda de la siguiente fórmula:

$$Pw = [(PSH - PSS)/PSS] \times 100 \quad [5]$$

Donde: **Pw** = Porcentaje gravimétrico de agua

PSH = Peso del suelo húmedo

PSS = Peso del suelo seco

2.4.6.2 Densidad Aparente

La densidad aparente es el peso por unidad de volumen de suelo secado en horno, por doce horas, a 105 °C de temperatura, por lo común expresado en gramos por centímetro cúbico. Para determinar la densidad aparente se usaron muestras de suelo (núcleos) obtenidas con cilindros de metal, con bordes afilados. En la obtención de los núcleos se tiene cuidado de conservar la

estructura natural del suelo. Cualquier cambio en la estructura del suelo puede afectar la cantidad de espacios porosos y, por consiguiente, el peso por unidad de volumen. Generalmente de cada horizonte del suelo se obtienen 4 o más núcleos a fin de obtener un valor medio confiable. Las muestras colectadas en el campo se llevan al laboratorio para secarlas al horno y pesarlas. Los datos se obtuvieron en g/cc, mediante la siguiente fórmula:

$$D_a = M_s/V_t \quad [6]$$

Donde: **M_s** = Masa de suelo seco a 105 °C

V_t = Volumen total (cc)

2.5 ANÁLISIS FINANCIERO PROYECTADO

La investigación realizada se analizó con la relación beneficio/costo, la relación entre el beneficio obtenido y el costo incurrido. Mide el rendimiento de valores actuales de cada unidad monetaria invertida.

Se realizó el análisis de dominancia en el cual primero, se ordenaron los tratamientos de menores a mayores según los costos totales que varían. Se dice entonces, que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos. Lo cual, determina los mejores tratamientos y se eliminan los que presentan costos altos y producción baja. Esto permite graficar la curva de beneficio neto y la tasa de retorno marginal que indica con mayor claridad la mejor rentabilidad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS

3.1.1 Humedad Gravimétrica

Realizado el cálculo para la variable humedad gravimétrica Tabla 12 se determinó que la mayor cantidad de agua contenía el t6 debido al alto porcentaje de materia orgánica y actividad microbiana.

Además, indica que posee gran cantidad de macro poros por lo cual retiene el agua, la cual no es disponible para las plantas por su rápida pérdida del suelo.

Se observa que no hay variación numérica por lo cual no causo ningún efecto.

Tabla 12. Humedad gravimétrica promedio en el estudio del efecto de la vinaza.

TRATAMIENTOS	% HG
t6	48,57

t7	47,87
t1	46,81
t3	46,78
t2	45,55
t4	45,26
t5	44,16

3.1.2 Densidad Aparente

En la Tabla 13, se observa que t2 (25m³vinaza/ha) presenta mayor densidad con 0,988 g/cm³ que indica menor existencia de macro poros, por lo cual retiene mayor cantidad de agua en los micro poros.

Al igual que la variable anterior no se observa variación numérica por lo cual no causó ningún efecto.

La densidad aparente en suelos de textura fina (franco limosos, franco arcillosos y arcillosos), muestran una gran tendencia a cambiar la densidad aparente con la humedad ya que especialmente las arcillas del tipo 2:1 como la montmorillonita se hinchan considerablemente cuando se mojan, razón por la cual, la densidad aparente es más baja y varía normalmente de 1,0 a 1,6 g/cm³.

Tabla 13. Densidad aparente promedio en el estudio del efecto de la vinaza.

TRATAMIENTOS	Da (g/cm ³)
t2	0,988
t5	0,972
t1	0,970
t3	0,962
t6	0,953
t7	0,951
t4	0,871

Los suelos de cenizas volcánicas Andisoles tienen densidades menores que $1,0 \text{ g/cm}^3$. Se han encontrado densidades de hasta $0,15 \text{ g/cm}^3$. La densidad aparente sube con la profundidad por el menor contenido de materia orgánica, menor agregación y mayor compactación (Luzuriaga, 2001).

Con lo cual se puede observar que los resultados obtenidos en el ensayo están dentro del rango, aunque su variación no sea significativa.

3.2 ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

La Tabla 14, se observa que no existe mucha variación en el pH, materia orgánica, macro y micronutrientes entre tratamientos y el análisis inicial, lo cual nos indica que existe absorción de las plantas pero aun así no empobrecieron el suelo, existiendo gran extracción principalmente por las leguminosas. Todos los contenidos del suelo son altos y medio, observando contenidos bajos de boro.

Tabla 14. Promedios de análisis químicos de suelos.

TRAT.	pH	M.O.	NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
		%	ppm			meq/100ml			ppm				
t1	5,65	10,2	84,0	38,3	6,6	0,39	10,1	1,88	6,28	7,55	1383,3	16,0	0,48
t2	5,73	10,4	86,3	42,3	9,3	0,40	9,80	1,78	6,00	7,48	1185,3	14,6	0,43
t3	5,75	10,6	97,0	40,5	10,5	0,47	9,95	1,85	6,43	7,95	1511,0	16,1	0,35
t4	5,78	10,5	81,3	40,0	11,8	0,47	10,1	1,85	6,38	7,48	1105,3	13,4	0,33
t5	5,78	9,7	93,5	40,8	14,3	0,64	9,25	2,00	6,38	7,38	1309,8	16,8	0,38
t6	5,83	10,2	86,0	38,0	14,0	0,58	10,0	1,93	6,50	7,28	1137,3	13,7	0,53
t7	5,68	10,0	91,0	39,3	4,9	0,37	9,45	1,9	5,78	7,38	1355,0	15,5	0,45
INICIAL	5,6	9,3	46,0	36,0	7,0	0,69	10,1	1,9	4,30	6,70	412,0	8,6	0,41

El pH medianamente ácido del suelo presenta problemas por fijación de fósforo, disminuye contenidos de calcio y magnesio; y posibles contenidos altos de hierro y manganeso.

A pesar de la gran cantidad extraída de calcio y magnesio (Tabla 15) por las leguminosas el suelo presenta contenidos altos de los mismos (Tabla 14), debido a la incorporación de la vinaza que aporta grandes cantidades de calcio y bases intercambiables.

Además, se observa niveles altos de materia orgánica los cuales mejoran las condiciones físicas del suelo, incrementan la infiltración de agua y proporcionan nutrientes a las plantas.

La absorción de calcio y magnesio disminuye debido a la adición de potasio al suelo, y con frecuencia es posible encontrar el efecto antagónico opuesto.

Se observa un incremento en la disponibilidad de nitrógeno al igual que con el t7 (Trat. Químico), además; se duplica el contenido del mismo en relación al análisis inicial (Tabla 14), con lo cual la vinaza puede reemplazar al fertilizante químico.

En general, como el calcio y el magnesio son susceptibles de lavado, los contenidos totales son mayores en suelos más recientes (Andisoles e Inceptisoles y Entisoles de origen aluvial) que en suelos seniles, sometidos a fuerte meteorización (Ultisoles y Oxisoles).

3.2.1 EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES

Se observa una extracción creciente de los nutrientes primarios y secundarios. El tratamiento t7 (Fertilización química) presenta la mayor extracción de nutrientes debido a la rápida disponibilidad de los mismos. Además, la extracción de nitrógeno, calcio y boro de las leguminosas duplica a la cantidad extraída por las gramíneas (Tabla 15).

Las leguminosas presentan mayor extracción de nitrógeno que las gramíneas, aún cuando las gramíneas presentan mayor rendimiento de materia fresca; pero como se conoce las leguminosas poseen mayor contenido proteico el mismo que

es la principal fuente para los animales. Por lo cual, las mezclas forrajeras son la principal fuente que provee a los animales de fibra y proteína en su dieta.

El nitrato no es adsorbido por la superficie del suelo positivamente cargado, por consiguiente se dan grandes pérdidas de nitrato en las aguas de drenaje. Los factores importantes que determinan la magnitud de nitrato lixiviado son: el uso de fertilizantes de N, la acumulación de nitrato en el suelo; la temperatura, frecuencia e intensidad de las lluvias (Espinosa, 1995).

Las especies forrajeras, particularmente las gramíneas, responden muy bien a la fertilización en términos de la cantidad de forraje producido por unidad de superficie.

Las bacterias del rizobium en los nódulos de la raíz de un cultivo de leguminosa pueden ser capaces de fijar de 200 – 600 kg N/ha/año el trébol blanco (*Trifolium repens*) es una legumbre. En suelos de pasturas basados en trébol (sin cultivar) la fijación de N₂ y su ciclo subsiguiente a través del pastoreo conduce a incrementos de N en la materia orgánica del suelo hasta 100 kg N/ha/año. A medida que los niveles de N orgánico aumenta, la tasa de fijación biológica de N disminuye (la población de leguminosas decrece en sucesión natural a las gramíneas) hasta alcanzar un estado de equilibrio.

La mayor producción de forraje generada por la fertilización nitrogenada, lleva necesariamente a una mayor extracción o demanda de otros nutrientes, particularmente P, K, S, Mg, Ca y aún micro nutrientes (Tabla 15).

Tabla 15. Extracción de nutrientes por especie forrajera.

TRAT.	Gramíneas										
	kg/ha						g/ha				
	N	P2O5	K2O	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
t1	102,8	29,3	181,7	48,8	15,0	13,5	472,9	3010,2	600,5	8407,6	9623,7
t2	172,0	29,9	323,6	56,1	19,1	20,3	931,5	4084,1	1038,9	12204,5	12156,7
t3	184,4	37,0	355,4	60,6	23,0	24,3	654,9	3735,6	2255,9	16506,9	14663,4

t4	202,0	47,2	436,5	59,0	25,1	29,5	796,3	4305,9	1695,8	16766,4	16530,5
t5	204,6	46,3	434,7	67,2	28,4	38,8	1060,5	4286,9	4944,1	16759,3	20105,1
t6	213,4	45,9	444,5	69,6	29,6	31,1	1051,9	4355,9	2815,0	16653,2	16358,9
t7	221,4	49,2	445,9	75,3	55,3	43,0	1199,2	4889,0	2060,1	20063,4	19602,2
x	185,80	40,69	374,61	62,37	27,93	28,64	881,03	4095,37	2201,47	15337,33	15577,21
	Leguminosas										
TRAT.	kg/ha						g/ha				
	N	P2O5	K2O	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
t1	238,7	18,0	208,7	112,6	24,8	7,5	1553,9	3730,9	1066,0	11958,3	5727,7
t2	413,2	28,7	396,5	162,4	39,4	17,9	2722,7	5576,8	2221,2	17005,1	7678,6
t3	419,6	27,9	435,4	151,6	37,6	20,6	2304,4	4972,7	2219,5	17416,6	9436,0
t4	510,2	36,9	517,6	190,2	45,7	19,2	2875,5	6709,5	2241,4	19759,9	7290,0
t5	528,8	22,4	406,3	122,5	32,9	14,9	2225,6	6736,6	2315,2	14951,9	7169,7
t6	524,5	34,1	521,5	170,4	47,4	22,2	2089,1	6519,0	2844,7	19853,4	8474,9
t7	565,8	32,3	476,6	186,0	75,3	20,0	2044,8	5534,7	2921,1	16879,3	8563,4
x	457,26	28,61	423,23	156,53	43,30	17,47	2259,43	5682,89	2261,30	16832,07	7762,90

Las gramíneas extraen mejor el fósforo que las leguminosas al tener un sistema radicular fasciculado y más extenso superficialmente en la zona más rica del suelo.

El calcio y magnesio son elementos de gran importancia para la calidad nutritiva de la hierba, siendo las leguminosas en general más exigentes, sobre todo en calcio, elemento necesario también para una eficaz fijación de nitrógeno.

3.3 ANÁLISIS BIOLÓGICO DE SUELOS

El componente biológico del suelo fue evaluado a través de la determinación de biomasa microbiana. Los resultados de dicho análisis mostrados en la Tabla 16 y Figura 7 nos indica que la actividad microbiana es mayor en la capa superficial del suelo (0-5 cm) frente a la capa más profunda 5-10cm, tanto en los tratamientos con aplicación de vinaza como en los que no recibieron vinaza. Dicha tendencia era de esperarse pues en la superficie existen mejores condiciones para el desarrollo de los microorganismos en términos de agua, aire y nutrientes.

Otra de las tendencias observadas, es el efecto positivo de la aplicación de vinaza rica en macro y micronutrientes, los cuales favorecen el crecimiento de los

microorganismos. Según Valverde, 2004; 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.

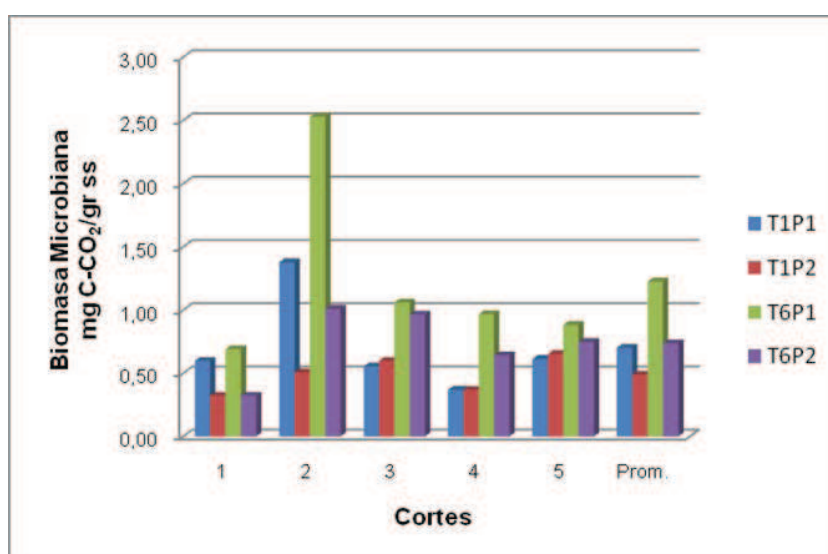
Finalmente, se observó una variación de la actividad microbiana en función del tiempo y la cantidad de producto aplicado; a medida que aumentó la aplicación de vinaza en el suelo, la actividad microbiana también se incrementó. Sin embargo, el mayor incremento se observó entre la primera y segunda aplicación; pues a partir de la tercera aplicación (tercer corte), la actividad microbiana se estabilizó.

La mayoría de los microorganismos del suelo son heterótrofos. Necesitan un sustrato de carbono disponible para respirar y producir la energía para crecer. El nitrógeno (N) mineral será liberado si ese sustrato es rico en N (mineralización). Si el sustrato es pobre en N, el crecimiento puede estimularse pero para satisfacer sus requerimientos de N, los microorganismos del suelo inmovilizarán todo el N mineral disponible (NO_3^- y NH_4^+) en la solución del suelo (inmovilización). Cuando esto ocurre la tasa de mineralización es menor que la tasa de inmovilización, por lo tanto se origina la inmovilización neta. Si la inmovilización neta ocurre, los cultivos que crecen en el mismo suelo se volverán N deficientes. Si la mineralización neta o inmovilización neta ocurre, depende de la proporción del carbono y del nitrógeno (C:N) en el sustrato orgánico al suelo.

La variación temporal de la actividad microbiana responde directamente a los factores medio ambientales, como temperatura y humedad, los cuales son críticos para el desarrollo microbiano. El crecimiento y la multiplicación de los microorganismos del suelo, es controlado por los mismos factores ambientales que rigen el crecimiento de plantas superiores, especialmente, el suministro de agua, aire, de elementos nutritivos; la ausencia de factores nocivos y la temperatura (Espinosa, 1996). Al respecto, la segunda aplicación de vinaza (segundo corte) en efecto estuvo asociada con la más alta precipitación (312.7 mm) dentro del período evaluado como se observa en el Anexo 2.

Tabla 16. Promedios de biomasa en el estudio del efecto de la vinaza.

Biomasa microbiana (mg C-CO ₂ /gr.ss)								Promedio
Tratamiento	Profundidad	Código	Cortes					
			1	2	3	4	5	
t1	0 a 5	T1P1	0,60	1,38	0,55	0,37	0,61	0,70
t1	5 a 10	T1P2	0,32	0,51	0,60	0,37	0,65	0,49
t6	0 a 5	T6P1	0,69	2,53	1,06	0,97	0,88	1,22
t6	5 a 10	T6P2	0,32	1,01	0,96	0,64	0,75	0,74

**Figura 7.** Promedios de biomasa en el estudio del efecto de la vinaza.

3.4 RENDIMIENTO DE FORRAJE FRESCO

En la Tabla 17, se observa mayor rendimiento con el tratamiento t7 (fertilización química), debido a la rápida disponibilidad de nutrientes del fertilizante. Además, se observa que a mayor dosis de vinaza aplicada es mayor el rendimiento se obtuvo un promedio del primer corte de 15,57 t/ha.

Tabla 17. Rendimiento de forraje fresco del primer corte.

TRATAMIENTOS	CORTE 1 (t/ha)		
	REPETICIONES	SUMATORIA	PROMEDIO

	I	II	III	IV		
t1 (0 m ³ vinaza/ha)	11,91	8,33	10,12	10,18	40,54	10,14
t2 (25 m ³ vinaza/ha)	15,70	15,00	12,67	13,62	56,99	14,25
t3 (50 m ³ vinaza/ha)	16,98	17,22	13,22	16,47	63,90	15,97
t4 (75 m ³ vinaza/ha)	17,45	18,36	14,31	13,98	64,10	16,03
t5 (100 m ³ vinaza/ha)	22,70	14,42	14,21	15,00	66,33	16,58
t6 (125 m ³ vinaza/ha)	14,80	16,43	18,65	18,14	68,02	17,01
t7 (F. Química)	21,03	20,19	17,51	17,37	76,10	19,02
Promedio: 15,57 t/ha						
Desviación estándar: 3,30 t/ha						

La dosis más alta de vinaza aplicada en la mezcla forrajera presenta un rendimiento homogéneo y alto, que indica que la vinaza cubre los requerimientos nutricionales reflejándolo en la cantidad de follaje producido.

Se observa en la Tabla 18, que el mayor rendimiento lo presenta t6 (125 m³ vinaza/ha) con 16,65 t/ha, presentando pequeñas diferencias numéricas con las demás dosis de vinaza; al igual que el corte 1 el rendimiento incrementa de acuerdo con la cantidad aplicada de vinaza. Se observa una disminución en el rendimiento presentado por t7 (fertilización química) que se da relativamente por absorción, lixiviación y varias condiciones climáticas. Por ende la vinaza fertiliza el suelo con una liberación paulatinamente de nutrientes según las necesidades nutricionales del momento.

Tabla 18. Rendimiento de forraje fresco del segundo corte.

TRATAMIENTOS	CORTE 2 (t/ha)					
	REPETICIONES				SUMATORIA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t1 (0 m ³ vinaza/ha)	9,50	7,20	11,17	9,40	37,27	9,32
t2 (25 m ³ vinaza/ha)	14,09	13,54	17,45	16,88	61,96	15,49
t3 (50 m ³ vinaza/ha)	18,45	15,41	13,58	17,71	65,15	16,29
t4 (75 m ³ vinaza/ha)	17,89	15,14	15,97	16,62	65,62	16,41
t5 (100 m ³ vinaza/ha)	18,86	15,62	15,26	16,38	66,11	16,53
t6 (125 m ³ vinaza/ha)	19,23	15,78	16,41	15,17	66,59	16,65
t7 (F. Química)	19,06	15,52	15,71	14,71	65,00	16,25
Promedio: 15,28 t/ha						
Desviación estándar: 2,96 t/ha						

En la Tabla 19, se observa mayor rendimiento con t5 (100 m³vinaza/ha); el tratamiento t6 (125 m³vinaza/ha) presentó bajo macollamiento y rebrote de las especies forrajeras debido a un corte muy bajo al ras del suelo con el cual se dejó poca superficie foliar fotosintética para rebrote.

En general se obtuvo un alto rendimiento en todos los tratamientos debido a mejores condiciones climáticas de precipitación y temperatura. De acuerdo a los cortes sucesivos de la pastura las gramíneas incrementan su rendimiento de forraje verde, en especial el pasto azul que amatoja fuertemente.

Tabla 19. Rendimiento de forraje fresco del tercer corte.

TRATAMIENTOS	CORTE 3 (t/ha)					
	REPETICIONES				SUMATORIA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t1 (0 m ³ vinaza/ha)	19,32	16,31	16,57	17,57	69,77	17,44
t2 (25 m ³ vinaza/ha)	29,33	36,56	29,23	34,13	129,25	32,31
t3 (50 m ³ vinaza/ha)	31,54	30,50	36,78	31,10	129,91	32,48
t4 (75 m ³ vinaza/ha)	37,96	38,00	32,82	36,14	144,92	36,23
t5 (100 m ³ vinaza/ha)	42,84	36,34	33,69	32,69	145,57	36,39
t6 (125 m ³ vinaza/ha)	27,83	27,28	32,11	30,37	117,58	29,40
t7 (F. Química)	38,71	32,31	28,60	31,32	130,94	32,74
Promedio: 31,00 t/ha						
Desviación estándar: 6,72 t/ha						

El rendimiento más alto en la Tabla 20, se presenta con el t6 (125 m³vinaza/ha) con 52,80 t/ha. De igual forma que los cortes anteriores, se observa un incremento según el incremento de la cantidad de vinaza aplicada.

Tabla 20. Rendimiento de forraje fresco del cuarto corte.

TRATAMIENTOS	CORTE 4 (t/ha)					
	REPETICIONES				SUMATORIA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t1 (0 m ³ vinaza/ha)	43,17	42,67	30,21	28,54	144,59	36,15
t2 (25 m ³ vinaza/ha)	49,00	53,33	46,19	44,29	192,81	48,20

t3 (50 m ³ vinaza/ha)	54,67	51,33	44,76	40,92	191,68	47,92
t4 (75 m ³ vinaza/ha)	62,80	52,67	43,68	40,33	199,47	49,87
t5 (100 m ³ vinaza/ha)	62,67	54,69	48,93	43,54	209,82	52,46
t6 (125 m ³ vinaza/ha)	64,67	56,33	48,05	42,13	211,18	52,80
t7 (F. Química)	56,67	56,39	50,15	41,08	204,29	51,07
Promedio: 44,39 t/ha						
Desviación estándar: 8,79 t/ha						

Se observa también un bajo rendimiento con el t1 (0 m³vinaza/ha), principalmente este tratamiento se mantuvo de los nutrientes existentes en el suelo y la fijación de nitrógeno atmosférico.

En la Tabla 21, se observa una diferencia muy relevante entre t1 (0 m³vinaza/ha) y t6 (125 m³vinaza/ha), que refleja los beneficios que brinda la vinaza como fertilizante; ya que el rendimiento de forraje fresco con la mayor dosis de vinaza duplica al rendimiento del tratamiento testigo. También, se da por baja persistencia de las especies forrajeras debido a la falta de mantenimiento y alto consumo energético que demanda el rebrote y macollamiento del forraje.

Tabla 21. Rendimiento de forraje fresco del quinto corte.

TRATAMIENTOS	CORTE 5 (t/ha)					
	REPETICIONES				SUMATORIA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t1 (0 m ³ vinaza/ha)	18,00	24,00	16,67	13,33	72,00	18,00
t2 (25 m ³ vinaza/ha)	28,67	32,67	29,67	26,00	117,00	29,25
t3 (50 m ³ vinaza/ha)	30,53	28,67	30,00	29,47	118,67	29,67
t4 (75 m ³ vinaza/ha)	28,00	33,67	26,67	27,33	115,67	28,92
t5 (100 m ³ vinaza/ha)	33,33	33,33	27,67	29,33	123,67	30,92
t6 (125 m ³ vinaza/ha)	38,67	38,67	34,67	34,00	146,00	36,50
t7 (F. Química)	32,17	31,67	30,81	31,43	126,07	31,52
Promedio: 29,25 t/ha						
Desviación estándar: 5,80 t/ha						

Además, se distingue una diferencia numérica entre t6 (125 m³vinaza/ha) y t7 (Fertilización química), se revela de esta manera que la vinaza puede reemplazar

a la fertilización química con una disminución de costos de producción, lixiviación y contaminación medioambiental.

Se observan diferencias entre las repeticiones, que indica, que las condiciones del terreno son heterogéneas; de esta manera se corrobora la elección del diseño experimental realizado más adelante.

Se realiza el análisis estadístico para cooperar con la información que revelan los datos obtenidos. Para analizar con mayor precisión mediante metodologías probadas y experimentadas a nivel agropecuario; debido a condiciones variables que no pueden ser manejadas por el hombre, las mismas que se presentan en las investigaciones realizadas a nivel de campo. Por ejemplo: niveles altos de precipitación, heladas, sequías, etc.

En el análisis de la varianza para la variable rendimiento de forraje fresco de acuerdo con la metodología descrita en la sección 2.4.1, se presentan los resultados en la Tabla 22, que determina alta significación estadística para tratamientos en cortes y total. Los promedios de rendimiento de forraje fresco se incrementan desde el valor de 15,6 t/ha en el primer corte hasta 44,4 t/ha en el cuarto corte.

Tabla 22. ADEVA para rendimiento de forraje fresco.

F de V	GL	CUADRADOS MEDIOS					
		Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	TOTAL
Total	27	-	-	-	-	-	-
Tratamientos	6	31,109 **	28,169 **	166,460 **	585,070 **	124,888 **	1924,137 **
Lineal	1	153,582 **	77,936 **	275,991 **	1061,769 **	452,877 **	210,647**
Cuadrática	1	12,144 ns	62,510 **	482,246 **	16,525 ns	118,224 **	50,425 **
Cúbica	1	20,331 *	20,430 **	136,212 **	320,176 **	16,787 ns	42,054 *
Cuártica	1	0,172 ns	7,515 ns	0,602 ns	140,118 **	156,460 **	0,586 ns
Resto	2	0,214 ns	0,312 ns	51,854 *	985,917 **	2,488 ns	119,939 *
Repeticiones	3	10,550 ns	8,630 *	8,402 ns	305,657 **	28,966 **	906,702 **
E. Experimental	18	4,168	2,284	10,880	16,043	4,055	46,862
Promedio: (t/ha)		15,571	15,275	30,998	44,392	29,253	139,448
C.V.: (%)		13,11	9,89	10,64	9,02	6,88	4,91

**Alta significación estadística, *Significación estadística, ns Ninguna significación estadística. Ver Cap. 1.4

Este comportamiento puede deberse a la adición incremental de la vinaza en cada tratamiento, así como al desarrollo vegetativo de la mezcla forrajera y a las variaciones de precipitación durante el ciclo. Para esta variable se obtuvo coeficientes de variación que van del 9,02% a 13,11% entre el primero y el cuarto corte; en el quinto corte el coeficiente de variación fue del 6,88%, variabilidad que puede atribuirse a la escasez de lluvias en el tiempo anterior a este corte, efecto que también se reflejó en el rendimiento del forraje fresco.

Al presentar alta significación estadística, los tratamientos en todos los cortes se procedió a realizar la prueba de Tukey, al 5%, para tratamientos, que se presenta en la Tabla 23 y Figura 8, identifica dos rangos de significación para el corte 1, 2, 3 y el corte 4 y 5 presenta tres rangos de significación, en el último rango en todos los cortes se encuentra el tratamiento testigo absoluto con menor rendimiento, y no se observa diferencias entre los tratamientos con las dosis de vinaza y el químico.

Tabla 23. Promedios y Pruebas de significación para rendimiento de forraje fresco.

	TRATAMIENTOS *	t/ha		TRATAMIENTOS *	t/ha
CORTE 1	t7 (F. Química)	19,024 a	CORTE 4	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	52,795 a
	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	17,005 a		t5 (100 m ³ vinaza/ha)	52,455 a
	t5 (100 m ³ vinaza/ha)	16,582 a		t7 (F. Química)	51,072 a
	t4 (75 m ³ vinaza/ha)	16,025 a		t4 (75 m ³ vinaza/ha)	49,868 a
	t3 (50 m ³ vinaza/ha)	15,974 a		t2 (25 m ³ vinaza/ha)	48,201 a
	t2 (25 m ³ vinaza/ha)	14,247 b		t1 (0 m ³ vinaza/ha)	36,146 b
	t1 (0 m ³ vinaza/ha)	10,136 b		t3 (50 m ³ vinaza/ha)	20,208 c
CORTE 2	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	16,648 a	CORTE 5	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	36,500 a
	t5 (100 m ³ vinaza/ha)	16,527 a		t7 (F. Química)	31,518 b
	t4 (75 m ³ vinaza/ha)	16,406 a		t5 (100 m ³ vinaza/ha)	30,917 b
	t3 (50 m ³ vinaza/ha)	16,288 a		t3 (50 m ³ vinaza/ha)	29,667 b
	t7 (F. Química)	16,250 a		t2 (25 m ³ vinaza/ha)	29,250 b
	t2 (25 m ³ vinaza/ha)	15,489 a		t4 (75 m ³ vinaza/ha)	28,917 b
	t1 (0 m ³ vinaza/ha)	9,317 b		t1 (0 m ³ vinaza/ha)	18,000 c
CORTE 3	t5 (100 m ³ vinaza/ha)	36,392 a	TOTAL	t5 (100 m ³ vinaza/ha)	152,873 a
	t4 (75 m ³ vinaza/ha)	36,230 a		t6 (125 m ³ vinaza/ha)	152,341 a

t7 (F. Química)	32,735	a	t7 (F. Química)	150,599	a
t3 (50 m ³ vinaza/ha)	32,477	a	t4 (75 m ³ vinaza/ha)	147,446	a
t2 (25 m ³ vinaza/ha)	32,314	a	t3 (50 m ³ vinaza/ha)	142,326	a
t6 (125 m ³ vinaza/ha)	29,396	a	t2 (25 m ³ vinaza/ha)	139,502	a
t1 (0 m ³ vinaza/ha)	17,444	b	t1 (0 m ³ vinaza/ha)	91,043	b

* Tukey al 5%

La prueba de Tukey para el rendimiento total presenta dos rangos de significación, en los mismos que se puede observar que el testigo absoluto (t1) presenta el rango más bajo con 91,043 t/ha y que no existen diferencias estadísticas entre el tratamiento químico y las dosis de vinaza, por que se encuentran dentro del primer rango de significación estadística.

Además, se observa que mientras transcurre el tiempo y las condiciones climáticas son relativamente constantes la aplicación de vinaza responde muy bien a la producción progresiva de forraje, como se presenta en el corte 5 en donde t6 (125 m³ de vinaza/ha) ocupa el primer rango y el segundo rango lo comparten la fertilización química y los otros niveles de vinaza; se ubica en el último rango t1 (0 m³ de vinaza/ha) con el menor rendimiento por la falta de mantenimiento del forraje, ya que se debe reponer los nutrientes gastados en la producción mediante un balanceamiento nutricional.

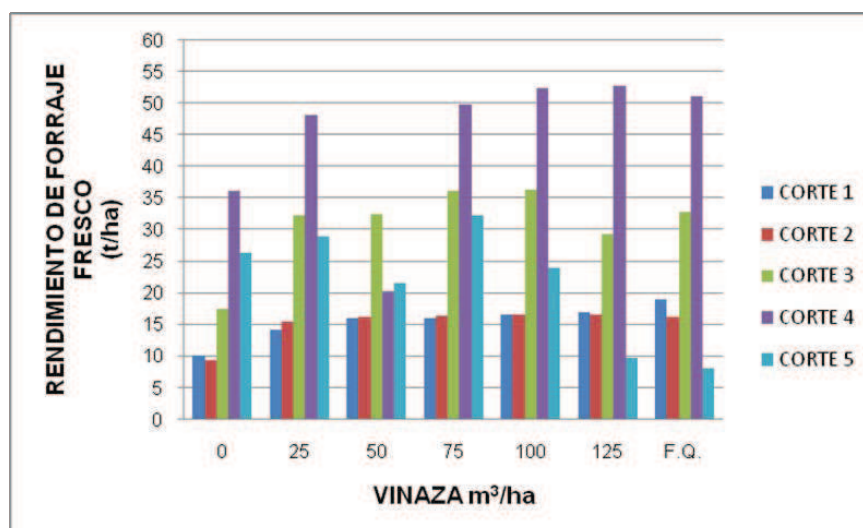


Figura 8. Promedios de rendimiento de forraje fresco.

Es importante señalar que en el primer corte el tratamiento correspondiente a la fertilización química tuvo el mayor rendimiento con 19,024 t/ha, Tabla 18; esto se explica debido a que la fuente de fertilización química es un producto altamente soluble y de rápida asimilación por la planta. Aun, cuando no se observa diferencias significativas entre los rendimientos obtenidos con la aplicación de vinaza y la fertilización química, ya que, comparten el mismo rango de significación.

Del análisis de la varianza para la variable rendimiento de forraje fresco por especie, Tabla 24, se determinó alta significación estadística para tratamientos tanto en gramíneas como en leguminosas y en el total de mezcla forrajera.

Tabla 24. ADEVA para rendimiento de forraje fresco de las especies forrajeras.

F de V	GL	CUADRADOS MEDIOS			
		GRAMÍNEAS	LEGUMINOSAS	MALEZAS	TOTAL
Total	27	-	-	-	-
Tratamientos	6	992,559 **	237,386 **	0,680 ns	1924,137 **
Lineal	1	4388,337 **	226,014 *	0,003 ns	6597,614 **
Cuadrática	1	50,425 **	500,680 **	0,423 ns	3398,971 **
Cúbica	1	42,054 *	555,357 **	0,038 ns	872,019 **
Cuartica	1	0,586 **	58,111 ns	1,693 ns	495,498 **
Resto	2	736,976 ns	42,077 ns	0,963 ns	90,359 ns
Repeticiones	3	456,627 **	206,477 *	0,045 ns	906,702 **
Error Experimental	18	40,674	57,050	0,469	46,862
Promedio: (t/ha)		68,671	70,082	0,694	139,448
C.V.: (%)		9,29	10,77	98,71	4,91

Este comportamiento observado en gramíneas y en las leguminosas son concordantes con la respuesta obtenida para el rendimiento general de forraje fresco.

En la tabla 24, se observa significación estadística en el polinomio lineal, para gramíneas y leguminosas, lo cual indica que a mayor dosis aplicada mayor será la respuesta obtenida en rendimiento.

En la tabla 25, es importante observar una tendencia al incremento de materia fresca en gramíneas con el incremento de los niveles de vinaza; se observa una respuesta diferente para el caso de las leguminosas; este comportamiento sería concordante con los resultados obtenidos por Taday en el 2009 en aplicaciones de niveles de vinaza en arveja que es una leguminosa.

Tabla 25. Promedios y Pruebas de significación para rendimiento de forraje fresco de las especies forrajeras.

	TRATAMIENTOS *	t/ha		TRATAMIENTOS *	t/ha		
GRAMÍNEAS	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	83,104	a	LEGUMINOSAS	t2 (25 m ³ vinaza/ha)	76,398	a
	t5 (100 m ³ vinaza/ha)	81,052	a		t4 (75 m ³ vinaza/ha)	74,423	a
	t7 (F. Química)	77,403	a		t3 (50 m ³ vinaza/ha)	73,593	a
	t4 (75 m ³ vinaza/ha)	71,418	a		t7 (F. Química)	72,516	a
	t3 (50 m ³ vinaza/ha)	68,201	b		t5 (100 m ³ vinaza/ha)	71,330	a
	t2 (25 m ³ vinaza/ha)	62,570	b		t6 (125 m ³ vinaza/ha)	68,846	a
	t1 (0 m ³ vinaza/ha)	36,953	c		t1 (0 m ³ vinaza/ha)	53,468	b
TOTAL	t5 (100 m ³ vinaza/ha)	152,873	a	MALEZAS	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	0,394	
	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	152,345	a		t5 (100 m ³ vinaza/ha)	0,491	
	t7 (F. Química)	150,600	a		t3 (50 m ³ vinaza/ha)	0,531	
	t4 (75 m ³ vinaza/ha)	147,446	a		t2 (25 m ³ vinaza/ha)	0,533	
	t3 (50 m ³ vinaza/ha)	142,326	a		t1 (0 m ³ vinaza/ha)	0,622	
	t2 (25 m ³ vinaza/ha)	139,502	a		t7 (F. Química)	0,681	
	t1 (0 m ³ vinaza/ha)	91,043	b		t4 (75 m ³ vinaza/ha)	1,606	

* Tukey al 5%

Tukey al 5% para gramíneas, leguminosas y total, Tabla 25 y Figura 9, identifica dos rangos de significación para gramíneas y total; encabezando el primer rango t6 (d5:125 m³ de vinaza) con el mayor rendimiento para gramíneas con 83,10 t/ha y en el último rango se ubica t1 (0 m³ vinaza) con el menor rendimiento de 36,9 t/ha. En el caso de leguminosas es importante notar que la diferencia entre el testigo absoluto t1 no es tan marcada como en las gramíneas.

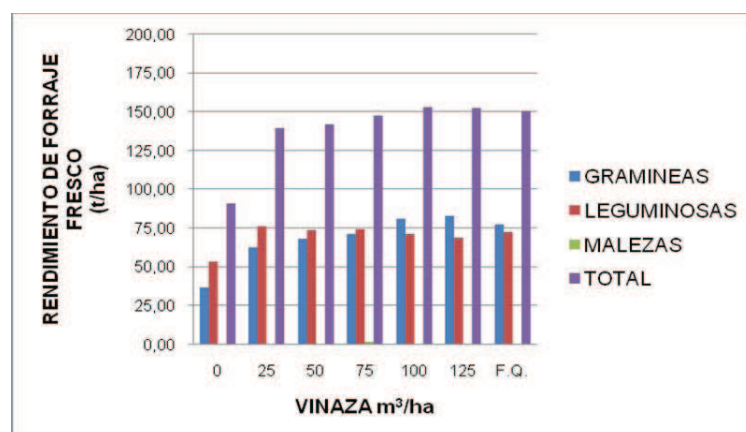


Figura 9. Promedios de rendimiento de forraje fresco de las especies forrajeras.

Las gramíneas aseguran el rendimiento debido al rápido desarrollo en la pradera, mientras que las leguminosas, algo más lenta, mejoran la calidad con su aporte de proteínas, calcio y fósforo. Otras características complementarias son el sistema radicular de ambas especies, las exigencias de luz y el desarrollo vegetativo.

3.4.1 EFICIENCIA AGRONÓMICA DE LA APLICACIÓN DE VINAZA

En la Tabla 26 se presenta el rendimiento relativo, el mismo que se obtiene asumiendo como 100% del rendimiento al tratamiento químico (t7); de los resultados observados para niveles de vinaza se puede observar una tendencia lineal, que inclusive en los tratamientos de 100 y 125 m³ de vinaza por hectárea sobrepasa ligeramente al tratamiento químico. Al calcular el rendimiento incremental de forraje fresco por efecto de los niveles de vinaza también se observa un rendimiento creciente. Sin embargo al calcular la eficiencia por m³ de vinaza se observa una respuesta decremental a partir del tratamiento correspondiente a 25 m³ de vinaza por hectárea; ya que con este nivel se obtiene 1,94 toneladas métricas de forraje fresco por cada m³ de vinaza (Figura 10).

Tabla 26. Incremento de producción de forraje fresco por adición de vinaza.

Tratamientos	Sumatoria Total	Incremento	Rendimiento	Rendimiento. Relativo
m ³ Vinaza	5 cortes t/ha	Toneladas	FF/m ³ Vinaza	%

0	91,043	0,0	0,00	60,5
25	139,502	48,5	1,94	92,6
50	142,326	51,3	1,03	94,5
75	147,446	56,4	0,75	97,9
100	152,873	61,8	0,62	101,5
125	152,344	61,3	0,49	101,2
T.Q	150,599			100,0

También se puede observar un incremento en rendimiento relativo con dosis de 100 y 125 m³ de vinaza/ha; ya que aporta grandes cantidades de nutrientes, mayores a 100% que es nuestro tratamiento químico teniendo en cuenta que un abono orgánico para que sea efectivo debe estar en un 80 % de rendimiento relativo. En la Figura 10, se observa el incremento del rendimiento entre tratamientos.

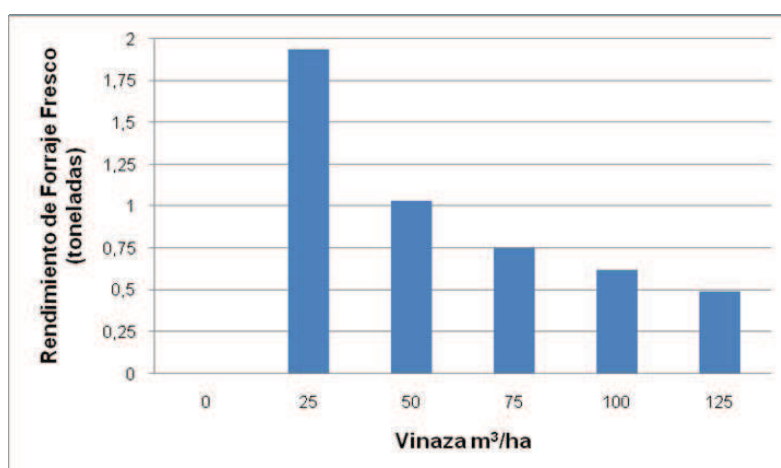


Figura 10. Incremento de rendimiento de forraje fresco por la adición de m³ de vinaza.

Además, se observa que la mejor respuesta en incremento de rendimiento presenta la dosis de 25 m³ vinaza/ha en relación a las demás, ya que la dosis incrementa uniformemente pero el incremento en rendimiento no presenta variaciones significativas.

3.5 RENDIMIENTO DE MATERIA SECA

Tabla 27. Rendimiento de materia seca del primer corte.

TRATAMIENTOS	CORTE 1 (t/ha)					
	REPETICIONES				SUMATORIA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t1 (0 m ³ vinaza/ha)	2,23	1,47	1,83	1,35	6,88	1,72
t2 (25 m ³ vinaza/ha)	2,67	2,62	2,62	2,59	10,50	2,62
t3 (50 m ³ vinaza/ha)	2,81	2,61	3,19	2,75	11,36	2,84
t4 (75 m ³ vinaza/ha)	2,80	2,94	2,57	2,48	10,79	2,70
t5 (100 m ³ vinaza/ha)	3,85	2,38	2,66	2,63	11,52	2,88
t6 (125 m ³ vinaza/ha)	2,13	2,56	2,90	3,03	10,63	2,66
t7 (F. Química)	3,00	3,25	2,88	3,26	12,39	3,10
Promedio: 2,50 t/ha						
Desviación estándar: 0,52 t/ha						

En la Tabla 27, se observa mayor materia seca con el tratamiento t7 (fertilización química, al igual que en forraje fresco dándose por la fácil liberación y asimilación del fertilizante por las plantas. El porcentaje de humedad es generalmente igual existiendo pequeñas variaciones según la edad de la especie forrajera y composición botánica de la muestra tomada.

Se observa en la Tabla 28, que existen diferencias numéricas entre t6 y t7 indican así que el rendimiento de materia seca no presenta variación por lo cual la vinaza puede reemplazar al fertilizante químico.

Tabla 28. Rendimiento de materia seca del segundo corte.

TRATAMIENTOS	CORTE 2 (t/ha)					
	REPETICIONES				SUMATORIA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t1 (0 m ³ vinaza/ha)	2,00	1,62	2,55	2,19	8,36	2,09
t2 (25 m ³ vinaza/ha)	1,30	2,71	2,71	3,51	10,22	2,56
t3 (50 m ³ vinaza/ha)	3,02	2,71	2,97	3,92	12,61	3,15
t4 (75 m ³ vinaza/ha)	3,12	1,37	3,19	3,22	10,90	2,73
t5 (100 m ³ vinaza/ha)	3,08	3,17	3,19	3,14	12,58	3,14
t6 (125 m ³ vinaza/ha)	3,19	2,96	3,27	3,44	12,86	3,21
t7 (F. Química)	3,48	3,19	3,46	3,00	13,13	3,28
Promedio: 2,73 t/ha						
Desviación estándar: 0,65 t/ha						

El porcentaje de humedad de un alimento es esencial para la apreciación de su valor nutritivo y su aptitud para su conservación.

En la Tabla 29, se detecta al igual que los cortes anteriores mayor cantidad de materia seca en t7, reflejando que la cantidad de agua que contiene es baja. El tratamiento t2 presenta también un alto contenido de materia seca determinando así que depende mucho de condiciones ambientales la retención de humedad del suelo y la planta, infiriendo también la fertilización aplicada pero de manera secundaria ya que es transportada por el agua.

Tabla 29. Rendimiento de materia seca del tercer corte.

TRATAMIENTOS	CORTE 3 (t/ha)					
	REPETICIONES				SUMATORIA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t1 (0 m ³ vinaza/ha)	3,56	4,26	3,32	3,51	14,66	3,66
t2 (25 m ³ vinaza/ha)	4,74	6,34	5,65	6,13	22,86	5,71
t3 (50 m ³ vinaza/ha)	4,96	6,01	4,88	4,40	20,25	5,06
t4 (75 m ³ vinaza/ha)	5,74	5,52	4,44	5,23	20,92	5,23
t5 (100 m ³ vinaza/ha)	5,89	5,85	5,75	4,86	22,35	5,59
t6 (125 m ³ vinaza/ha)	3,76	4,73	0,41	5,12	14,02	3,50
t7 (F. Química)	6,16	8,98	3,62	4,67	23,44	5,86
Promedio: 4,53 t/ha						
Desviación estándar: 1,46 t/ha						

En la Tabla 30, sigue reflejándose alto rendimiento de materia seca para el tratamiento t7. Esto se da por diferente edad fisiológica de las especies forrajeras, ya que al madurar el forraje disminuir el valor nutritivo aumentando el contenido de fibra del pasto. Volviéndose menos digestible para los animales aun contando con bacterias celulíticas a nivel de rumen. Además, si el forraje es pastoreado existe mayor desperdicio por baja palatabilidad de la hierba madura, los animales prefieren alimentarse de brotes verdes y jugosos.

Tabla 30. Rendimiento de materia seca del cuarto corte.

TRATAMIENTOS	CORTE 4 (t/ha)					
	REPETICIONES				SUMATORIA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t1 (0 m ³ vinaza/ha)	8,03	7,27	7,14	6,44	28,88	7,22

t2 (25 m ³ vinaza/ha)	9,15	8,40	9,45	6,38	33,38	8,35
t3 (50 m ³ vinaza/ha)	7,06	10,73	7,47	6,21	31,47	7,87
t4 (75 m ³ vinaza/ha)	12,52	10,62	9,59	6,75	39,48	9,87
t5 (100 m ³ vinaza/ha)	9,11	11,98	9,59	8,44	39,11	9,78
t6 (125 m ³ vinaza/ha)	11,46	10,87	9,93	9,47	41,73	10,43
t7 (F. Química)	11,33	13,47	11,34	9,31	45,44	11,36
Promedio: 8,49 t/ha						
Desviación estándar: 2,00 t/ha						

Estos forrajes con alto contenido de materia seca son buenos para almacenar para cuando se tenga escasas de alimento, ya que se disminuyen procesos de descomposición y putrefacción por falta de compactación y exceso de humedad de las especies forrajeras.

En la Tabla 31, se observa mayor rendimiento de materia seca en t4, disminuyendo t7. Depende mucho de condiciones medio ambientales del sitio experimental, estado fisiológico, rebrote y macollamiento de de las especies forrajeras.

Tabla 31. Rendimiento de materia seca del quinto corte.

TRATAMIENTOS	CORTE 5 (t/ha)					
	REPETICIONES				SUMATORIA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t1 (0 m ³ vinaza/ha)	4,25	5,00	3,98	2,47	15,70	3,92
t2 (25 m ³ vinaza/ha)	6,06	10,88	5,71	4,84	27,49	6,87
t3 (50 m ³ vinaza/ha)	6,10	6,17	6,58	5,08	23,93	5,98
t4 (75 m ³ vinaza/ha)	6,29	6,90	7,46	15,44	36,10	9,03
t5 (100 m ³ vinaza/ha)	6,67	6,20	6,87	5,09	24,82	6,21
t6 (125 m ³ vinaza/ha)	6,82	8,86	7,00	5,60	28,27	7,07
t7 (F. Química)	6,25	6,44	6,79	6,18	25,65	6,41
Promedio: 5,61 t/ha						
Desviación estándar: 2,32 t/ha						

A continuación se realiza el análisis estadístico el que con mayor claridad permite determinar el mejor tratamiento. Determinando de esa manera si la vinaza cumple o no las funciones de un fertilizante que reemplace a la fertilización química, disminuyen contaminación y costos de producción.

Realizado el análisis de la varianza para la variable rendimiento de materia seca de acuerdo a la metodología de la sección 2.4.2, en la Tabla 32, determinando alta significación estadística para tratamientos y su efecto lineal en los cortes 1 y 2; además significación estadística para los cortes 3, 4 y 5, indicando que los tratamientos presentaron diferentes respuesta a la aplicación de dosis de vinaza. El mejor promedio lo presenta el corte 4 con 8,489 t/ha y un coeficiente de variación de 13,64%. La alta significación estadística para el efecto lineal indica que a mayor dosis aplicada mayor es el rendimiento obtenido de la mezcla forrajera.

Tabla 32. ADEVA para rendimiento de materia seca en el estudio del efecto de la vinaza.

F de V	GL	CUADRADOS MEDIOS					
		Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	TOTAL
Total	27	-	-	-	-	-	-
Tratamientos	6	0,619 **	0,978 **	3,113 *	5,350 *	5,842 *	54,962 **
Lineal	1	2,287 **	3,980 **	6,418 *	23,772 **	13,872 *	214,354 **
Cuadrática	1	0,253 ns	0,677 ns	5,984 *	4,063 ns	10,911 *	82,513 **
Cúbica	1	1,007 **	0,311 ns	3,948 ns	0,017 ns	1,577 ns	24,354 *
Cuartica	1	0,041 ns	0,129 ns	2,057 ns	3,301 ns	1,263 ns	4,280 ns
Resto	2	0,063 ns	0,386 ns	0,153 ns	0,474 ns	3,715 ns	22,760 ns
Repeticiones	3	0,039 ns	0,636 ns	0,922 ns	1,470 ns	0,817 ns	1,697 ns
Error Experimental	18	0,097	0,461	1,091	1,340	1,695	3,766
Promedio: (t/ha)		2,497	2,731	4,528	8,489	5,607	23,852
C.V.: (%)		12,45	16,86	23,07	13,64	23,22	8,14

Tukey al 5% para tratamientos, Tabla 33 y Figura 11, identifica dos rangos de significación para el corte 1,2 y 4; ubicándose el t6 (125m³/ha) en el primer rango y al final del segundo rango t1 (d0:0 m³ vinaza) en todos los cortes.

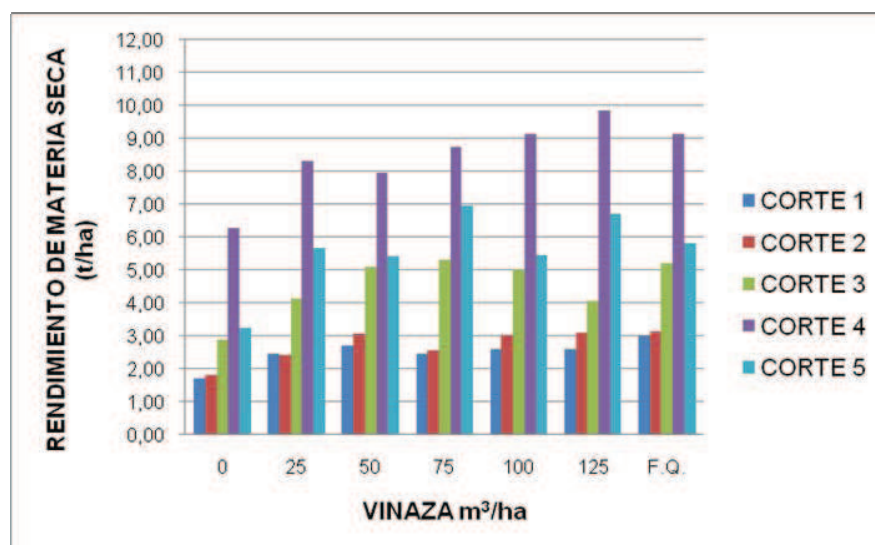


Figura 11. Promedios de rendimiento de materia seca en el estudio del efecto de la vinaza. La Figura 11, permite observar el alto rendimiento que presenta el corte 4 en sus diferentes tratamientos, esto se debe a condiciones ambientales como precipitación y heliofanía que se hubo luego del tercer corte, por lo cual se existió mayor desarrollo del follaje.

La respuesta obtenida para materia seca es concordante con los datos obtenidos para materia fresca; siendo importante anotar que en todos los cortes así como en el rendimiento total el tratamiento testigo absoluto difirió significativamente del resto ya que este tratamiento no recibió ningún tipo de fertilización.

Tabla 33. Promedios y Pruebas de significación para rendimiento de materia seca.

	TRATAMIENTOS *	t/ha		TRATAMIENTOS *	t/ha
CORTE 1	t7 (F. Química)	2,977 a	CORTE 4	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	9,857 a
	t3 (50 m ³ vinaza/ha)	2,712 a		t7 (F. Química)	9,145 a
	t5 (100 m ³ vinaza/ha)	2,605 a		t5 (100 m ³ vinaza/ha)	9,130 a
	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	2,594 a		t4 (75 m ³ vinaza/ha)	8,756 a
	t2 (25 m ³ vinaza/ha)	2,446 a		t2 (25 m ³ vinaza/ha)	8,306 a
	t4 (75 m ³ vinaza/ha)	2,442 a		t3 (50 m ³ vinaza/ha)	7,964 a
	t1 (0 m ³ vinaza/ha)	1,706 b		t1 (0 m ³ vinaza/ha)	6,268 b
CORTE 2	t7 (F. Química)	3,135 a	CORTE 5	t4 (75 m ³ vinaza/ha)	6,947 a
	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	3,097 a		t6 (125 m ³ vinaza/ha)	6,708 a

	t3 (50 m ³ vinaza/ha)	3,073	a		t2 (25 m ³ vinaza/ha)	5,674	a
	t5 (100 m ³ vinaza/ha)	3,022	a		t7 (F. Química)	5,820	a
	t4 (75 m ³ vinaza/ha)	2,561	a		t5 (100 m ³ vinaza/ha)	5,443	a
	t2 (25 m ³ vinaza/ha)	2,410	a		t3 (50 m ³ vinaza/ha)	5,426	a
	t1 (0 m ³ vinaza/ha)	1,816	b		t1 (0 m ³ vinaza/ha)	3,231	b
CORTE 3	t4 (75 m ³ vinaza/ha)	5,300	a	TOTAL	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	26,323	a
	t7 (F. Química)	5,189	a		t7 (F. Química)	26,266	a
	t3 (50 m ³ vinaza/ha)	5,109	a		t4 (75 m ³ vinaza/ha)	26,005	a
	t5 (100 m ³ vinaza/ha)	5,020	a		t5 (100 m ³ vinaza/ha)	25,220	a
	t2 (25 m ³ vinaza/ha)	4,115	a		t3 (50 m ³ vinaza/ha)	24,284	a
	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	4,067	a		t2 (25 m ³ vinaza/ha)	22,951	a
	t1 (0 m ³ vinaza/ha)	2,893	a		t1 (0 m ³ vinaza/ha)	15,915	b

* Tukey al 5%

Del análisis de la varianza para la variable rendimiento de materia seca por especie, Tabla 34, se observa alta significación estadística para gramíneas y total en tratamientos y sus efectos lineal y cuadrático, y ninguna significación estadística para leguminosas y malezas. El comportamiento de las leguminosas en relación de la variable de materia seca podría deberse a que los niveles de vinaza e inclusive el tratamiento químico, solo tuvieron un efecto sobre la succulencia de las leguminosas y no sobre su contenido de materia seca. El promedio total fue 23,852 t/ha y un coeficiente de variación de 8,14%.

Tabla 34. ADEVA para rendimiento de materia seca de las especies forrajeras.

F de V	GL	CUADRADOS MEDIOS			
		GRAMÍNEAS	LEGUMINOSAS	MALEZAS	TOTAL
Total	27	-	-	-	-
Tratamientos	6	31,841 **	5,871 ns	0,004 ns	54,962 **
Lineal	1	147,744 **	6,508 ns	0,004 ns	214,354 **
Cuadrática	1	31,638 **	12,289 ns	0,002 ns	82,513 **
Cúbica	1	3,182 ns	9,762 ns	0,001 ns	24,354 *
Cuártica	1	0,253 ns	2,859 ns	0,016 ns	4,280 ns
Resto	2	4,114 ns	1,904 ns	0,000 ns	22,760 ns
Repeticiones	3	4,201 ns	2,235 ns	0,005 ns	1,697 ns
Error Experimental	18	2,458	4,506	0,006	3,766
Promedio: (t/ha)		13,064	10,694	0,094	23,852
C.V.: (%)		12,00	19,85	82,04	8,14

La alta significación estadística en gramíneas y total de mezcla forrajera en su efecto lineal, indicando que es proporcional la dosis aplicada de vinaza al rendimiento obtenido, es decir que a mayor dosis aplicada mayor es el rendimiento; además el efecto cuadrático indica que puede presentar un decrecimiento del rendimiento y luego incrementar nuevamente, esto se da por condiciones climáticas que afectan directamente al crecimiento de rebrote de las especies forrajeras.

Debido a la alta significación estadística se procede a coadyuvar los resultados con Tukey al 5% para gramíneas y total, Tabla 35 y Figura 12, identifica dos rangos de significación estadística ubicándose en el primer rango t7 (fertilización química) con un rendimiento de 15,374 t/ha y en el segundo rango se encuentra t1 (do: 0m³vinaza/ha) con un rendimiento de 7,507 t/ha. Además, para el total de rendimiento de mezcla forrajera en materia se ubica en primer rango t6 (125m³vinaza/ha) con 26,323 t/ha y en el segundo rango t1 (do: 0m³vinaza/ha) con 15,915 t/ha. Lo cual corrobora los resultados obtenidos en rendimiento de forraje fresco.

Tabla 35. Promedios y Pruebas de significación para rendimiento de forraje seco de las especies forrajeras.

	TRATAMIENTOS *	t/ha		TRATAMIENTOS *	t/ha
GRAMÍNEAS	t7 (F. Química)	15,374 a	LEGUMINOSAS	t3 (50 m ³ vinaza/ha)	12,056
	t5 (100 m ³ vinaza/ha)	14,937 a		t6 (125 m ³ vinaza/ha)	11,464
	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	14,816 a		t4 (75 m ³ vinaza/ha)	11,140
	t4 (75 m ³ vinaza/ha)	14,746 a		t2 (25 m ³ vinaza/ha)	10,932
	t3 (50 m ³ vinaza/ha)	12,129 a		t7 (F. Química)	10,784
	t2 (25 m ³ vinaza/ha)	11,942 a		t5 (100 m ³ vinaza/ha)	10,209
	t1 (0 m ³ vinaza/ha)	7,507 b		t1 (0 m ³ vinaza/ha)	8,273
TOTAL	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	26,323 a	MALEZAS	t6 (125 m ³ vinaza/ha)	0,043
	t7 (F. Química)	26,266 a		t5 (100 m ³ vinaza/ha)	0,074
	t4 (75 m ³ vinaza/ha)	26,005 a		t2 (25 m ³ vinaza/ha)	0,077
	t5 (100 m ³ vinaza/ha)	25,220 a		t3 (50 m ³ vinaza/ha)	0,099
	t3 (50 m ³ vinaza/ha)	24,284 a		t7 (F. Química)	0,108
	t2 (25 m ³ vinaza/ha)	22,951 a		t4 (75 m ³ vinaza/ha)	0,119
	t1 (0 m ³ vinaza/ha)	15,915 b		t1 (0 m ³ vinaza/ha)	0,134

* Tukey al 5%

Además, se observa que el rendimiento total entre t6 (125m³vinaza/ha) con 26,323 t/ha y t7 (fertilización química) con 26,266 t/ha no presenta variación significativa tan solo numérica, con lo cual se puede atribuir como una buena fertilización a t6 (125m³vinaza/ha) con la contribución de macro y micronutrientes, sin altos costos ni daños ambientales con relación a la fertilización química que puede ser retenida en el suelo según condiciones edáficas, no aporta muchos micronutrientes y sus excesos puede contaminar el producto final a obtener en este caso la mezcla forrajera que puede causar daños a nivel fisiológico de los animales.

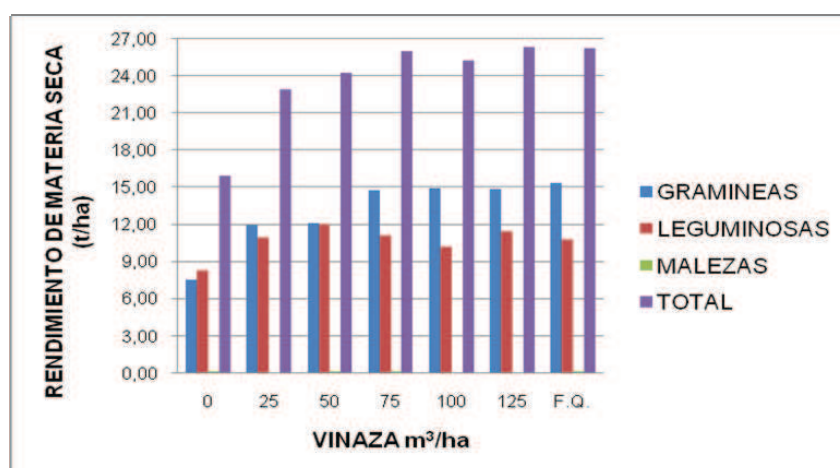


Figura 12. Promedios de rendimiento de materia seca de las especies forrajeras.

3.6 COMPOSICIÓN BOTÁNICA

A continuación se presenta la evolución de la composición botánica expresada en porcentaje durante los cinco cortes.

Tabla 36. Promedios de composición botánica de la mezcla forrajera.

Tratamientos	Vinaza m ³ /ha	Composición Botánica en %									
		Corte 1		Corte 2		Corte 3		Corte 4		Corte 5	
		Gram	Leg.	Gram	Leg.	Gram	Leg.	Gram	Leg.	Gram	Leg.
t1	0	69	29	53	44	31	68	38	62	34	66
t2	25	68	31	62	37	25	74	41	59	55	45
t3	50	70	28	59	39	28	72	43	57	61	39

t4	75	65	30	63	35	29	71	48	52	57	43
t5	100	68	30	66	33	32	68	58	42	55	45
t6	125	76	22	71	28	34	66	47	53	63	37
t7	T FQ	73	24	65	34	37	63	47	53	54	46

Leg: leguminosas, Gram: gramíneas.

En la Tabla 36, se observa mayor porcentaje de gramíneas en el corte 1, debido a la eficiencia de absorción de nutrientes de las mismas; además por el incremento del rendimiento del pasto azul según los cortes progresivos.

Además, por condiciones climáticas y características genéticas de las variedades de gramíneas disminuye el porcentaje de composición botánica de aquellas, incrementando el porcentaje de leguminosas debido a la progresiva aplicación de nutrientes por la adición de vinaza principalmente nitrógeno y a la extracción de nitrógeno y calcio por parte de las leguminosas mejorando así la población de las mismas. Mejorando el valor proteico de la mezcla forrajera.

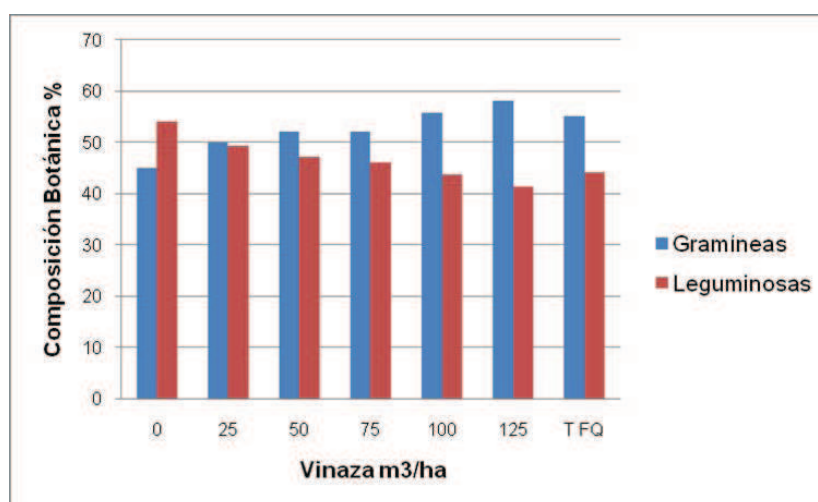


Figura 13. Promedios de composición botánica en el estudio del efecto de la vinaza.

En la Figura 13, se observa mayor porcentaje de gramíneas en todos los tratamientos que se aplica vinaza y la fertilización química, al contrario de t1 (0 m³ de vinaza/ha) que presenta mayor porcentaje de leguminosas.

3.7 ANÁLISIS FINANCIERO

La Tabla 37, presenta todos los rubros utilizados y por ende los gastos realizados en el desarrollo de la investigación. El mayor costo en la actividad lo presenta la mano de obra y los fertilizantes químicos.

Tabla 37. Costos de producción en el efecto del estudio de la vinaza.

LABOR O ACTIVIDAD	COSTOS			
	Unidad	Cantidad	Costo	Total/ha
1. ANALISIS DE SUELO	Análisis	2	20,50	41,00
SUB-TOTAL (1)				41,00
2. MAQUINARIA				
Preparación del suelo (Tractor)	Hora	5	25,00	125,00
Elaboración bolos (Farjadora)	Hora	4	50,00	200,00
3. INSUMOS				
Material Vegetal(Semillas)				
Raygrass Ingles	Planta	2,5	13,24	33,10
Raygrass Italiano	Planta	2	13,24	26,48
Trebo Rojo	Planta	0,5	3,20	1,60
Trébol Blanco	Planta	0,5	3,20	1,60
Pasto azul	Planta	0,5	3,20	1,60
Mano de Obra				
Fertilización				
Fertilización	Jornal	5	10,00	50,00
Mantenimiento				
Control manual de malezas	Jornal	5	10,00	50,00
Fertilización complementaria	Jornal	4	10,00	40,00
Controles fitosanitarios	Jornal	4	10,00	40,00
Cortes	Jornal	7	10,00	70,00
Fertilizantes				
Urea	Sacos	2	32,40	64,80
18 - 46 - 0	Sacos	1	23,50	23,50
Sulpomag	Sacos	1	24,00	24,00
Herbicidas				
Glifosato	litro	1	15,00	15,00
Transporte fertilizantes	Flete	1	10,00	10,00
Vinaza	m3/km	1	0,0700	0,07

La Tabla 38, presenta la relación beneficio/costo la cual permite observar que no siempre mayor sea la aplicación de nutrientes mayor será el rendimiento y por ende el beneficio, observan que t2 (25 m³vinaza/ha) recupera por 1 USD invertido 8,91 USD.

También se observa que los gastos realizados en fertilización con el tratamiento de mejor recuperación del capital t2 (25m³vinaza/ha) es bajo en relación a la fertilización química, que presentan una gran diferencia de 18,5 bolos de Henolaje/ha pero no así la diferencia de la relación beneficio/costo que es tan solo numérica e insignificante y como se observa en la Tabla 30 el rendimiento y capacidad receptiva de t2 (25 m³vinaza/ha) presenta un costo menor de mantención con igual cantidad de unidades bovinas que los demás tratamientos con 210,69 USD/UB.

Tabla 38. Relación beneficio/costo en el estudio del efecto de la vinaza.

LABOR O ACTIVIDAD	TRATAMIENTOS						
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7
1. ANALISIS DE SUELO	41,00	41,00	41,00	41,00	41,00	41,00	41,00
2. MAQUINARIA AGRÍCOLA							
Preparación del Suelo (Tractor)	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00
Elaboración de Bolos (Farjadora)	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
3. INSUMOS							
Material Vegetal(Semillas)	64,38	64,38	64,38	64,38	64,38	64,38	64,38
Fertilización Mano de Obra	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Mantenimiento	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Fertilizantes	0,00						152,30
Herbicidas	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Vinaza	0,00	87,50	175,00	262,50	350,00	437,50	0,00
Total Costos USD/ha	695,38	782,88	870,38	957,88	1045,38	1132,88	847,68
Bolos de Henolaje Mixforrajero/ha	151,74	232,50	237,21	245,74	254,79	253,91	251,00
Precio Venta Paca	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Beneficio Neto USD/ha	4552,15	6975,10	7116,30	7372,30	7643,65	7617,25	7530,00
Relación Beneficio/Costo	6,55	8,91	8,18	7,70	7,31	6,72	8,88

***Costo Vinaza:** Tanquero de capacidad de 7000 galones (28000 litros) precio del transporte 150 USD por 50 kilómetros de recorrido más descarga del producto. $150/28000=0,005$ USD por litro/kilómetro.

Se realizó de acuerdo al rendimiento de forraje fresco de cada tratamiento para conocer la capacidad de carga por hectárea en unidades bovinas, considerando una eficiencia del 70% al realizar pastoreo (consumo de mezcla forrajera).

Se observa que la capacidad receptiva entre los tratamientos de vinaza y fertilización química es aproximada de 4 UB/ha, duplicando a la capacidad que presenta t1 (0m³vinaza/ha) que no recibió ningún tipo de fertilización con 2 UB/ha.

Tabla 39. Capacidad receptiva. Cutuglahua-Pichincha. 2008

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO kg/ha	CAPACIDAD RECEPTIVA UB/ha	COSTO USD/UB
t5 (100m ³ vinaza/ha)	152873	4,1	256,73
t6 (125m ³ vinaza/ha)	152345	4,1	279,18
t7 (Fertilización química)	150600	4,0	211,32
t4 (75m ³ vinaza/ha)	147446	3,9	243,90
t3 (50m ³ vinaza/ha)	142326	3,8	229,59
t2 (25m ³ vinaza/ha)	139502	3,7	210,69
t1 (0m ³ vinaza/ha)	91043	2,4	286,75

En el Cuadro 40y Figura 14, se observa que el tratamiento de menor costo y beneficio es el tratamiento t1 (0 m³vinaza/ha) con un beneficio de 4552,15USD/ha y t2 (25 m³vinaza/ha) presenta mayor beneficio de 6975,10USD/ha; no así con costos no tan altos como t7 (Fertilización química) con un 47% que t2 pero no justifica invertir tanto para obtener beneficios netos que incrementan en un 7%.

Tabla 40. Análisis de dominancia.

Tratamiento	Adición de Vinaza	Cantidad de vinaza	Total de costos variables	Beneficios netos
t1	Ninguna	0	0,00	4552,15
t2	Añadido	25	87,50	6975,10
t7	Ninguna	0	152,30	7530,00
t3	Añadido	50	175,00	7116,30 D
t4	Añadido	75	262,50	7372,30 D
t5	Añadido	100	350,00	7643,65
t6	Añadido	125	437,50	7617,25 D

Los resultados obtenidos en el análisis de dominancia concuerda con los datos obtenidos en la relación beneficio/costo y los de capacidad receptiva, así confirmando que el mejor tratamiento es t2 (25 m³vinaza/ha) con mejor beneficio neto y bajos costos de producción que dan rentabilidad al negocio.

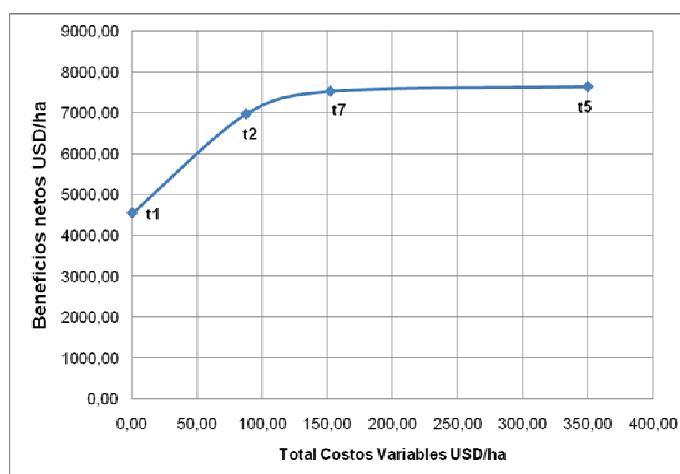


Figura 14. Curva de beneficio neto.

Según las referencias bibliográficas, los valores de Tasa de retorno marginal como indica la Tabla 41, no son significativas en la decisión de escoger un tratamiento si esta es muy alta e incluso llega al valor de miles, puesto que esto indica cambios dramáticos entre un tratamiento y otro.

Tabla 41. Tasa de retorno marginal.

Tasa de retorno marginal t1 vs t2	2769,09%
Tasa de retorno marginal t1 vs t7	1955,25%
Tasa de retorno marginal t1 vs t5	883,29%
Tasa de retorno marginal t2 vs t7	856,33%
Tasa de retorno marginal t2 vs t5	254,69%
Tasa de retorno marginal t7 vs t5	57,49%

Cuando se realizan cambios y dan tasas superiores al 50% se puede tomar el cambio como aceptable, ya que el agricultor al realizar una inversión persigue obtener los más altos rendimientos.

Además, la Tabla 41 se observa una tasa de retorno marginal situada por encima de la tasa del 50% con lo cual se acepta el cambio de fertilización de la orgánica por la inorgánica.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La mayor eficiencia agronómica de la vinaza ocurre con 25 m³/ha/año, ya que cada m³ incrementa 1.94 toneladas de materia verde; mientras que con niveles superiores a este existe un decrecimiento de la eficiencia hasta 0.49 toneladas de forraje por cada m³ de vinaza con la dosis de 125 m³ de vinaza/ha.
- La extracción de nutrientes en general es elevada, pero aún así el suelo contiene altos niveles de nutrientes disponibles. El mayor rendimiento de forraje fresco lo presenta la dosis de 100 m³ de vinaza/ha con 152,87 t/ha; el mismo que presenta alta disponibilidad de nutrientes en el suelo, lo cual indica que la vinaza incorpora gran cantidad de nutrientes como nitrógeno, calcio y potasio aunque la extracción de los mismos también sea alta.
- Los niveles de Vinaza tuvieron un efecto positivo en el rendimiento de materia fresca y seca de la mezcla forrajera. Se obtuvo el mejor rendimiento de materia fresca con el tratamiento t6 (125 m³ de vinaza/ha) de 152.34 t/ha/año y en materia seca con 26.32 t/ha/año.
- El rendimiento fresco de la mezcla forrajera total, obtenido con la vinaza de 152,34 t/ha/año que fue estadísticamente igual al obtenido con el fertilizante químico de 150.59 t/ha/año, es decir que se puede reemplazar la fertilización química por la aplicación de vinaza como una buena alternativa nutricional y económica.

- La capacidad receptiva con mayor rentabilidad de la mezcla forrajera se presento con la dosis de 25 m³ de vinaza/ha con 3.7 UB/ha y un costo anual de 210.69 USD/UB. Lo que radica en menor costo de manutención por unidad dado rentabilidad.
- Se puede afirmar que la utilización de vinaza es una alternativa orgánica para reducir la fertilización inorgánica (química), debido principalmente al alto contenido nutricional a bajo costo y condiciones químicas del suelo.

4.2. RECOMENDACIONES

- De forma preliminar para la producción de una mezcla forrajera (gramíneas-leguminosas), se recomienda la aplicación de 25 m³/año de vinaza, fraccionada en cinco aplicaciones al año, después de cada corte o pastoreo 5 m³/ha.
- Realizar estudios de investigación relativos a formas de aplicación de la vinaza.
- De acuerdo a los resultados de este primer año, realizar los ajustes pertinentes sobre los niveles y formas de aplicación de la vinaza.
- Realizar estudios bromatológicos por especie para determinar el efecto de la vinaza en la calidad del forraje.

BIBLIOGRAFÍA

1. Benítez, A., 1990, "Pastos y Forrajes", Editorial Universitaria, Quito, Ecuador, pp.120-130.
2. Bernal, E., 1996, "Manual de Pastos y Forrajes", Confagan, Medellín, Colombia, p.235.
3. Bertsch, F., 1998, "La Fertilización de los Suelos y su Manejo", Asociación de Costarricenses de la Ciencia del Suelo, San José, Costa Rica, pp.69-133.
4. Briceño, C., 2006, "Proyecto de Investigación sobre Uso y Manejo de Vinazas" <http://www.cenicana.org/portal//subotrasAreas/Etanol//Presentaciones/ProyectosInvestigaciónSobreUsoManejo%2520Vinaza.pdf>, (Febrero, 2009).
5. Calvache, M., 2001, "Absorción de Nutrientes de los Cultivos para Recomendaciones de Fertilización", UCE, FCA, Quito, Ecuador, p.21.
6. Cañadas, L., 1983, "El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador", MAG-PRONAREG, Quito, Ecuador, p.35.
7. Cartagena, Y., 2002, El análisis químico de los suelos una herramienta para diseñar recomendaciones de fertilización y enmiendas en los cultivos. Proyecto previo a la obtención de título de Especialista de Suelos y Nutrición de Plantas. UCE, FCA, Instituto de Postgrado, Quito, Ecuador, pp. 29-38.
8. Cartagena, Y., 2006. Metodología de Física de suelos, INIAP, Quito, Ecuador, pp. 5-58.
9. Castellano, M., 2004, "Metodología para el Uso del Suelo como Depurador de Vinazas mediante Riego Controlado y Aprovechamiento Agrícola", http://www.cibernetia.com/tesises/CIENCIAS_AGRARIAS/QUIMICA_AGRICOLA/1, (Febrero, 2009).
10. Cordero, A., Espinosa, J., 1997, "Introducción a la Fertilización de Cultivos", Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, San José, Costa Rica, p. 25.
11. Diners, 2003, "El Campo, es desconocido" Vol. (248), pp. 12-19.

12. Domínguez, A., 1997, "Tratado de Fertilización", 3era. edición, Mundi-Prensa, México, pp. 479-527.
13. Espinosa, J., 1995, "Curso de Fundamentos de Química del Suelo", UCE, FCA, Quito, Ecuador, p.20.
14. Espinosa, J., 1996, "Relación entre la Fertilización Mineral, la Materia Orgánica y los Microorganismos del Suelo", UCE, Quito, Ecuador, pp.1-15.
15. García, A. y Rojas, C., 2007, "Posibilidades de Uso de la Vinaza en la Agricultura de Acuerdo con su Modo de Acción en los Suelos" http://www.tecnicana.com/imagenes_cont/sitio/documentos/Posibilidades.pdf, (Febrero, 2009).
16. Gómez, J., 2000, "Efecto de la Vinaza sobre el Contenido de Potasio Intercambiable en un Suelo Representativo del Área Cañera del Valle del Río Turbío" <http://www.redpav-fpdar.info.ve/venesuel/vo32/v032a040.html>, (Febrero, 2009).
17. González, L., 1998, "Razones Financieras, Economía y Empresa", <http://www.RazonesFinancieras.mht>, (Septiembre, 2009).
18. Grijalva, J., 1990, Uso de Fertilizantes, Quito, Ecuador, p.28.
19. Grisales, Y., Fonseca, G., Valencia, M., y Santos, S., 2001, "Uso de la Vinaza como Agua de Riego para el Cultivo de Caña. LEVAPAN, Tulúa, Ecuador, p.34.
20. Guerrero, R., 1994, "Formas del Fósforo y sus Relaciones con la Fertilidad de Suelos", Suelos Ecuatoriales, Bogotá, Colombia, pp.349-387.
21. Guerrero, R., 1998, "Fertilización de Pastos Mejorados", Colombo-Venezolano, pp.157-173.
22. Horwath, R. y E. A. Paul, 1994, "Propiedades Bioquímicas y Microbiológicas del Suelo", Métodos y Análisis de Suelos, Parte 2, Universidad del Estado de Michigan, USA, pp. 754-760.
23. Instituto Colombiano Agropecuario, 1991, "Fertilización en Diversos Cultivos", 4ta. edición, Bogotá, Colombia, p.56.
24. Leal, I., Bautista, F., Campos, J., Bazúa, M., 2009, "Caracterización Fisiológica de la Vinaza del Agave cocui y su Posible Uso Agroindustrial" http://www.serbi.luz.edu.ve/scielo.php?pid=S131722552003012000002&script=sci_art_text. (Febrero, 2009).
25. León, R., 2003, "Pastos y Forraje: Producción y Manejo", UCE, Quito, Ecuador, p.200.

26. Luzuriaga, C., 2001, "Curso de Edafología General", IASA, Sangolquí, Ecuador, p.131.
27. Martínez, M. y Jiménez, B., 1995, "Dinámica del Fósforo en Condiciones de Campo en un Páramo de Cundimarca", Bogotá, Colombia, p.119.
28. Medina, G., 2006, "Usos Alternativas de las Vinazas de Acuerdo con su Composición Química", http://www.tecnicana.org/pdf/2006/tec_v10_no17_2006_p14-18.pdf, (Febrero, 2009).
29. Montesdeoca, F., 2007, "Gerencia y Finanzas para Empresas Agropecuarias" UCE, Quito, Ecuador, p.78.
30. Muslera, E. y Ratera, C., 1994, "Praderas y Forrajes; Producción y Aprovechamiento", Mundi-Prensa, Madrid, España, pp.64-71.
31. Nutrimon, 1998, "Fertilización de Cultivos de Clima Frío", Ipiales, Colombia, p.218.
32. Padilla, W., 1997, "Guía de Recomendaciones de Fertilización para los Principales Cultivos del Ecuador", INIAP, Quito, Ecuador, pp. 5-8, 18.
33. Paladines, O., 1997, "Especies Forrajeras de Mayor Uso en el Ecuador" Quito, Ecuador, p.50.
34. Paladines, O., 2002, "Fertilización de Pastizales", UCE-FCA, Quito, Ecuador, p.20.
35. Perdigón, S., Soriano, R., Obregón, J., Curbelo, I., 2003, "La Vinaza de Jugos de Caña Energética y su Aplicación en los Suelos Cañeros" <http://eumed.net/cursecon/ecolat/cu/smpm1> (Febrero, 2009).
36. Perrín, R., 1988, "La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos", CIMMYT, México.
37. Plaster, E., 2000, "La Ciencia del Suelo y su Manejo", Editorial Paraninfo, Madrid, España, pp.301-304.
38. Ruíz, R., 1996, "Aspectos Básicos para la Producción de Semillas de Pastos (gramíneas y leguminosas) en la Sierra Ecuatoriana", Boletín Divulgativo (83), Quito, Ecuador, pp.2-16.
39. Santos, M., Martín, F., Diánez, 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" [http://www.agroecología.net/congresos-seae/bullas08/actas-bullas/seae-bullas/cerd/sesiones/16S4CSANIDAD\(III\)/S4C8.pdf](http://www.agroecología.net/congresos-seae/bullas08/actas-bullas/seae-bullas/cerd/sesiones/16S4CSANIDAD(III)/S4C8.pdf), (Febrero, 2009).

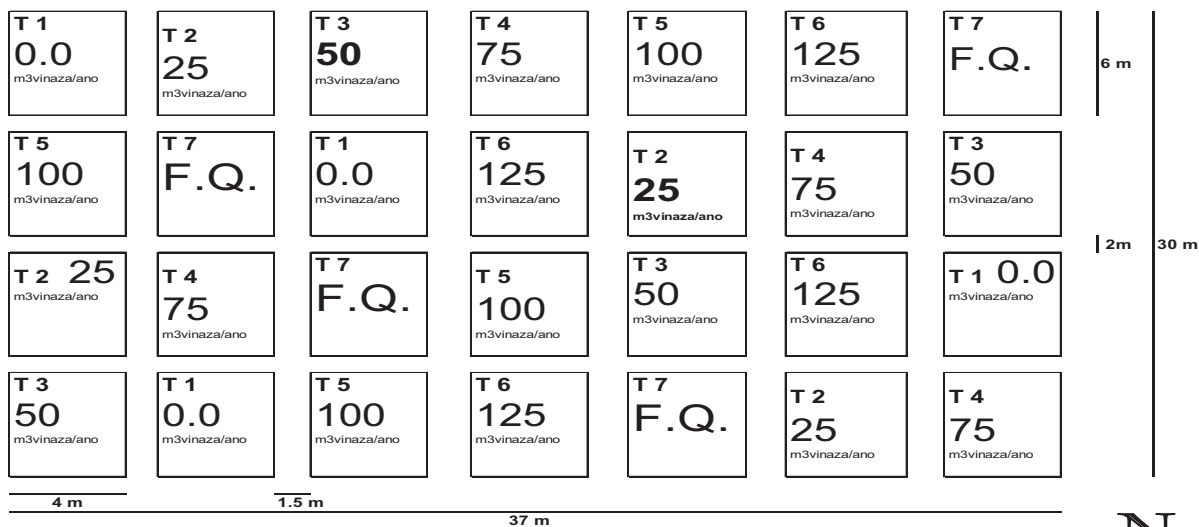
40. Silva, E., 2008, "Curso de Estadística y Diseño Experimental", Santo Domingo, Ecuador, p.129.
41. Taday, N., 2009, "Evaluación de seis dosis de vinaza en arveja (*Pisum sativum* L.) var. Quantum, en un Mollisol", Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, UCE, Quito, Ecuador, p.87.
42. Terán, T., 2004, "Respuesta de una Pastura Mixta a la Aplicación de Fósforo, Potasio y Azufre en un Suelo Franco", Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, UCE, Quito, Ecuador, p.70.
43. Torres, C., 2002, "Manual Agropecuario", Limerin, S.A., Bogotá, Colombia, pp.840-860.
44. Valverde, F., Cartagena, Y., y Parra, R., 2004, "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". Informe anual. p.21.
45. Zapata, M., 1995, "Efecto del Azufre en la Fijación y Mineralización del Nitrógeno en Suelos Andinos", Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, UCE, Quito, Ecuador, pp.35-40.

ANEXOS

ANEXO I. Croquis de las parcelas en el estudio del efecto de la vinaza en el rendimiento de una mezcla forrajera.

Plano de aplicación de vinaza por riego N° ___ según tratamientos.

Fecha: _____



Ensayo: Total: 1110 m² (37 x 30m)
Neta: 576 m² (24 parcelas de 24 m²)

Superficies: Parcela: Total: 24 m² (6 x 4 m)



ANEXO II. Características Meteorológicas del Sitio Experimental durante el período de evaluación.

PRECIPITACIÓN

Días	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
1	0	0,2	4,2	0,2	0,9	7,2	5,8	0	0	5,1
2	0	4,5	0,5	1,7	2,5	1	5,7	0,3	0	6,2
3	0	0	0	8,3	13,2	2,2	6,8	0	1,6	10,1
4	0	0,1	0	3,1	6	1,2	1,9	0	0	14,4
5	0	0	0	0	17,3	1,5	0	7,2	0	0
6	0	4,5	0	0	10,2	0,3	4,4	0,7	2,2	0
7	4,1	1,5	0	0	10	3,3	9,6	10,2	3,5	1,6
8	4,2	2,5	0	0	0,5	1	0	0,6	0	0,2
9	0,2	0,2	0,3	0	1,4	5,1	0	0,1	3,3	0,2
10	1,4	0,3	0,6	0	10,1	3,7	0	5,3	0	0,2
11	0	0	0,9	0	2,8	6,3	8,2	8,3	0,4	6,8
12	20	0	0	0	4,7	6,8	7,5	7,9	12,4	14,4
13	11,6	0	0,3	1,3	42,6	7,9	0,8	11,3	0	0
14	2,1	0,2	0	0	7	0	8,6	15,7	11,1	0
15	1,1	2,8	8,4	7,3	3	0	7	9,3	10,9	1
16	2,2	0,3	4,2	2,8	0,1	7,3	2,6	12,1	6,5	7,9
17	0	0	2,3	0	0,2	3,5	0	9,6	13,5	5,9
18	2,7	10,3	4,7	9,7	2,7	0	0,7	0,8	0	1,3
19	13,9	0	2,4	4,6	6,9	0	0	0	5,3	9,1
20	2,8	0	0,4	5,4	0,6	0	0,7	0	9,7	5,7
21	8,8	0	1,1	32	0,3	2,5	0	8,3	8,2	16,4
22	6,1	0	13	0	4,8	4,6	1,7	2,1	7,4	9,6
23	13,9	0	6,9	1,2	0	3,8	9,9	10,6	2,2	1,3
24	0,8	0	6,2	2	0,2	3,4	0	7,2	1,1	6,4
25	1,2	0	2	0,7	3,2	3,9	4,8	7,2	3	84,5
26	13,3	0	0,3	0	7,8	4,8	2,1	7,3	2,3	11,7
27	0,7	0	0	4,5	6,2	0,3	0,2	7,4	4	9,1
28	0	0	28,2	7,5	6,5	0,2	0,9	3,7	7,9	5,5
29	0	0,1	1,2	9,6	2,9	0,3	5,5	0,7		0
30	0,4	0,7	0,7	1,2	0,4	0	2,9	9,3		6,9
31		0,3	7,9		9,3		0	5,3		0,4

FUENTE: INAMHI, Estación Meteorológica Izobamba.

TEMPERATURA MÍNIMA

Días	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
1	6,6	4,3	5,6	5,7	5,1	8,4	3,9	6	8,8	8,6
2	6,8	4,8	5,9	5,8	4,6	7,7	7,5	6	6,8	6,3
3	5,1	4,1	5,5	7,8	3,6	6,9	7	6,2	8,2	9,4
4	4,4	6,5	5,3	8	3,9	6,9	4,2	6,4	9,1	7,8
5	3,8	3,3	3,9	7,8	6,1	6,6	7,6	8,2	7	6,2
6	5,6	3,4	4	5,2	6,1	3,8	6,2	8	8,3	6
7	7,4	6	5,4	6	6,8	3,4	6,4	8,2	6,6	4,8
8	6,9	7,4	3,6	6,5	6,6	4,1	5,8	9	6,7	8,2
9	6,4	6,9	4,6	7,6	7,6	4,4	5,8	8,8	8	6,2
10	5,9	7	6,4	6,8	6,4	5,2	6,2	7,8	5,5	6,8
11	7	4,8	6,8	7,1	6	6	5,9	6,2	7,2	6,4
12	5,4	6,8	2,4	7	7,1	5,6	6,5	9,1	7,6	6,8
13	5,6	6	3,4	5,3	6,2	8,6	8,3	7,7	6,4	7
14	6,4	3,8	6,3	5,7	6,8	7,9	7	8	8,7	7,6
15	5,8	7,4	6	5	3,3	4,8	7	6,8	8	5
16	6,6	6,6	5,8	6,6	5,4	3,9	6	8,6	7,4	6,6
17	8,2	3,1	3,5	6,1	7,9	6,9	8	5,9	4	6,2
18	3,7	3,2	6,8	6	7,4	8,6	7,7	8,4	7,6	8,5
19	6,5	4,2	5,8	3,3	5	6,2	8,8	7,8	7	7,6
20	6,6	6,4	3,3	5,5	6,5	6,2	6,2	6,2	8	8,2
21	4,3	6,7	5,3	3,4	4,4	9	8,8	8	6,2	6,6
22	5	6,3	4,6	5,5	7,4	5,8	8,5	6	7,8	8,2
23	5,1	6,7	6,2	5,9	9	9,5	8,7	6,2	7,2	8,3
24	7,6	6	4,2	3,8	6,4	8,4	6	7,5	6,2	5,2
25	6,3	4,8	7,7	4,5	5,8	9,4	5,8	7,2	8,3	9,6
26	5,3	6	6,9	6,3	5,7	8,4	6,6	9	8,2	7,9
27	4,7	6,7	7	5,3	6,9	8,2	8,1	7	5	6,4
28	6	6,1	3,3	3,9	7,7	6	8,8	6,6	8,9	8
29	7,6	7,5	6,5	4,2	7	4,8	8,2	8,7		8,2
30	5,1	4	6,2	6,3	6	5,8	9,2	9,1		5,2
31		2,4	5,6		8,8		5	8,4		7

FUENTE: INAMHI, Estación Meteorológica Izobamba.

TEMPERATURA MÁXIMA

Días	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
1	17,5	16,5	16,6	16,2	16,6	15	16,5	17,5	18,3	19,6
2	18,2	16,7	16,8	17,5	20	16	16,2	18,5	17,7	18,5
3	17	16,5	18,5	16,5	17,5	12	18,5	18,8	16	18,2
4	16,89	16,3	17,7	18,7	18,7	18,1	18,2	19	17,7	18,7
5	19,3	18,7	19	17,7	16,3	17,3	18	17	18,2	19,3
6	17,8	18,2	18,7	16,8	16	20	17,5	18,7	17,3	20,5
7	16,6	18,3	19,5	17,2	16,2	18,9	18,4	17,8	18,5	21,7
8	16,5	13,5	16	17	18,2	17,6	18,7	16,8	19,5	21
9	16,7	16,3	17,2	16,2	17	19,8	19,4	16,5	19,1	20,7
10	19,2	16,6	14,7	17,6	17,2	20	20,5	18,7	18,7	21
11	18,3	17	16,9	18,7	17,7	18,7	19,2	16,7	17	19,2
12	20,5	16	20,5	18,2	16,5	17,5	18,7	16	19	19
13	20	17,6	16	18,1	17,6	16,8	15	16,2	17	15,9
14	169,5	17	17,5	18,3	15,7	12,7	17,5	16,8	19,7	19
15	17,5	15,5	18,7	15,9	18,1	16,2	19,5	17,8	14,5	18,3
16	17,3	16,1	16,6	16,8	17	17,5	16,2	15,5	12,9	18,8
17	17	17	18,9	17,3	17,2	16,2	17	15,1	17,3	17,8
18	18,3	18,7	15,2	17,5	16,8	17,4	16,1	18,7	15,3	17,6
19	19,2	17,7	16	18,6	18,5	16,8	18,8	15,8	16,5	16,6
20	18,8	17,9	16,6	17,3	18,2	17,5	18,4	19	18,5	16,2
21	17,7	18,6	18,8	18,7	17,5	19,3	17,7	17,3	17,6	17,3
22	17,6	17,5	17,5	15,5	18	17,3	17,5	17,7	17	18,6
23	16	18,5	17	17,7	18	17,2	17,2	16,5	17,4	16
24	14,6	17,2	18,5	16,3	17,6	19	18,5	17,9	17,5	16,7
25	17,7	17,8	17	17,8	19,5	18,4	18,3	17	19	17,7
26	19	18,4	16,7	18,2	18,8	17,2	16	17,2	17,8	16,2
27	19,6	18,2	17,4	18	17,8	17,5	17,8	19,2	16,2	17,2
28	18,4	17	18,3	18,2	17,7	19,5	18,3	19	19,5	17,4
29	17,7	15,5	14,4	18,4	17,8	18,4	16,6	17,3		17,8
30	17,5	16,5	17,5	18,2	19	19,2	18,5	15,5		18,1
31		19,9	16		16,2		19,5	15,7		17

FUENTE: INAMHI, Estación Meteorológica Izobamba.

PROMEDIO POR CORTE

Cortes en el Año	CORTE 1	CORTE 2	CORTE 3	CORTE 4	CORTE 5
Precipitación (mm)	132,4	312,7	196,3	194,8	191,8
Temp. Mínima (°C)	5,35	5,82	6,69	7,49	7,15
Temp. Máxima (°C)	17,32	17,38	17,73	17,45	18,16

ANEXO III. Fotografías en el estudio del efecto de la vinaza en el rendimiento de una mezcla forrajera establecida en un Andisol.



ANEXO IV. Contenido de nutrientes por especie forrajera en el estudio del efecto de la vinaza.

TRAT.	Gramíneas										
	%						Ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
t1	1,37	0,39	2,42	0,65	0,2	0,18	6,3	40,1	8,0	112,0	128,2
t2	1,44	0,25	2,71	1,47	0,16	0,17	7,8	34,2	8,7	102,2	101,8
t3	1,52	0,31	2,93	0,5	0,19	0,2	5,4	30,8	18,6	136,1	120,9
t4	1,37	0,32	2,96	0,4	0,17	0,2	5,4	29,2	11,5	113,7	112,1
t5	1,37	0,31	2,91	0,45	0,19	0,26	7,1	28,7	33,1	112,2	134,6
t6	1,44	0,31	3,00	0,47	0,2	0,21	7,1	29,4	19	112,4	110,4
t7	1,44	0,32	2,9	1,49	0,36	0,28	7,8	31,8	13,4	130,5	127,5
TRAT.	Leguminosas										
	%						Ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
t1	3,18	0,24	2,78	1,5	0,33	0,1	20,7	49,7	14,2	159,3	76,3
t2	3,46	0,24	3,32	1,36	0,33	0,15	22,8	46,7	18,6	142,4	64,3
t3	3,46	0,23	3,59	1,25	0,31	0,17	19	41	18,3	143,6	77,8
t4	3,46	0,25	3,51	1,29	0,31	0,13	19,5	45,5	15,2	134	79,6
t5	3,54	0,15	2,72	0,82	0,22	0,1	14,9	45,1	15,5	100,1	48
t6	3,54	0,23	3,52	1,15	0,32	0,15	14,1	44	19,2	134	70,7
t7	3,68	0,21	3,1	1,21	0,49	0,13	13,3	36	19	251	55,7

ANEXO V. Cantidad de nutrientes aplicados con vinaza según tratamientos al primer año.

Trat.	Vinaza m ³	kg/ha											
		MO	N	P ₂ O ₅	S	K ₂ O	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	25	250	70	143	35	177	67,5	18	0,1	0,5	2,6	3,1	0,1
T3	50	500	140	286	70	354	135	35	0,2	0,9	5,3	6,2	0,2
T4	75	750	210	429	105	531	203	53	0,3	1,4	7,9	9,3	0,3
T5	100	1000	280	573	140	708	270	70	0,3	1,9	10,5	12,4	0,5
T6	125	1250	350	716	175	885	338	88	0,4	2,3	13,2	15,5	0,6
T7	Químico		133	40	30	30		15					

ANEXO VI. Análisis químico de Vinaza. Cutuglahua-Pichincha. 2008.



ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS
Km 141/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Telf. -Fax 690694
QUITO - ECUADOR

Nombre del propietario: LEVAPAN DEL ECUADOR S.A. Fecha de muestreo: B I O L
Nombre del remitente: Muestra: 28-01-08
Nombre de la Granja: Fecha ingreso Laboratorio: 31/01/2008
Localización: QUITO PICHINCHA
Parroquia: Cantón Provincia Fecha de entrega: 31/01/2008

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ABONOS ORGANICOS

No. Laborat.	Identificación	pH	R		dS/m	N TOTAL	P	K	%			M.O	Humed.	ppm				
			C/N	C.E.					Ca	Mg	S			B	Zn	Cu	Fe	Mn
226	BIOL VINAZA	6.0			19.2	0.28	0.25	0.59	0.27	0.07	0.14	1.0		3.3	3.35	1.86	37.6	21.6

METODOLOGIA USADA:



pH y Conductividad eléctrica C.E. en solución al 20% en agua
Materia Orgánica por pérdida por calcinación -Método A.O.A.C.
En Biol. pH y C.E. determinación directa

C.E. = Conductividad eléctrica dS/m = decisiems/metro
M.O. = Materia orgánica
M.S. = Materia seca


RESPONSABLE LABORATORIO

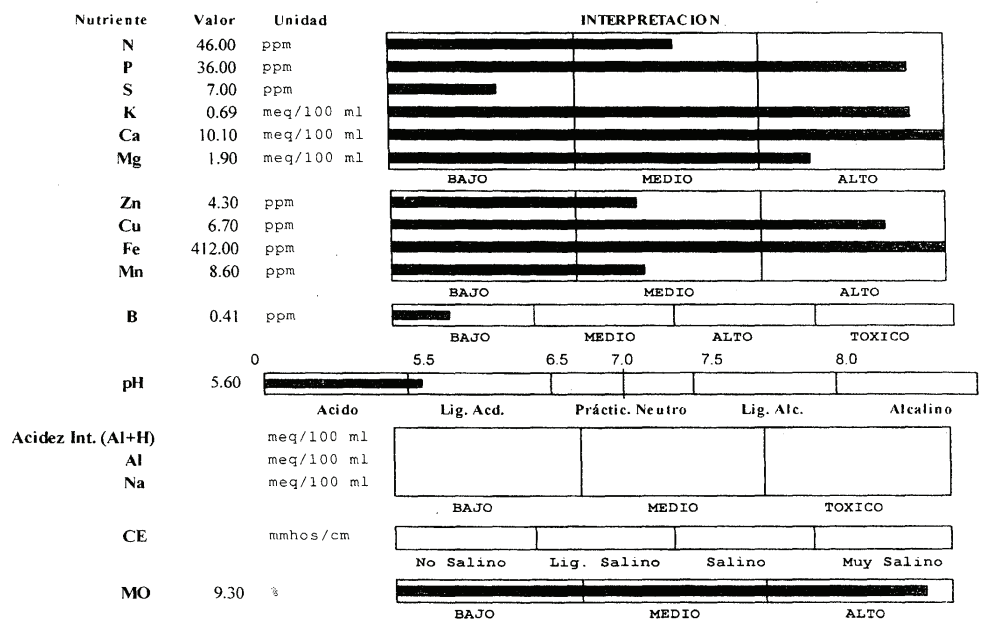

LABORATORISTA

ANEXO VII. Análisis de Suelos inicial y recomendaciones.

 INIAP INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : LEVAPAN DEL ECUADOR S.A. Dirección : CUTUGLAGUA Ciudad : Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : INIAP Provincia : PICHINCHA Cantón : MEJIA Parroquia : CUTUGLAGUA Ubicación : E.E.S.C. GANADERIA
DATOS DEL LOTE Cultivo Actual : Cultivo Anterior : Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : LOTE 7 E. LEVAPAN	PARA USO DEL LABORATORIO N° Reporte : 6.761 N° Muestra Lab. : 68232 Fecha de Muestreo : 07/01/2008 Fecha de Ingreso : 14/01/2008 Fecha de Salida : 31/01/2008



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural			
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
5,3	2,8	17,4	12,7			39	42	19	Franco


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA

RECOMENDACIÓN DE FERTILIZACIÓN

Fecha: 16 de mayo de 2008 DMSA


MUESTRA No.	CULTIVO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	FERTILIZANTE (Fuente)	CANTIDAD Kg/ha	EPOCA Y FORMA DE APLICACIÓN
		Kg/ha						
68232	Pasto Mezcla forrajera	100	40	30	30	18-46-0 Sulpomag Urea	87 137 182	El 18-46-0 y el sulpomag aplicar al voleo después del 1° corte. La urea fraccionar en 3 aplicaciones después del 2° ,3° y 4° corte

OBSERVACIONES:

La recomendación se realiza en base al análisis químico del suelo, sin considerar la parte física y climática de la zona en cuestión, por lo tanto esta se constituye en una guía de fertilización que debe ser ajustada por técnicos de la zona, considerando condiciones de clima y agua especialmente.



Yvonne Novoa H.
RESPONSABLE DE LA RECOMENDACION

ANEXO VIII. Análisis de Suelos final y Análisis Foliare por especie forrajera.



INIAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : PROYECTO INIAP-LEVAPAN Dirección : CUTUGLAGUA Ciudad : Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : E.E.S.C GANADERIA Provincia : PICHINCHA Cantón : MEJIA Parroquia : CUTUGLAGUA Ubicación : EGDO. RUSBEL JARAMILLO	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : PASTO Fecha de Muestreo : 20/04/2009 Fecha de Ingreso : 20/04/2009 Fecha de Salida : 23/04/2009
--	---	--


N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm		meq/100ml					ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
44685	T1 R1	5,5 LAC RC	116,00 A ⁵	72,00 A ⁶	6,40 B	0,34 M	9,60 A	2,10 A	7,1 A	8,8 A	1,300,0 A	19,3 A	0,50 B	
44686	T2 R1	5,8 LAC	84,00 A	51,00 A	8,00 B	0,36 M	9,20 A	1,80 A	6,2 M	8,6 A	1,001,0 A	14,3 M	0,30 B	
44687	T3 R1	5,8 LAC	92,00 A	44,00 A	13,00 M	0,47 A	9,90 A	1,90 A	7,0 M	8,5 A	993,0 A	13,4 M	0,30 B	
44688	T4 R1	5,8 LAC	81,00 A	48,00 A	11,00 B	0,42 A	10,20 A	1,90 A	7,0 M	8,2 A	895,0 A	11,6 M	0,30 B	
44689	T5 R1	5,8 LAC	88,00 A	50,00 A	16,00 M	0,56 A	9,90 A	1,80 A	7,5 A	8,3 A	954,0 A	15,4 A	0,30 B	
44690	T6 R1	5,9 LAC	89,00 A	46,00 A	13,00 M	0,56 A	10,20 A	1,90 A	7,3 A	8,2 A	958,0 A	13,7 M	0,40 B	
44691	T7 R1	5,5 LAC RC	99,00 A	47,00 A	7,50 B	0,42 A	10,00 A	1,90 A	7,9 A	8,8 A	1,237,0 A	18,6 A	0,50 B	
44692	T1 R2	5,7 LAC	101,00 A ⁵	35,00 A	4,70 B	0,40 A	8,60 A	1,80 A	6,8 M	7,1 A	967,0 A	12,2 M	0,40 B	
44693	T2 R2	5,7 LAC	84,00 A	41,00 A	8,70 B	0,38 M	10,40 A	1,70 A	6,5 M	7,0 A	928,0 A	12,5 M	0,60 B	
44694	T3 R2	5,7 LAC	79,00 A	35,00 A	9,10 B	0,36 M	10,90 A	1,70 A	6,7 M	8,0 A	1,436,0 A	14,2 M	0,40 B	
44695	T4 R2	5,8 LAC	76,00 A	39,00 A	12,00 M	0,43 A	11,40 A	1,80 A	7,2 A	7,8 A	1,102,0 A	12,9 M	0,20 B	
44696	T5 R2	5,7 LAC	103,00 A	50,00 A	15,00 M	0,55 A	8,70 A	2,00 A	6,6 M	7,1 A	1,864,0 A	20,8 A	0,40 B	
44697	T6 R2	5,8 LAC	86,00 A	38,00 A	12,00 M	0,54 A	9,30 A	1,90 A	6,5 M	6,8 A	1,025,0 A	14,4 M	0,80 B	
44698	T7 R2	5,7 LAC	92,00 A	45,00 A	2,20 B	0,31 M	8,50 A	1,80 A	5,2 M	7,1 A	1,421,0 A	15,4 A	0,40 B	

INTERPRETACION	
LAC = Acido LAI = Liger. Acido FN = Franc. Neutro RC = Requieren Cal	pH N = Neutro LAI = Liger. Alcalino AI = Alcalino RC = Requieren Cal
Elementos B = Bajo M = Medio A = Alto T = Tóxico (Boro)	

METODOLOGIA USADA
 pH = Suelo: agua (1:2,5)
 S, B = Fósforo de Calcio
 P, K, Ca, Mg = Olsen Modificado
 Cu, Fe, Mn, Zn = Olsen Modificado
 B = Cincumina



LABORATORISTA


RESPONSABLE LABORATORIO



INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito-Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS


<p>DATOS DEL PROPIETARIO</p> <p>Nombre : PROYECTO INIAP-LEVAPAN Dirección : CUTUGLAGUA Ciudad : Teléfono : Fax :</p>	<p>DATOS DE LA PROPIEDAD</p> <p>Nombre : E.E.S.C GANADERIA Provincia : PICHINCHA Cantón : MEJIA Parroquia : CUTUGLAGUA Ubicación : EGDO. RUSBEL JARAMILLO</p>	<p>PARA USO DEL LABORATORIO</p> <p>Cultivo Actual : PASTO Fecha de Muestreo : 20/04/2009 Fecha de Ingreso : 20/04/2009 Fecha de Salida : 23/04/2009</p>
---	--	--

N° Muestr. Laborat.	meq/100ml			dS/m		Ca+Mg		%		ppm		Textura (%)		Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	Ca	Mg	K	Σ Bases	N Tot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
44685	1,00 M				4,57	6,18	34,41	13,04						
44686					5,11	5,00	30,56	11,36						
44687					5,21	4,04	25,11	12,27						
44688					5,37	4,52	28,81	12,52						
44689					5,50	3,21	20,89	12,26						
44690					5,37	3,39	21,61	12,66						
44691	0,60 M				5,26	4,52	28,33	12,92						
44692					4,78	4,50	26,00	10,80						
44693					6,12	4,47	31,84	12,48						
44694					6,41	4,72	35,00	12,96						
44695					6,33	4,19	30,70	13,63						
44696					4,35	3,64	19,45	11,25						
44697					4,89	3,52	20,74	11,74						
44698					4,72	5,81	33,23	10,61						

<p>INTERPRETACION</p> <p>Al+H, Al y Na : B = Bajo NS = No Salino S = Salino C.E. : B = Bajo</p>	<p>ABREVIATURAS</p> <p>C.E. = Conductividad Eléctrica M.O. = Materia Orgánica</p>
--	--



RESPONSABLE LABORATORIO

METODOLOGIA USADA
 C.E. = Pasta Saturada
 M.O. = Dicromato de Potasio
LABORATORISTA



INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS


DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: PROYECTO INIAP-LEVAPAN	Nombre	: E.E.S.C GANADERIA	Cultivo Actual	: PASTO
Dirección	: CUTUGLAGUA	Provincia	: PICHINCHA	Fecha de Muestreo	: 20/04/2009
Ciudad	:	Cantón	: MEJIA	Fecha de Ingreso	: 20/04/2009
Teléfono	:	Parroquia	: CUTUGLAGUA	Fecha de Salida	: 23/04/2009
Fax	:	Ubicación	: EGDO. RUSBEL JARAMILLO		

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm		meq/100ml					ppm				
			NH ₄	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
44699	T1 R3	5,7 LAc	84,00 A*	37,00 A	7,60 B	0,26 M	11,50 A	1,50 M	6,8 M	7,2 A	1,099,0 A	12,0 M	0,40 B	
44700	T2 R3	5,7 LAc	93,00 A	38,00 A	8,50 B	0,51 A	8,50 A	1,70 A	5,0 M	5,8 A	1,667,0 A	18,1 A	0,40 B	
44701	T3 R3	5,8 LAc	92,00 A	37,00 A	10,00 B	0,42 A	10,40 A	1,70 A	6,2 M	6,2 A	1,093,0 A	12,7 M	0,30 B	
44702	T4 R3	5,7 LAc	95,00 A	35,00 A	11,00 B	0,60 A	8,30 A	1,90 A	5,0 M	5,5 A	1,310,0 A	16,3 A	0,40 B	
44703	T5 R3	5,8 LAc	91,00 A	38,00 A	13,00 M	0,64 A	9,30 A	2,00 A	6,6 M	6,5 A	1,099,0 A	15,8 A	0,50 B	
44704	T6 R3	5,8 LAc	80,00 A	39,00 A	14,00 M	0,49 A	11,50 A	1,80 A	7,4 A	6,6 A	1,312,0 A	11,6 M	0,50 B	
44705	T7 R3	5,7 LAc	100,00 A	34,00 A	7,30 B	0,50 A	9,10 A	2,10 A	5,2 M	6,4 A	1,807,0 A	18,3 A	0,40 B	
44706	T1 R4	5,7 LAc	104,00 A*	37,00 A	3,50 B	0,59 A	8,80 A	2,20 A	4,7 M	7,2 A	2,206,0 A	20,2 A	0,40 B	
44707	T2 R4	5,7 LAc	84,00 A	39,00 A	12,00 M	0,35 M	11,10 A	1,90 A	6,3 M	8,5 A	1,145,0 A	13,6 M	0,40 B	
44708	T3 R4	5,7 LAc	125,00 A*	46,00 A	10,00 B	0,61 A	8,60 A	2,10 A	5,8 M	9,1 A	2,522,0 A	23,9 A	0,40 B	
44709	T4 R4	5,8 LAc	73,00 A	38,00 A	13,00 M	0,41 A	10,40 A	1,80 A	6,3 M	8,4 A	1,114,0 A	12,9 M	0,40 B	
44710	T5 R4	5,8 LAc	92,00 A	25,00 A	13,00 M	0,81 A	9,10 A	2,20 A	4,8 M	7,6 A	1,322,0 A	15,0 M	0,30 B	
44711	T6 R4	5,8 LAc	89,00 A	29,00 A	17,00 M	0,71 A	9,00 A	2,10 A	4,8 M	7,5 A	1,254,0 A	14,9 M	0,40 B	
44712	T7 R4	5,8 LAc	73,00 A	31,00 A	2,60 B	0,26 M	10,20 A	1,80 A	4,8 M	7,2 A	955,0 A	9,8 M	0,50 B	

METODOLOGIA USADA
 pH = Suelo, agua (1:2,5)
 P K Ca Mg = Olsen Modificado
 S, B = Fosfato de Calcio
 Cu Fe Mn Zn = Curcumina


INTERPRETACION	
pH	Elementos
Ac = Acido	N = Neutro
LAc = Liger. Acido	LAI = Liger. Alcalino
PN = Prac. Neutro	AI = Alcalino
RC = Requieren Cal	T = Tóxico (Bero)


RESPONSABLE LABORATORIO
LABORATORISTA



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p>DATOS DEL PROPIETARIO</p> <p>Nombre : PROYECTO INIAP-LEVAPAN Dirección : CUTUGLAGUA Ciudad : Teléfono : Fax :</p>	<p>DATOS DE LA PROPIEDAD</p> <p>Nombre : E.E.S.C GANADERIA Provincia : PICHINCHA Cantón : MEJIA Parroquia : CUTUGLAGUA Ubicación : EGDO. RUSBEL JARAMILLO</p>	<p>PARA USO DEL LABORATORIO</p> <p>Cultivo Actual : PASTO Fecha de Muestreo : 20/04/2009 Fecha de Ingreso : 20/04/2009 Fecha de Salida : 23/04/2009</p>
---	--	--

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m		Ca	Mg	K	Ca+Mg	Σ Bases	%	Textura (%)			
	Al+H	Al	Na	C.E.	Cl							Arena	Limo	Areilla	Clase Textural
44699						7,67	5,77	50,00	13,26						
44700						5,00	3,33	20,00	10,71						
44701						6,12	4,05	28,81	12,52						
44702						4,37	3,17	17,00	10,80						
44703						4,65	3,13	17,66	11,94						
44704						6,39	3,67	27,14	13,79						
44705						4,33	4,20	22,40	11,70						
44706						4,00	3,73	18,64	11,59						
44707						5,84	5,43	37,14	13,35						
44708						4,10	3,44	17,54	11,31						
44709						5,78	4,39	29,76	12,61						
44710						4,14	2,72	13,95	12,11						
44711						4,29	2,96	15,63	11,81						
44712						5,67	6,92	46,15	12,26						

INTERPRETACION	ABREVIATURAS	METODOLOGIA USADA
AH, Al, Na : B = Bajo NS = No Salino S = Salino C.E. : B = Bajo M.O. y Cl : B = Bajo	C.E. = Conductividad Eléctrica M.O. = Materia Orgánica	C.E. = Pasta Saturada M.O. = Dieromato de Potasio


RESPONSABLE LABORATORIO
LABORATORISTA




INstituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

ES. ACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO																	
Nombre : PROYECTO INIAP-LEVAPAN		Nombre : GANADERIA		Cultivo : RAY GRASS																	
Dirección : CUTUGLAGUA		Provincia : PICHINCHA		Fecha de Muestreo : 30/03/2009																	
Ciudad :		Cantón : MEJIA		Fecha de Ingreso : 20/04/2009																	
Teléfono :		Parroquia : CUTUGLAGUA		Fecha de Salida : 24/04/2009																	
Fax :		Ubicación : EGDO. RUSBEL JARAMILLO																			
N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	M.O.										ppm									
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na						
20359	T1 GRAMINEAS	1,37 B	0,39 S	2,42 S	0,65 A	0,20 S	0,18 B		6,3 B	40,1 A	8,0 A	112,0	128,2 A								
20360	T1 LEGUMINOSAS	3,18	0,24	2,78	1,50	0,33	0,10		20,7	49,7	14,2	159,3	76,3								
20361	T1 MALEZAS	2,17	0,37	2,72	1,01	0,33	0,20		18,2	48,0	13,7	268,0	180,1								
20362	T2 GRAMINEAS	1,44 B	0,25 B	2,71 A	1,47 A	0,16 S	0,17 B		7,8 B	34,2 A	8,7 A	102,1	101,8 A								
20363	T2 LEGUMINOSAS	3,46	0,24	3,32	1,36	0,33	0,15		22,8	46,7	18,6	142,4	64,3								
20364	T2 MALEZAS	1,80	0,22	1,66	0,68	0,24	0,16		15,8	68,1	7,0	161,2	114,8								
20365	T3 GRAMINEAS	1,52 B	0,31 B	2,93 A	0,50 A	0,19 S	0,20 B		5,4 B	30,8 A	18,6 A	136,1	120,9 A								
20366	T3 LEGUMINOSAS	3,46	0,23	3,59	1,25	0,31	0,17		19,0	41,0	18,3	143,6	77,8								
20367	T3 MALEZAS	1,80	0,32	2,81	0,79	0,28	0,20		22,0	44,4	23,9	399,7	192,1								
20368	T4 GRAMINEAS	1,37 B	0,32 B	2,96 A	0,40 A	0,17 S	0,20 B		5,4 B	29,2 A	11,5 A	113,7	112,1 A								
20369	T4 LEGUMINOSAS	3,46	0,25	3,51	1,29	0,31	0,13		19,5	45,5	15,2	134,0	79,6								
20370	T4 MALEZAS	2,29	0,39	3,43	0,90	0,35	0,22		12,0	51,7	17,5	216,6	201,6								
20371	T5 GRAMINEAS	1,37 B	0,31 B	2,91 A	0,45 A	0,19 S	0,26 B		7,1 B	28,7 A	33,1 A	112,2	134,6 A								
20372	T5 LEGUMINOSAS	3,54	0,15	2,72	0,82	0,22	0,10		14,9	45,1	15,5	100,1	48,0								
20373	T5 MALEZAS	2,45	0,34	3,68	0,93	0,35	0,36		15,8	46,1	14,9	189,2	189,6								
20374	T6 GRAMINEAS	1,44 B	0,31 B	3,00 A	0,47 A	0,20 S	0,21 B		7,1 B	29,4 A	19,0 A	112,4	110,4 A								
20375	T6 LEGUMINOSAS	3,54	0,23	3,52	1,15	0,32	0,15		14,1	44,0	19,2	134,0	70,7								
20376	T6 MALEZAS	1,73	0,36	3,02	0,92	0,32	0,22		14,9	42,9	15,6	238,7	181,3								
20377	T7 GRAMINEAS	1,44 B	0,32 B	2,90 A	1,49 A	0,36 A	0,28 S		7,8 B	31,8 A	13,4 A	130,5	127,5 A								
20378	T7 LEGUMINOSAS	3,68	0,21	3,10	1,21	0,49	0,13		13,3	36,0	19,0	251,0	55,7								
20379	T7 MALEZAS	1,88	0,33	2,91	0,85	0,44	0,19		20,3	39,1	13,6	247,3	137,7								


RESPONSABLE LABORATORIO
LABORATORISTA

ANEXO IX. Metodología Utilizada para la Determinación de Biomasa Microbiana en el Suelo.

Muestreo, preparación y almacenamiento del suelo:

Se debe recoger una muestra significativa ya que al ser tratadas estáticamente tendrán más significancia en la determinación de la Biomasa microbiana del suelo. Un reconocimiento del sitio deberá ser usado para separar las áreas sin características o no representativas del lote en general. Ejemplos de estas son áreas pobres, agotadas esas pueden ser muestreadas separadamente. Un mínimo de cuatro (preferiblemente más) replicas son requeridas para reducir alrededor del 10%.

El suelo es muestreado removiendo una profundidad conocida. El suelo deberá ser removido desde donde pegan los rayos solares directo y se recolecta dos muestras a profundidades de 0 a 5cm y de 5 a 10cm en cada tratamiento a ser analizado con su respectiva identificación. El suelo puede ser almacenado en la noche a 15⁰ C cuando la determinación de biomasa microbiana del suelo va a ser realizada al día siguiente; el suelo puede ser almacenado a 4⁰ C por periodos de una semana, pero la posibilidad de cambios ocurridos durante este periodo de almacenamiento debe ser considerado. El congelamiento de las muestras de suelo no es recomendable debido a los efectos biocidas adversos sobre la biomasa microbiana del suelo. Si las muestras van a ser congeladas, ellas deberían estar pre-incubadas de 7 a 10 días antes de la determinación de biomasa. El secamiento de las muestras de suelo debe ser estrictamente evitado.

Las muestras de suelo son tamizadas en un cedazo de 4 a 6 mm de apertura. Ya que este tamaño de malla no causa efectos a la biomasa microbiana del suelo. Cuando los suelos son demasiado húmedos para ser tratados los mismos deberán ser secados a una humedad adecuada de 55% de la capacidad de retención de agua ya que la determinación de biomasa microbiana del suelo no trabaja bien para muestras saturadas de agua.

MÉTODOS FISIOLÓGICOS

Método de Fumigación con Cloroformo e Incubación.

El efecto de la fumigación en el metabolismo del suelo fue establecido tempranamente durante esta década. La tasa de respiración de un suelo fumigado es inicialmente poco comparado con una muestra sin fumigar, pero mientras más transcurre el tiempo la tasa de respiración del suelo fumigado excede a la muestra no fumigada y eventualmente disminuye a un nivel más bajo. El flujo temporal de CO₂ desde el suelo fumigado es principalmente debido a la descomposición de los componentes microbianos de la lisis de los microorganismos. En adición, un incremento de NH₄⁺ es el resultado de la mineralización del Nitrógeno de la lisis de los microorganismos. El incremento de CO₂ y NH₄⁺ extraíble desde las muestras fumigadas han sido usadas para estimar el tamaño de la biomasa del suelo.

Muestras de Suelo

La cantidad de suelo usado dependerá de la tasa de respiración o requerimiento para cubrir y añadir trazas. Generalmente de 20 a 50 gr (peso equivalente en seco) de suelo es colocado en un contenedor de tamaño apropiado, este debe permitir la colocación y extracción, si el suelo está seco es apropiado añadirle 2 ml de agua. Las muestras de suelo deben ser analizadas sobre N inorgánico inicial. Las muestras fumigadas y el control son analizadas para determinar el C y el N mineralizado. Es preferible un análisis duplicado de cada muestra de suelo; las muestras a ser fumigadas deben ser pesadas y colocadas dentro del desecador y el mismo debe ser resistente al cloroformo intenso.

Fumigación de las Muestras de suelo.

Dado que el cloroformo presenta propiedades cancerígenas y volátiles, todo el trabajo debe ser realizado en una adecuada campana extractora de olores. Un recipiente que contenga 50 ml de cloroformo libre de etanol y gránulos antiburbujeantes es colocado junto con las muestras de suelo dentro del desecador al vacío. El desecador es alineado con toalla de papel y esponja húmedos para prevenir la desecación de las muestras de suelo durante la fumigación. Se utiliza cloroformo libre de etanol preservado con heptacloro epóxido obteniendo resultados similares al del cloroformo purificado.

El desecador es evacuado hasta hacer hervir el cloroformo vigorosamente. Esto se repite por tres veces, dejando pasar aire dentro del desecador para facilitar la distribución del cloroformo en todo el suelo. El desecador es evacuado por cuarta vez hasta que el cloroformo hierva vigorosamente por dos minutos, se cierra la válvula del desecador y este es colocado en obscuridad total a 25⁰ C en un tiempo de 18 a 24 horas. Las muestras también son mantenidas en la obscuridad en los recipientes adecuados para ser manipulados.

Siguiendo este periodo, el cloroformo y las toallas de papel y esponja húmedas son retiradas, debajo de la campana extractora de olores, el desecador es evacuado tres minutos por ocho veces dejando pasar aire dentro del desecador después de cada evacuación para remover el residuo de cloroformo. Nunca determinar el residuo del cloroformo por sentido del olfato.

Continuando con la remoción del cloroformo, las muestras de suelo fumigadas son colocadas en los recipientes adecuados. La incubación es muchas veces no esencial en suelos con pH > 5 y alta población microbiana, desde el proceso de fumigación no mata a la población entera de la biomasa microbiana del suelo. La inoculación de la sub capa de suelo es con frecuencia necesario. Las muestras de suelo son ajustadas a un óptimo contenido de humedad del suelo (55% de la capacidad de retención de agua). Los suelos puestos a la desnitrificación pueden ser ajustados al más bajo contenido de agua para reducir la pérdida de gas N. Aproximadamente 2.0 ml de agua es añadido en vasos pequeños al fondo de cada recipiente para prevenir la desecación del suelo. Así como también en un vaso pequeño se coloca 2 ml de NaOH para luego de la incubación proceder con la titulación respectiva.

Los suelos tanto fumigado y no fumigados son cerrados herméticamente en los recipientes y llevados a incubar bajo condiciones estándares a 25⁰ C y en obscuridad por un periodo de 10 días.

Titulación.

Luego del proceso de incubación se saca los vasos que estaban colocados dentro de los recipientes y realizamos la debidas titulaciones con Fenolftaleina y Anaranjado de Metilo.

Se añade al vaso con Hidróxido de Sodio (NaOH) de cada recipiente, 1 ml de Cloruro de Bario (Cl₂Ba) más 2 o 3 gotas de fenolftaleína y se procede a titular con HCl y se anota el volumen; luego se añade 2 o 3 gotas de anaranjado de metilo y se precede nuevamente a titular y se anota el volumen respectivo.

Con los datos obtenidos en todo el proceso de determinación de biomasa microbiana y las formulas planteadas se llega a la interpretación de datos para conocer la cantidad de Carbonatos y Bicarbonatos asociados con la liberación de CO₂.

El incremento de CO₂ y NH₄⁺ extraíble desde las muestras fumigadas han sido usadas para estimar el tamaño de la biomasa del suelo.

Titulación y Adaptación de la Metodología

A la muestra fumigada y sin fumigar, adicionar de dos a tres gotas de fenolftaleína; si se produce color rosa, titular con HCL, adicionando gota a gota hasta que el color desaparezca.

A la solución incolora de la primera titulación o a la muestra original, sino da color rosa con fenolftaleína, añadir de dos a tres gotas de anaranjado de metilo; continuar la titulación (sin llenar de nuevo la bureta) hasta llegar al punto de cambio del anaranjado de metilo y registrar el volumen total de ácido clorhídrico consumido. Debe usarse un blanco usando todos los reactivos para hacer las correcciones.

Para facilitar los cálculos se incluye el Cuadro 1 similar a la publicada por la American Health Association (1946).

Cuadro 1. Valores de titulación para la obtención de carbonatos y bicarbonatos.

Resultado de la titulación	Valor de titulación relacionado a cada ión		
	OH ⁻	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻
Vf* = 0	0	0	VT**
Vf < ½VT	0	2 Vf	VT - 2 Vf
Vf = ½ VT	0	2 Vf	0
Vf > ½ VT	2Vf - VT	2 (VT-Vf)	0
Vf = VT	VT	0	0

* Vf = Titulación al punto de vire para la fenolftaleína;

** VT = Titulación total al punto de vire del anaranjado de metilo.

Cálculos

CARBONATOS: mg CO₃⁼ =

$$\frac{(V_m - V_b)\text{ml}}{1000 \text{ ml}} \left| \frac{1,1696 \text{ mol HCL}}{2 \text{ mol HCL}} \right| \frac{1 \text{ mol CO}_3}{1 \text{ mol CO}_3} \left| \frac{12000 \text{ mg C-CO}_2}{1 \text{ mol CO}_3} \right| (A) \text{ mg C-CO}_2$$

Los resultados se expresan en Suelo seco se hace la debida simplificación:

$$\frac{(A) \text{ mg C-CO}_2}{25 \text{ gr. SH}} \left| \frac{(B) \text{ gr. SH}}{(C) \text{ gr. SS}} \right|$$

BICARBONATOS: mg HCO₃⁻ =

$$\frac{(V_m - V_b)\text{ml}}{1000 \text{ ml}} \left| \frac{1,1696 \text{ mol HCL}}{1 \text{ mol HCL}} \right| \frac{1 \text{ mol CO}_3}{1 \text{ mol CO}_3} \left| \frac{12000 \text{ mg C-CO}_2}{1 \text{ mol CO}_3} \right| (A) \text{ mg HCO}_3^-$$

Los resultados se expresan en Suelo seco se hace la debida simplificación

$$\frac{(A) \text{ mg HCO}_3^-}{25 \text{ gr. SH}} \left| \frac{(B) \text{ gr. SH}}{(C) \text{ gr. SS}} \right|$$

Donde:

V_m = Volumen de la muestra

V_b = Volumen del Blanco

BIOMASA:

La Biomasa es la diferencia entre la suma de Carbonatos y Bicarbonatos provenientes del suelo sin fumigar y el fumigado.

$$\text{Biomasa} = \frac{\text{SF} - \text{F}}{\text{K}}$$

Donde:

SF: Suelo Sin Fumigar

F: Suelo Fumigado

k : 0,43 (constante).

