

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

**“RESPUESTA DE UNA MEZCLA FORRAJERA ESTABLECIDA DE
CLIMA FRÍO, A LA APLICACIÓN DE SILICATO DE MAGNESIO”**

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

SOFÍA JUDITH PULGARÍN PULLAS

gomixsp@yahoo.com

DIRECTOR: ING. JOSÉ VELÁSQUEZ MS.c.

jose.velasquez@iniap.gob.ec

CODIRECTOR: ING. PATRICIO CASTILLO PhD.

pesd@yahoo.com

Quito, Junio de 2011

© Escuela Politécnica Nacional 2011

Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Sofía Judith Pulgarín Pullas, 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 puede 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.

Sofía Judith Pulgarín Pullas

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Sofía Judith Pulgarín Pullas, bajo mi supervisión.

Ing. José Velásquez MS.c.
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Patricio Castillo PhD.
CODIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por su infinita bondad al darme la oportunidad de culminar mis estudios con éxito, porque solo él con su corazón lleno de amor nos perdona y nos da la gracia de ser alguien en la vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme vida y salud durante todos estos años para alcanzar mis objetivos y por estar conmigo siempre en las buenas y en las malas.

A mis padres Mentor y Carme, por su comprensión y ayuda en todo momento, por haberme enseñado a encarar las adversidades de la vida sin desfallecer, por brindarme el amor sincero que solo los padres pueden entregar a sus hijos sin pedir nunca nada a cambio.

Al Ing. José Velásquez, por su amistad, apoyo y motivación constante durante el desarrollo de mi proyecto de titulación, al Ing. Patricio Castillo PhD por su paciencia, su conocimiento y experiencia al momento de las correcciones, a la Ing. Lucía Toledo por las sugerencias y consejos emitidos. Por todo esto quiero darles las gracias y decirles que me siento muy orgullosa de tan prestigioso tribunal que también forma parte de la Escuela Politécnica Nacional.

Al Ing. Luis Rodríguez ex director de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, por su colaboración en las actividades realizadas durante la fase experimental de mi proyecto de titulación.

A mi novio Carlos por su comprensión, empuje, apoyo y por el amor que me ha brindado, gracias por confiar en mi capacidad como persona, como estudiante y ahora como profesional.

Y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron conmigo en la elaboración de este trabajo, me quedo muy agradecida y a la vez satisfecha de haber aprendido algo de cada una de las personas antes mencionadas.

A todos ellos,

Muchas gracias de todo corazón.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
GLOSARIO	xiv
RESUMEN	xvi
INTRODUCCION	xviii
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	1
1.1. MEZCLAS FORRAJERAS.....	1
1.1.1. Gramíneas.....	2
1.1.1.1. Pasto azul.....	3
1.1.1.2. Rye grass perenne.....	4
1.1.1.3. Rye grass anual.....	5
1.1.2. Leguminosas.....	6
1.1.2.1. Trébol blanco.....	7
1.1.2.2. Trébol rojo.....	8
1.1.3. Valor nutritivo de las mezclas forrajeras.....	9
1.1.3.1. Proteína cruda.....	10
1.1.3.2. Fibra bruta.....	10
1.1.3.2.1. Fibra detergente ácida (FDA).....	11
1.1.3.2.2. Fibra detergente neutra (FDN).....	11
1.1.3.3. Materia seca.....	12
1.1.4. Consumo voluntario.....	12
1.2. FERTILIZACIÓN DEL SUELO.....	13
1.2.1. Macronutrientes o elementos esenciales.....	15
1.2.1.1. Macronutrientes primarios.....	15
1.2.1.1.1. Nitrógeno.....	15
1.2.1.1.2. Fósforo.....	16
1.2.1.1.3. Potasio.....	18
1.2.1.2. Macronutrientes secundarios.....	19
1.2.1.2.1. Calcio.....	19
1.2.1.2.2. Magnesio.....	19
1.2.1.2.3. Azufre.....	20

1.2.2.	Micronutrientes u oligoelementos.....	21
1.2.2.1.	Materia orgánica.....	21
1.2.2.2.	Silicio.....	22
1.2.3.	Silicato de magnesio.....	24
1.2.4.	Fertilizantes químicos.....	24
1.2.5.	Abonos orgánicos.....	25
1.3.	LOS RUMIANTES.....	26
1.3.1.	Digestibilidad en los rumiantes.....	27
1.3.2.	Ácidos grasos volátiles.....	28
1.3.3.	Velocidad de paso en el rumen.....	29
2.	METODOLOGÍA.....	31
2.1.	ESTUDIO EN CAMPO.....	31
2.1.1.	Ubicación.....	31
2.1.2.	Descripción agroclimática de la zona.....	31
2.1.3.	Factores en estudio.....	31
2.1.4.	Implantación del ensayo.....	32
2.1.5.	Tratamientos.....	32
2.1.6.	Diseño experimental.....	33
2.1.7.	Análisis inicial del suelo.....	33
2.1.8.	Manejo del experimento.....	34
2.1.8.1.	Corte de igualación.....	34
2.1.8.2.	Manejo y aplicación de los tratamientos.....	34
2.1.8.3.	Cortes.....	34
2.1.9.	Variables morfoagronómicas en estudio.....	35
2.1.9.1.	Altura de planta.....	35
2.1.9.2.	Velocidad de crecimiento.....	35
2.1.9.3.	Vigor de crecimiento.....	35
2.1.9.4.	Cobertura.....	36
2.1.9.5.	Rendimiento.....	36
2.1.9.6.	Vigor de rebrote.....	36
2.1.9.7.	Índice de rebrote.....	37
2.2.	ESTUDIO EN LABORATORIO.....	37
2.2.1.	Análisis de suelo.....	38

2.2.2.	Variables nutricionales en estudio.....	38
2.2.2.1.	Determinación del contenido nutricional de la mezcla forrajera.....	38
2.2.2.1.1.	Determinación de la proteína bruta.....	39
2.2.2.1.2.	Determinación de la fibra bruta.....	39
2.2.2.1.3.	Determinación del porcentaje de humedad.....	40
2.2.2.2.	Determinación del porcentaje de FDA.....	41
2.2.2.3.	Determinación del porcentaje de FDN.....	42
2.2.2.4.	Determinación de la digestibilidad <i>in vitro</i>	42
2.3.	ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO.....	44
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
3.1.	VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS.....	45
3.1.1.	Altura de planta.....	45
3.1.2.	Número de macollos/planta.....	50
3.1.3.	Porcentaje de cobertura.....	55
3.1.4.	Rendimiento de materia verde.....	61
3.1.5.	Índice de rebrote.....	65
3.1.6.	Velocidad de rebrote.....	69
3.1.7.	Vigor de crecimiento.....	71
3.1.8.	Vigor rebrote.....	72
3.2.	VARIABLES NUTRICIONALES.....	73
3.2.1.	Digestibilidad.....	73
3.2.2.	Materia seca.....	76
3.2.3.	Fibra.....	79
3.2.4.	Fibra detergente neutra.....	81
3.2.5.	Fibra detergente ácida.....	84
3.2.6.	Proteína.....	87
3.3.	CONTENIDOS EN EL SUELO.....	89
3.3.1.	Nitrógeno.....	89
3.3.2.	Fósforo.....	91
3.3.3.	Potasio.....	92
3.3.4.	Calcio.....	93

3.3.5. Magnesio.....	94
3.3.6. Azufre.....	96
3.3.7. Materia orgánica.....	97
3.4. ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO.....	98
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
4.1. CONCLUSIONES.....	102
4.2. RECOMENDACIONES.....	104
BIBLIOGRAFÍA.....	105
ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

TABLA 1.	Composición del silicato de magnesio.....	24
TABLA 2.	Codificación de los tratamientos del proyecto de Investigación.....	32
TABLA 3.	Esquema de análisis de varianza (ANOVA).....	33
TABLA 4.	Métodos utilizados en el análisis de suelos.....	33
TABLA 5.	Escala de vigor de crecimiento.....	35
TABLA 6.	Escala de cobertura.....	36
TABLA 7.	Escala de vigor de rebrote.....	37
TABLA 8.	Escala de índice de rebrote.....	37
TABLA 9.	Análisis de varianza para altura de planta de una mezcla forrajera bajo tres niveles de fertilización y tres de silicato de magnesio, en tres cortes. INIAP, Cutuglagua, Mejía, Pichincha 2010.....	45
TABLA 10.	Efecto del tipo de fertilización sobre la altura de planta de una mezcla forrajera, Duncan 5%.....	46
TABLA 11.	Efecto del tipo de los niveles de silicato de magnesio sobre la altura de planta en una mezcla forrajera, Duncan 5%.....	47
TABLA 12.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la altura de planta de una mezcla forrajera. Duncan 5%.....	49
TABLA 13.	Análisis de variancia para el número de macollos por planta de una mezcla forrajera bajo tres niveles de fertilización y tres de silicio, en tres cortes. INIAP, Cutuglagua, Mejía, Pichincha 2010.....	50
TABLA 14.	Efecto del tipo de fertilización sobre el número de macollos por planta de una mezcla forrajera, Duncan al 5%.....	51

TABLA 15.	Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre el número de macollos por planta de una mezcla forrajera, Duncan 5%.....	52
TABLA 16.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el número de macollos por planta de una mezcla forrajera. Duncan 5%.....	53
TABLA 17.	Análisis de varianza para el porcentaje de cobertura una mezcla forrajera bajo tres tipos de fertilización y tres de silicio, en tres cortes. INIAP, Cutuglagua, Pichincha 2010.....	55
TABLA 18.	Efecto del tipo de fertilización sobre el porcentaje de cobertura de una mezcla forrajera. Duncan 5%.....	56
TABLA 19.	Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre el porcentaje de cobertura de una mezcla forrajera, Duncan 5%.....	57
TABLA 20.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el porcentaje de cobertura de una mezcla forrajera. Duncan 5%.....	59
TABLA 21.	Análisis de varianza para el rendimiento en ton/ha de materia verde de una mezcla forrajera bajo tres niveles de fertilización y tres de silicio, en tres cortes. INIAP, Cutuglagua, Mejía, Pichincha 2010.....	60
TABLA 22.	Efecto del tipo de fertilización sobre el rendimiento en ton/ha de materia verde de una mezcla forrajera, Duncan 5%.....	61
TABLA 23.	Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre el rendimiento de materia verde de una mezcla forrajera, Duncan 5%.....	62
TABLA 24.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el rendimiento de materia verde de una mezcla forrajera. Duncan 5%.....	64
TABLA 25.	Análisis de variancia para el índice de rebrote de una mezcla forrajera bajo tres niveles de fertilización y	

	tres de silicio, en tres cortes. INIAP, Cutuglagua, Mejía, Pichincha 2010.....	65
TABLA 26.	Efecto del tipo de fertilización sobre el índice de rebrote de una mezcla forrajera. Duncan 5%.....	66
TABLA 27.	Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre el número de macollos por planta de una mezcla forrajera. Duncan 5%.....	67
TABLA 28.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el índice de rebrote de una mezcla forrajera. Duncan 5%.....	68
TABLA 29.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y de niveles de silicato de magnesio sobre la velocidad de rebrote de una mezcla forrajera en el primer corte.....	70
TABLA 30.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y de niveles de silicato de magnesio sobre la velocidad de rebrote de una mezcla forrajera en el segundo corte.....	70
TABLA 31.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y de niveles de silicato de magnesio sobre la velocidad de rebrote de una mezcla forrajera en el tercer corte.....	71
TABLA 32.	Vigor de crecimiento para cada uno de los tratamientos en estudio en base a tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio.....	72
TABLA 33.	Vigor de rebrote para cada uno de los tratamientos en estudio en base a tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio.....	73
TABLA 34.	Efecto del tipo de fertilización sobre la digestibilidad (%) de una mezcla forrajera.....	74
TABLA 35.	Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre la digestibilidad (%) de una mezcla forrajera.....	75
TABLA 36.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la digestibilidad (%) de una mezcla forrajera.....	76

TABLA 37.	Efecto del tipo de fertilización sobre la materia seca (%) de una mezcla forrajera.....	77
TABLA 38.	Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre la materia seca (%) de una mezcla forrajera.....	78
TABLA 39.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el porcentaje de materia seca de una mezcla forrajera.....	79
TABLA 40.	Efecto del tipo de fertilización sobre la fibra (%) de una mezcla forrajera.....	79
TABLA 41.	Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre la fibra (%) de una mezcla forrajera.....	80
TABLA 42.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la fibra (%) de una mezcla forrajera.....	81
TABLA 43.	Efecto del tipo de fertilización sobre la F.D.N. (%) de una mezcla forrajera.....	82
TABLA 44.	Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre la F.D.N. (%) de una mezcla forrajera.....	83
TABLA 45.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la F.D.N. (%) de una mezcla forrajera.....	84
TABLA 46.	Efecto del tipo de fertilización sobre la F.D.A. (%) de una mezcla forrajera.....	84
TABLA 47.	Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre la F.D.A. (%) de una mezcla forrajera.....	85
TABLA 48.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la F.D.A. (%) de una mezcla forrajera.....	86
TABLA 49.	Efecto del tipo de fertilización sobre la proteína (%) de una mezcla forrajera.....	87
TABLA 50.	Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre la proteína (%) de una mezcla forrajera.....	88

TABLA 51.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la proteína (%) de una mezcla forrajera.....	89
TABLA 52.	Contenido de nitrógeno en el suelo inicial, después del primero y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio.....	90
TABLA 53.	Contenido de fósforo en el suelo inicial, después del primero y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio.....	91
TABLA 54.	Contenido de potasio en el suelo inicial, después del primero corte y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio.....	92
TABLA 55.	Contenido de calcio en el suelo inicial, después del primer corte y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio.....	94
TABLA 56.	Contenido de magnesio en el suelo inicial, después del primer corte y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio.....	95
TABLA 57.	Contenido de azufre en el suelo inicial, después del primer corte y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio.....	96
TABLA 58.	Contenido de materia orgánica en el suelo inicial, después del primer corte y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio.....	97
TABLA 59.	Análisis beneficio/costo de los diez tratamientos aplicados, una mezcla forrajera durante tres cortes, estimados para una hectárea de terreno.....	99
TABLA 60.	Promedios del primer y tercer corte correspondiente al porcentaje de proteína y digestibilidad de la mezcla forrajera en cada uno de los tratamientos.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

FIGURA 1.	Altura de planta de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización.....	47
FIGURA 2.	Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre la altura de planta de la mezcla forrajera en tres cortes.....	48
FIGURA 3.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la altura de planta de la mezcla forrajera en tres cortes, en comparación con la fertilización química más la fertilización orgánica.....	49
FIGURA 4.	Número de macollos/planta de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización.....	52
FIGURA 5.	Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre el número de macollos/planta de la mezcla forrajera en tres cortes.....	53
FIGURA 6.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el número de macollos/planta de la mezcla forrajera en tres cortes, en comparación con la fertilización química más la fertilización orgánica.....	54
FIGURA 7.	Porcentaje de cobertura de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización.....	56
FIGURA 8.	Porcentaje de cobertura de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres niveles de silicato de magnesio.....	57
FIGURA 9.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el porcentaje de cobertura de la mezcla forrajera en tres cortes, en comparación con la fertilización química más la fertilización orgánica.....	58
FIGURA 10.	Rendimiento de materia verde de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en tres cortes.....	62
FIGURA 11.	Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre el	

	rendimiento de materia verde de la mezcla forrajera, en tres cortes.....	63
FIGURA 12.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el rendimiento de materia verde (ton/ha) de la mezcla forrajera en tres cortes, en comparación con la fertilización química más la fertilización orgánica.....	64
FIGURA 13.	Índice de rebrote de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en tres cortes.....	66
FIGURA 14.	Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre el índice de rebrote de la mezcla forrajera en tres cortes.....	67
FIGURA 15.	Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el índice de rebrote de la mezcla forrajera en tres cortes, en comparación con la fertilización química más la fertilización orgánica.....	69
FIGURA 16.	Porcentaje de digestibilidad de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en dos cortes.....	74
FIGURA 17.	Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre la digestibilidad de la mezcla forrajera en dos cortes.....	75
FIGURA 18.	Porcentaje de materia seca de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en dos cortes.....	77
FIGURA 19.	Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre el porcentaje de materia seca de la mezcla forrajera en dos cortes.....	78
FIGURA 20.	Porcentaje de fibra de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en dos cortes.....	80
FIGURA 21.	Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre el porcentaje de fibra de la mezcla forrajera, en dos cortes.....	80
FIGURA 22.	Porcentaje de F.D.N. de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en dos cortes.....	82
FIGURA 23.	Efecto de los niveles del silicato de magnesio en kg/ha sobre porcentaje de F.D.N. de la mezcla forrajera en dos cortes.....	83

FIGURA 24.	Porcentaje de F.D.A. de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en dos cortes.....	85
FIGURA 25.	Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre el porcentaje de F.D.A. de la mezcla forrajera en dos cortes.....	86
FIGURA 26.	Porcentaje de proteína de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en dos cortes.....	87
FIGURA 27.	Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre el porcentaje de proteína de la mezcla forrajera en dos cortes.....	88
FIGURA 28.	Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de nitrógeno en el suelo.....	90
FIGURA 29.	Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de fósforo en el suelo.....	92
FIGURA 30.	Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de potasio en el suelo.....	93
FIGURA 31.	Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de calcio en el suelo.....	94
FIGURA 32.	Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de magnesio en el suelo.....	95
FIGURA 33.	Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de azufre en el suelo.....	96
FIGURA 34.	Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de materia orgánica en el suelo.....	98

ÍNDICE DE ANEXOS

		PÁGINA
ANEXO 1.	Esquema de distribución de los tratamientos en cada repetición.....	125
ANEXO 2.	Costos de implantación del tratamiento 1 por hectárea de una mezcla forrajera.....	126
ANEXO 3.	Costos de implantación del tratamiento 2 por hectárea de una mezcla forrajera.....	127
ANEXO 4.	Costos de implantación del tratamiento 3 por hectárea de una mezcla forrajera.....	128
ANEXO 5.	Costos de implantación del tratamiento 4 por hectárea de una mezcla forrajera.....	129
ANEXO 6.	Costos de implantación del tratamiento 5 por hectárea de una mezcla forrajera	130
ANEXO 7.	Costos de implantación del tratamiento 6 por hectárea de una mezcla forrajera	131
ANEXO 8.	Costos de implantación del tratamiento 7 por hectárea de una mezcla forrajera	132
ANEXO 9.	Costos de implantación del tratamiento 8 por hectárea de una mezcla forrajera	133
ANEXO 10.	Costos de implantación del tratamiento 9 por hectárea de una mezcla forrajera	134
ANEXO 11.	Costos de implantación del tratamiento 10 por hectárea de una mezcla forrajera	135

GLOSARIO

Nudo:	es la acumulación de tejido meristemático que segmentan un tallo y da lugar al nacimiento de nuevos órganos.
Nervadura	es la distribución de los nervios que componen el tejido vascular de la hoja de una planta.
Espiguilla	es una pequeña espiga formada por una o más flores sentadas o sésiles sobre un raquis articulado.
Macollos	son brotes secundarios que se forman a partir de las yemas axilares o secundarias de la base de la planta.
Raquis	es el eje de una espiga o pluma.
Inflorescencia	es la disposición de las flores sobre las ramas o la extremidad del tallo.
Entrenudo	es la región entre dos nudos consecutivos.
Yema	es un órgano complejo de los vegetales que se forma habitualmente en la axila de las hojas formado por un meristemo apical, a modo de botón escamosos que darán lugar a hojas y flores.
Palatabilidad	es el conjunto de características organolépticas de un alimento, independientemente de su valor nutritivo, que hacen que para un determinado individuo dicho alimento sea más o menos placentero.

Sésil	expresa la falta de un órgano que sirva de pie o soporte.
Simbiosis	es una estrecha relación entre organismos de diferente tipo
Nódulo	son asociaciones simbióticas entre bacterias y plantas superiores.
Foliolo	es cada una de las piezas separadas en que a veces se encuentra dividido el limbo de una hoja.
Estolón	es un brote lateral, normalmente delgado, que nace en la base del tallo de algunas plantas herbáceas y que crece horizontalmente, con respecto al nivel del suelo, de manera epigea o subterránea.
Pecíolo	es el rabillo que une la lámina de una hoja con su base foliar o con el tallo.
Hipomagnesemia	es la deficiencia de magnesio en la sangre.
Lixiviación	es la pérdida o drenaje de un líquido que se encuentra en exceso.
Auxina	es un grupo de fitohormonas que funcionan como reguladoras del crecimiento vegetal.
Regurgitar	expeler por la boca, sin esfuerzo o sacudida de vómito, sustancias sólidas o líquidas contenidas en el esófago o en el estómago.

RESUMEN

El presente trabajo, “RESPUESTA DE UNA MEZCLA FORRAJERA ESTABLECIDA DE CLIMA FRIO, A LA APLICACIÓN DE SILICATO DE MAGNESIO”, evaluó el efecto de la aplicación de silicato de magnesio a una mezcla forrajera establecida de clima frío, frente a la productividad y digestibilidad de la misma, para lo cual, se ubicó el ensayo en las instalaciones del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias Santa Catalina INIAP. Los factores en estudio fueron la fertilización y el silicato de magnesio en tres niveles cada uno. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño de bloques completos al azar (DBCA), en arreglo factorial 3x3+1. Los datos obtenidos de las variables morfoagronómicas, tales como vigor de crecimiento, velocidad de rebrote, altura de planta, vigor de rebrote, índice de rebrote, rendimiento y cobertura fueron analizados estadísticamente y los datos de las variables nutricionales, entre ellas los porcentajes de proteína, digestibilidad, fibra, FDA, FDN y materia seca, se analizaron de forma comparativa con los resultados promedios entregados por el laboratorio de nutrición de INIAP.

Para determinar la efectividad de la aplicación del silicato de magnesio, se realizaron muestreos de suelo para el primero y tercer corte, los mismos que sirvieron para diferenciar cambios después de la aplicación de los tratamientos. También se tomaron muestras de forraje, al mismo tiempo, para analizar el contenido nutricional y la digestibilidad de la mezcla forrajera. Los resultados obtenidos indicaron que sí existieron diferencias significativas para los tratamientos aplicados. Los tratamientos T10 (F1F2), T5 (F1S1) y T9 (F2S2) obtuvieron los mejores rendimientos de materia verde por ha; sin embargo, la mayor cantidad de materia seca se obtuvo con el testigo T1, que alcanzó un promedio de 23.95% en los dos cortes analizados. El incremento en la dosis de silicato de magnesio aumentó el contenido de fibra, por lo cual, los mejores tratamientos fueron T5 (F1S1) con 27.35% y T6 (F1S2), con 27.33%, los menores porcentajes de F.D.N. y F.D.A. se presentaron en el T9 (F2S2), el mismo que, a

su vez, presentó los más altos contenidos de proteína y digestibilidad de la mezcla forrajera con valores de 21.30 y 74.9%, respectivamente.

Los análisis de suelo mostraron que en los tratamientos basados en silicato de magnesio existió un incremento en la disponibilidad del fósforo como es el caso de T3 (F0S2) y T9 (F2S2).

Según el estudio beneficio/costo, el mejor tratamiento fue el T1 (testigo), debido a la baja inversión realizada en la aplicación de dicho tratamiento,

En conclusión, los mejores tratamientos a ser aplicados, según el propósito de la investigación, son el tratamiento T9 (F2S2) ó T5 (F1S2), si el forraje obtenido fuera utilizado como alimento para ganado en producción y, el tratamiento T10 (F1F2) si el pasto obtenido fuera comercializado. No obstante aunque el testigo T1 presentó el mayor beneficio/costo, cabe recalcar que sus características nutricionales fueron las más bajas de todo el ensayo, por lo que la producción de forraje y la productividad de los animales se verían afectadas a corto plazo.

INTRODUCCIÓN

La producción pastoril del Ecuador es muy privilegiada al compararla con otros países y regiones del mundo que poseen las 4 estaciones, en las cuales, su producción debe ser planificada según la disponibilidad forrajera en determinada época del año; sin embargo, en nuestro país las pasturas crecen durante todo el año, de manera que los rumiantes pueden pastorear sin necesidad de energía adicional, lo que se convierte en una ventaja competitiva de la ganadería de leche ecuatoriana frente a otras zonas productivas dedicadas a la explotación ganadera, en otros países del mundo (Batallas, 2008).

Los sistemas de producción ganaderos del Ecuador están basados en el pastoreo directo de los recursos forrajeros, así como también en la administración de suplemento alimenticio como granos, subproductos de cosecha, forrajes almacenados como heno o ensilaje; no obstante, el forraje y los suplementos mencionados varían en su calidad de acuerdo con la especie, la época del año, el estado fisiológico, el tipo y la cantidad de fertilizante aplicado, el momento de corte o de pastoreo y otros factores (Colombatto, 2000).

En la actualidad, las mezclas de pasturas cultivadas son la base de la alimentación de la ganadería al pastoreo y se las considera como la herramienta fundamental para manejar la producción, puesto que son la fuente de alimento más económica que existe; una mezcla de gramíneas con leguminosas ofrece al ganado un alimento completo y balanceado en energía y proteína, por lo que un manejo adecuado de pasturas, así como un sistema de pastoreo controlado o rotacional, permiten optimizar el uso de este recurso de manera que incrementen su productividad y perennidad (Bernal, 2005).

La explotación de pastos tiene como finalidad la producción intensiva del sistema aéreo de las plantas, como son: las ramas tiernas, los tallos y las hojas. Por lo tanto, los nutrientes que se requieren para la producción óptima de los pastizales varían cuantitativamente según el sistema de pastoreo o corte que se maneje. Los pastizales de alta producción son muy exigentes en lo que se refiere a fertilidad

de suelo, ya que una alta cantidad de nutrientes son removidos por la planta en el momento del pastoreo o del corte, lo que hace indispensable la aplicación de cantidades mayores de fertilizantes, para compensar la pérdida de elementos nutritivos del suelo (Sánchez, 2007).

Por tal razón, se considera que el estado de la pastura es el reflejo de lo que contiene el suelo y el estado del animal es el resultado de la calidad nutricional del pasto, por lo que es necesario que los grandes y pequeños ganaderos conozcan las causas, los problemas y las soluciones correspondientes con el manejo de praderas para obtener éxito, en una ganadería basada en sistemas de pastoreo (Basto y Fierro, 1999).

Con estos antecedentes, el presente trabajo busca, determinar y evaluar la respuesta en tamaño, cantidad de biomasa, contenido nutricional y digestibilidad de una mezcla forrajera con la aplicación de silicato de magnesio, así como también analizar la relación beneficio/costo para los tratamientos aplicados.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. MEZCLAS FORRAJERAS

Las pasturas, constituidas como mezclas forrajeras de gramíneas con leguminosas perennes de clima frío, han jugado siempre un papel significativo en la alimentación de los animales rumiantes, debido al incremento del valor nutricional asociado a la combinación, comparado con el obtenido de las especies ofrecidas individualmente. La combinación disminuye los efectos tóxicos de un forraje en particular y, además, mejora las condiciones a nivel digestivo, lo que promueve el consumo voluntario del animal e incrementa la palatabilidad en la dieta (Rosales, 2009).

Las mezclas forrajeras se definen como la interrelación armónica y equilibrada entre dos o más especies, de gramíneas y leguminosas, que considera ciertos arreglos de siembra, para evitar los efectos de competencia, que provoquen el dominio o desplazamiento de alguna de las especies, lo que aseguraría el establecimiento de la pradera en tiempo y espacio (Rojas *et al.*, 2005).

La relación, existente en una mezcla forrajera de leguminosas y gramíneas, respectivamente debe ser 30 y 70% ó 50 y 50% del total de la pradera. Porcentajes menores de leguminosas, en una mezcla forrajera, disminuyen los beneficios que proporcionan al incorporar nitrógeno al suelo, así como el aporte de la cantidad de proteínas y minerales. Por el contrario, porcentajes superiores de leguminosas, en una mezcla forrajera, podrían causar complicaciones digestivas en los animales (Bernal, 1994).

Utilizar leguminosas, en asociación con gramíneas, representa una opción para solucionar el problema de la alimentación del ganado en zonas de clima frío, porque mejora la calidad de la dieta de los animales, en lo referente a los contenidos de carbohidratos, fibra, proteína y minerales (Bastos, 1999).

1.1.1. GRAMÍNEAS

Las gramíneas son plantas monocotiledoneas, que constituyen aproximadamente del 25 al 45% de la cubierta vegetal de la tierra y comprenden alrededor de 10.000 a 11.000 especies, agrupadas en aproximadamente 650 a 800 géneros (García *et al.*, 2005).

Como característica fundamental, las gramíneas son plantas que toleran el pisoteo de los animales durante el pastoreo, lo que permite eliminar a la mayoría de plantas competidoras, presentes en un mismo terreno. Son consideradas las plantas más cosmopolitas en el mundo y se usan principalmente en la elaboración de cereales y como forraje para animales. Poseen un contenido relativamente alto de fibra y bajo en lignina; se adaptan fácilmente a las variedades del clima y aportan la mayor parte de la materia seca y los carbohidratos consumidos por el animal (Sandoval, 2007).

Generalmente, las gramíneas son pobres en proteína por tal motivo, se recomienda asociarlas con las leguminosas.

Dentro de las características morfológicas de las gramíneas están (Gélvez, 2009):

- Las raíces son poco profundas, en la mayoría de las especies.
- Los tallos son cilíndricos y presentan nudos.
- Las hojas son alternadas, con nervaduras paralelas.
- La base de la hoja, en su mayoría, envuelve al tallo y termina en punta.
- Las flores, por lo general, son espiguillas.

Algunas de las gramíneas más utilizadas, en nuestro medio, para la producción de mezclas forrajeras serán detalladas a continuación.

1.1.1.1. Pasto azul (*Dactylis glomerata*)

La clasificación taxonómica del pasto azul es la siguiente:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Dactylis</i>
Especie:	<i>glomerata</i>
Nombre científico:	<i>Dactylis glomerata</i>

Es una especie perenne, que se desarrolla de manera adecuada en suelos de mediana a alta fertilidad que no sean muy compactos ni húmedos, con moderada acidez y alcalinidad. Son susceptibles al pastoreo intensivo, de forma que el crecimiento del pasto se ve afectado por la frecuencia y la intensidad de pastoreo (Hannaway, 1999).

El pasto azul crece de forma erecta y forma manojos o macollas. Se diferencia de las otras gramíneas por tener hojas sin pelos, con un nervio central muy marcado.

Posee raíces profundas, en relación con las demás gramíneas. Su tallo es largo y erecto. Las hojas jóvenes son suaves y blandas, pero duras en su madurez. La inflorescencia es una panícula típica, con espiguillas aglomeradas en ramas; sin embargo, cuando el tiempo de corte o pastoreo es tardío empieza a espigar y su contenido nutricional se pierde (Muslera y Ratera, 1984).

El pasto azul posee una buena germinación, pero un lento establecimiento en el campo, especialmente en la etapa inicial de crecimiento de la pastura. Permite el desarrollo de otras especies durante el primer año, después de esta etapa y si las condiciones de cultivo son las apropiadas este pasto podría llegar a predominar entre las otras especies de la pradera (Mohlenbrock, 1995).

El uso principal del pasto azul se destina a la producción de forraje como alimento en ganadería, además debido a su densa red de raíces, ayuda al control de la erosión en los suelos a los cuales está adaptado (Hannaway, 1999).

1.1.1.2. Rye-grass perenne (*Lolium perenne*)

La clasificación taxonómica del rye-grass perenne es la siguiente:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Lolium</i>
Especie:	<i>perenne</i>
Nombre científico:	<i>Lolium perenne</i>

También conocido como rye-grass inglés, es un pasto que se adapta fácilmente a diferentes tipos de suelo que posean buen drenaje y humedad, el óptimo es el de textura media con pH ligeramente ácido, aunque puede adaptarse a suelos arcillosos fuertemente alcalinos. Es exigente en fertilidad nitrogenada sobre todo en terrenos ácidos (Muslera y Ratera, 1984).

Su hábito de crecimiento es variable, según las variedades y forma de aprovechamiento, aunque puede tener un crecimiento erecto, forma un césped muy denso cuando es sometido a pastoreo. Posee raíz fibrosa y ramificada. El tallo presenta entrenudos claros con hojas angostas y enrolladas en la yema. La inflorescencia se presenta en forma de espiguillas alternadas, a lo largo del tallo, que toma forma ondulada (Hannaway, 1999).

Bajo sistema de pastoreo, el rye-grass perenne es ideal para praderas de mediano y largo plazo, solo o asociado con trébol blanco (Bernal, 2008).

El rye-grass es importante como forraje en los sistemas ganaderos, debido a que posee alta palatabilidad y digestibilidad. Es ideal para el pastoreo ya que, por su rapidez de rebrote y disposición de las hojas, presenta resistencia al pisoteo de los animales (Fenneman, 2008).

1.1.1.3. Rye-grass anual (*Lolium multiflorum*)

La clasificación taxonómica del rye-grass anual es la siguiente:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Cyperaceae
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Lolium</i>
Especie:	<i>multiflorum</i>
Nombre científico:	<i>Lolium multiflorum</i>

Es una especie de ciclo anual. Posee una alta capacidad de resiembra y velocidad de rebrote. Se adapta a suelos fértiles y húmedos. Tiene buena palatabilidad, al igual que el rye-grass perenne. Responde bien a la fertilización nitrogenada. Posee hojas largas y anchas enrolladas en el interior de la vaina, de color verde más claro, casi amarillento, con los nervios de la hoja más marcados y en el envés muy brillante. Su inflorescencia se presenta en forma de espiguillas, dispuestas alternativamente a lo largo del tallo. Son también sésiles (Muslera y Ratera, 1984).

El rye-grass anual es una planta bianual; pero, en ciertas condiciones de manejo puede durar varios años. Supera a cualquier otra gramínea en velocidad de establecimiento, puede aprovecharse a las seis semanas de sembrada la pastura, si no existieren otros factores limitantes. Para asociaciones, el rye-grass anual responde bien a la mezcla con especies de rotación corta, como el trébol rojo;

aunque, de preferencia se utiliza como cultivo forrajero anual de corte, sin ninguna mezcla de leguminosa, ni otra gramínea (Bernal, 1994).

1.1.2. LEGUMINOSAS

Las leguminosas se encuentran ampliamente distribuidas en todo el mundo. Constituyen una de las más extensas familias del reino vegetal y juegan un papel preponderante en la agricultura y en la fertilidad de los suelos.

En asociaciones con gramíneas, mejora la calidad del forraje, incrementa su rendimiento y provee una distribución estacional de los pastos (Sandoval, 2007).

Una particularidad específica de las leguminosas tanto en la implantación, como en las etapas posteriores es el requerimiento de fósforo, mientras que, para el establecimiento de la pastura, el nitrógeno es el elemento fundamental, antes de que se produzca la simbiosis con *Rhizobium* (Romero, 2002).

Dentro de las principales características de las leguminosas están (Gélvez, 2010):

- Las raíces son profundas y poseen pequeños nódulos que fijan nitrógeno mediante una relación simbiótica, a través de bacterias del género *Rhizobium*, los cuales se denominan nódulos nitrificantes.
- Las hojas son anchas y por lo general, compuestas de 3 ó más folíolos.
- Las semillas se caracterizan por crecer dentro de una vaina o legumbre.

La capacidad de las leguminosas para utilizar el nitrógeno del aire, a través de la eficiente relación simbiótica que se establece entre estas plantas y las bacterias fijadoras de nitrógeno (bacterias nitrificantes), es conocida, desde hace más de 120 años (Olivares 2004 y Rojas *et al.*, 2005).

Las leguminosas, incorporan materia orgánica a la capa arable en grandes cantidades, por lo que son reconocidas como mejoradoras de la fertilidad del suelo (Bernal, 2008). Entre las especies más importantes y utilizadas están:

1.1.2.1. Trébol blanco (*Trifolium repens*)

La clasificación taxonómica del trébol blanco es la siguiente:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Género:	<i>Trifolium</i>
Especie:	<i>repens</i>
Nombre científico:	<i>Trifolium repens</i>

Es una especie perenne de ciclo invernal, con flores blancas y tallos rastreros, que enraízan en los nudos. Se adapta a suelos ricos, húmedos y ligeramente ácidos. Su implantación en la pradera es lenta, pero luego es agresiva, de manera que cubre todo el suelo (Estrada, 2002).

Las raíces primarias se pierden una vez que la planta se ha establecido y ha enraizado en los nudos. Los folíolos son ovales y con una mancha blanca, en la gran mayoría de los casos. Las inflorescencias son en forma de cabezuelas, que contienen de 50 a 200 flores blancas (Estrada, 2002).

Esta especie es definida como la leguminosa mejor adaptada a las praderas en las zonas templadas de todo el mundo. Su utilización básica es para pastoreo en mezcla con gramíneas, a las cuales suministran grandes cantidades de nitrógeno fijado en sus nódulos radiculares, ya que se trata de una de las leguminosas de mayor capacidad de fijación simbiótica de este elemento (Muslera y Ratera, 1984).

De acuerdo con el tamaño de hoja, el trébol blanco se clasifica en tres tipos (Gentos, 2006):

- De hoja pequeña, con estatura baja, posee estolones altamente ramificados. Toleran pastoreos intensos y severos, aunque su productividad es menor que los de hoja mediana o grande.
- De hoja mediana, con pecíolos largos y estolones más cortos y menos ramificados.
- De hoja grande, con estolones gruesos, raíces robustas y crecimiento erecto. Se caracterizan por ser muy productivos, pero su permanencia en el campo es muy reducida en comparación a los de hoja pequeña.

1.1.2.2. Trébol rojo (*Trifolium pratense*)

La clasificación taxonómica del trébol rojo es la siguiente:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Género:	<i>Trifolium</i>
Especie:	<i>pratense</i>
Nombre científico:	<i>Trifolium pratense</i>

El trébol rojo es una especie bianual que se implanta rápidamente y cuya producción inicial es inmediata. Se adapta a todo tipo de suelo, incluso a los ácidos. Es exigente en humedad, aunque resiste a las sequías y se considera como el sustituto ideal de la alfalfa, en los suelos ácidos (Gentos, 2006).

Son plantas vellosas, de hábito de crecimiento erecto. Se destacan por su alta capacidad de fijación biológica de nitrógeno atmosférico. Poseen raíz principal pivotante y profunda, con numerosas raíces secundarias, acompañadas por una sección de nudos compactos, de alta densidad de yemas y reservas que conforman la corona. Las inflorescencias son globulares, rosadas o violetas, que nacen en los extremos de los tallos (Hidalgo, 2009 y Estrada 2002).

Con estas características, el trébol rojo es una planta apta más para aprovechamiento de corte que para pastoreo, se considera una de las leguminosas más adecuadas para ensilar. El valor nutritivo del trébol rojo es elevado y a la vez inferior al de la alfalfa, en lo que se refiere a proteína; sin embargo, tiene mayor digestibilidad, ya que su contenido en glúcidos es muy alto (Muslera y Ratera, 1984).

1.1.3. VALOR NUTRITIVO DE LAS MEZCLAS FORRAJERAS

La calidad de los pastos, en general, está determinada por el contenido nutricional que estos poseen. Conforme aumenta la calidad del forraje, la cantidad necesaria para cubrir los requerimientos nutritivos se reduce, esto lo convierte en un factor esencial para formular las dietas de los animales en pastoreo, con el objetivo de satisfacer los requerimientos del animal y suplir el desbalance forrajero.

La mejor manera de conocer el valor nutritivo de los forrajes es mediante un análisis bromatológico, que indicara los porcentajes de humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína, fibra, elementos libres de nitrógeno, fibra detergente ácida y fibra detergente neutra, presentes en una mezcla forrajera.

Por lo tanto, el análisis bromatológico, junto con la adecuada interpretación de los resultados ayuda a manejar en forma eficiente la alimentación y en consecuencia una mayor productividad animal (Pérez, 2007).

Aun cuando el valor nutricional y la calidad de los forrajes poseen una estrecha relación, el valor nutricional puede expresarse en términos de su composición

química, de su digestibilidad y de la naturaleza de los productos de la digestión; mientras que, la calidad del forraje se ve reflejado en el resultado del valor nutricional y del consumo efectivo (Sandoval, 2007).

Por lo antes mencionado, se considera conveniente indicar aquellas características de los forrajes más asociadas al consumo y a la digestibilidad de los rumiantes. Entre ellas, según Cherney y Mertens (1998), se pueden señalar el contenido de proteína cruda y fibra, así como también la cantidad de materia seca (Colombatto, 2000).

1.1.3.1. Proteína cruda (PC)

La PC no es una medición directa de la proteína, sino una estimación de la proteína total basada en el contenido de nitrógeno del alimento.

Dentro de la PC se incluye la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico (NPN), tales como el nitrógeno ureico y el amoniacal. El valor de la PC obtenida no se refiere a la digestibilidad y tampoco suministra información acerca de la composición en aminoácidos (García *et al.*, 2005).

Cuando la concentración de la proteína en los pastos disminuye, el consumo de alimento por parte del animal tiende a ser menor, debido a que los bajos niveles de nitrógeno limitan la fermentación ruminal, la velocidad de paso y la tasa de degradación de la celulosa (Sandoval, 2007).

1.1.3.2. Fibra (FB)

Los pastos son alimentos ricos en fibra, bajos en energía y fuente económica de nutrientes, según el estado fenológico del pasto. La fibra es la estructura que da fuerza y rigidez a las plantas, ya que está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina. Es el componente principal de los forrajes. La acción de la fibra en el

rumiante es doble, por un lado su composición química regula su ritmo de fermentación y por otro su estructura física altera los tiempos de masticación y la secreción salivar (Bach y Calsamiglia, 2006).

La fibra está dividida en dos grupos: fibra detergente ácida (F.D.A.) y fibra detergente neutra (F.D.N.). La cantidad adecuada de F.D.A. y F.D.N. para ser incluidas en la ración, varía con el tipo de forraje y los niveles de producción de la vaca (Díaz, 2005).

1.1.3.2.1. Fibra detergente ácida (F.D.A.)

La F.D.A. determina el contenido de celulosa y lignina no solubles presentes en una muestra de forraje determinada. Es el residuo remanente de la solubilización del alimento en detergente ácido (Batallas, 2007).

Está estrechamente relacionada con la fracción no digestible del forraje. Es un factor muy importante para el cálculo del contenido energético del alimento. Cuanto mayor es el contenido en F.D.A., menor es la digestibilidad del alimento y la energía que contendrá (Bernal, 1994 y Sandoval, 2007).

1.1.3.2.2. Fibra detergente neutra (F.D.N.)

El total de la fibra de un forraje está contenido en el F.D.N. Esta fracción contiene celulosa, hemicelulosa y lignina. Es la porción del alimento insoluble en detergente neutro y se conoce como fibra o pared celular (Estrada, 2002).

La F.D.N. es la fracción de fibra que mejor se correlaciona con el consumo voluntario y a su vez presenta una relación inversa entre su contenido, el valor nutritivo y la digestibilidad de los pastos (Batallas, 2007).

Cabe mencionar que según la especie forrajera, las gramíneas contienen más F.D.N. que las leguminosas comparadas a un mismo estado de madurez (Bernal, 1994).

1.1.3.3. Materia seca

Conocer el porcentaje de materia seca es de suma importancia para saber las cantidades de nutrientes que los animales consumirán, además permite calcular la disponibilidad de forraje en una explotación ganadera, con la finalidad de formular raciones, para ajustar la suplementación de los animales en las cantidades adecuadas, sobre todo cuando la disponibilidad de alimento es escaso (Batallas, 2008).

La materia seca es un parámetro proporcional a la madurez de la planta, pero inversamente proporcional a la calidad de la misma; es decir que, un pasto más viejo posee mayor cantidad de materia seca, pero a la vez su contenido proteico se ve afectado; por otro lado, un pasto joven establecido bajo un sistema de cultivo adecuado, poseerá menos materia seca y mayor calidad nutricional en su composición (Batallas, 2008).

1.1.4. CONSUMO VOLUNTARIO

El consumo voluntario es la cantidad de forraje que un animal puede consumir durante un día, sin limitaciones de tiempo, cuando a los animales se les ofrece alimento en exceso (Mejía, 2002; Sandoval, 2007).

El consumo voluntario de la ración, por vaca lechera, constituye la principal dificultad para un adecuado racionamiento, así como también para la productividad lechera, la salud del animal y la economía del productor. Conforme aumenta la calidad del forraje, la cantidad necesaria para cubrir los requerimientos nutritivos se reduce y, de igual manera, conforme aumenta la calidad del forraje, el consumo también se incrementa (Batallas, 2007).

Las variaciones del consumo voluntario también están determinadas por factores como la disponibilidad del alimento, la palatabilidad, el estado fisiológico del animal y la llenura o saciedad; sin embargo, ciertos estudios han determinado que

el consumo aumenta al incrementarse la digestibilidad de un 40 al 80% (Batallas, 2007).

1.2. FERTILIZACIÓN DEL SUELO

Se denomina suelo al ente natural, tridimensional y dinámico que sirve como medio natural para el crecimiento de la mayoría de las plantas. Se conoce como fertilizante a cualquier material orgánico o inorgánico que proporcione a la planta uno o más elementos químicos necesarios, para su normal funcionamiento, desarrollo y reproducción (Sánchez, 2007).

Con estos dos conceptos se define a la fertilidad del suelo como la capacidad que tiene el suelo, en condiciones físicas y climáticas propicias, de suministrar los nutrientes adecuados, en las cantidades correctas y balanceadas, para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas (Bernal, 2008).

La fertilización de pastos y forrajes es una de las mejores herramientas para incrementar la oferta forrajera por unidad de superficie y tiempo y, consecuentemente, la producción animal (Sánchez, 2007).

Para que una pastura determinada se desarrolle de manera adecuada es indispensable tomar en cuenta dos condiciones principales:

- Que el suelo contenga todos los minerales esenciales para las plantas en cantidades suficientes y en proporciones balanceadas.
- Que los nutrimentos presentes se encuentren de manera disponible para que la planta los absorba.

Si se desconoce al menos una de dichas condiciones es necesario corregir la deficiencia, mediante fertilización (Bernal, 2008).

Generalmente, el contenido total de nutrientes en el suelo es suficiente para satisfacer la demanda de la pastura; sin embargo, ciertos factores como el pH del suelo, la disponibilidad de agua, el espesor de la capa arable, el contenido de materia orgánica, los organismos vivos presentes en el suelo y la capacidad que posee el suelo de almacenar las sustancias nutritivas presentes en el agua no permiten que estos nutrientes sean absorbidos en su totalidad y, consecuentemente, la planta demuestre una madurez prematura debido a la falta de nutrientes. Se considera necesaria la aplicación de fertilizantes y enmiendas, a partir de los análisis químicos del suelo y de los requerimientos de la planta (Brack y Mendiola, 2007).

Se puede destacar que los suelos de origen volcánico, denominados andisoles, tienen una gran limitante química, poseen la capacidad de inmovilizar el fósforo (P) presente en la superficie de los minerales amorfos. En ciertos cultivos, los análisis de suelos no han logrado correlacionar adecuadamente el contenido de P, con las recomendaciones de fertilización (Espinoza, 2006).

La mayoría de trabajos de investigación basados en la fertilización de pasturas, dejan de lado el aprovechamiento, que los animales puedan darle al forraje y se han enfocado, únicamente, a mejorar los rendimientos de materia verde por unidad de superficie, así como también a mejorar el valor nutritivo del pasto (Díaz *et al.*, 2004).

Es de gran importancia conocer las funciones de cada uno de los minerales presentes en el suelo, de manera que se puedan corregir las deficiencias y, a su vez, disminuir los efectos negativos que pudiere causar el exceso de algunos elementos, que ocasionan intoxicaciones en los animales, que consumen el forraje no apropiado para su producción (Bavera, 2006).

La rentabilidad de las pasturas está directamente relacionada con el uso de fertilizantes, por lo que es necesario conocer el papel que cumplen los principales nutrientes dentro de la fisiología de los animales y plantas (Bernal, 2005).

Los nutrientes presentes en el suelo se clasifican en macronutrientes primarios y secundarios; y, micronutrientes

1.2.1. MACRONUTRIENTES O ELEMENTOS ESENCIALES

Se denominan elementos esenciales o macronutrientes a aquellos que son necesarios en el suelo en grandes cantidades, ya que constituyen, en las plantas, los elementos químicos más abundantes de su composición orgánica (Cid, 2007).

1.2.1.1. Macronutrientes primarios

1.2.1.1.1. Nitrógeno (N)

El nitrógeno es el principal constituyente de los aminoácidos de la planta, que generan las proteínas, y de los ácidos nucleicos, además de formar parte de las vitaminas, fosfolípidos y clorofila (Estrada, 2002).

Su principal función es fomentar el crecimiento de la parte aérea de las plantas y otorgar el color verde característico (Cid, 2007).

El N asimilable está en función de la cantidad de materia orgánica, que posea el suelo y del ritmo de mineralización, que depende de la actividad de los microorganismos agentes de descomposición y, a su vez, regulada por la temperatura, humedad, aireación, nutrientes y vegetación del lugar. El N es absorbido por las plantas en forma de iones amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-), esta última forma de nitrógeno es la que más absorben, por lo que los fertilizantes nitrogenados que no estén en forma de nitratos, son transformados a esta forma en el suelo, la cual es altamente soluble en el agua (Muslera y Ratera, 1984).

Una deficiencia de N reduce la producción de clorofila y genera clorosis, que se manifiesta al principio en las hojas viejas de la planta, luego en las hojas jóvenes y finalmente si la deficiencia es muy severa puede afectar el crecimiento total de la planta. (Pumisacho y Sherwood, 2002). Por el contrario, el exceso de nitrógeno

retarda la maduración, debilita a la planta, puede bajar la calidad del cultivo y puede provocar menor resistencia a enfermedades (Estrada, 2002).

1.2.1.1.2. Fósforo (P)

El P forma parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos y vitaminas, pero sobre todo, participa en los procesos que requieren producción de energía en la planta como la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división y crecimiento celular y transferencia genética. (Sánchez, 2007)

Las plantas absorben P principalmente en forma de iones ortofosfatos primarios o secundarios (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}), que están presentes en la solución del suelo. La presencia de cada forma de estos iones depende del pH de la solución del suelo, de tal forma que la solubilidad del P disminuye al aumentar el pH de los suelos alcalinos. (Pumisacho y Sherwood, 2002)

En los suelos de origen volcánico, la fijación del P ocurre en la superficie de algunos minerales como el complejo humus - aluminio, en el cual el aluminio se encuentra en forma de quelato sobre la superficie de las moléculas de humus, el cual mantiene cierta afinidad con el fósforo de manera que lo inmoviliza. En general, los iones fosfato tienen alta afinidad por el aluminio (Al), hierro (Fe) y calcio (Ca) con los cuales forma precipitados insolubles, de acuerdo con la acidez del suelo; es decir que, al incrementarse el pH, se produce la ruptura de las estructuras cristalinas y la liberación del Al, que se puede combinar con los iones fosfato y formar compuestos insolubles (Rojas, 1997).

La aplicación de cal, en este tipo de suelos, corrige la toxicidad de Al y la deficiencia de Ca, lo que permite un incremento en la absorción de fósforo, aun cuando el encalado tiene muy poco efecto en la fijación de fósforo, lo que es más eficiente para liberar el P fijado por Fe y Al, es la utilización de otros compuestos como el silicio, en forma de silicato de calcio o de magnesio el cual reacciona con el fosfato de Al presente en el suelo, libera el fósforo y precipita el aluminio como silicato de aluminio (Bernal, 2008).

Se asume que, cuando el nivel de P en el suelo es más de 12 ppm, no hay respuesta de este elemento. Este detalle es de interés, ya que la cantidad de fósforo presente en la zona de máxima actividad radicular de los pastos (0 a 10 cm) es más alto que el valor mencionado anteriormente, debido al proceso de mineralización de raíces de los pastos. De esta manera, a partir del suelo se pueden cubrir las necesidades de P en el mismo pero, sin embargo, no se evidencia respuestas significativas en el rendimiento de pasto a la aplicación de P (Barrera *et al.*, 2004).

La deficiencia de este elemento se manifiesta en la planta, con un limitado crecimiento y desarrollo, así como también, en la producción de tallos cortos y raíces escasas. Por otro lado, un exceso en el contenido de P tiene, como consecuencia, la aceleración de la maduración de la planta (Estrada, 2002 y Díaz, *et al.*, 2004).

En la disponibilidad del fósforo influyen (Barrera *et al.*, 2004):

- pH del suelo.
- Presencia de minerales que contienen Fe, Al y Mn.
- Minerales de Ca y Mg disponibles.
- Cantidad y descomposición de materia orgánica.
- Actividad de microorganismos.

Según Estrada 2002, el P en el suelo se clasifica, de acuerdo a su disponibilidad para las plantas, en fósforo soluble, insoluble e intercambiable.

Cuando el P se encuentra presente en el suelo de forma soluble, inmediatamente es aprovechado por las plantas, ya que se encuentra en forma de fosfatos diácidos, cuando el pH es bajo, y fosfatos monoácidos, cuando el pH es alto.

El P se encuentra en el suelo de forma insoluble, debido a, su precipitación como fosfatos cálcicos, en medio alcalino, o como fosfatos de hierro y aluminio en medio ácido; por lo tanto, las formas menos solubles y, por ende, las menos

disponibles para la planta, tienden a aumentar según pasa el tiempo y el fósforo permanece en el suelo.

El P intercambiable o denominado también P lábil o adsorbido, sirve para definir índices de fertilidad, que correlacionan positivamente con el crecimiento de las plantas cultivadas. Su disponibilidad es más lenta que el fósforo soluble.

1.2.1.1.3. Potasio (K)

El K en las plantas es vital para la fotosíntesis. En la síntesis de las proteínas, actúa como activador de los sistemas enzimáticos del metabolismo de la planta. Es un macronutriente absorbido por las plantas en grandes cantidades, sin embargo, es inferior al N y a veces al Ca. Este nutriente posee pocos problemas de disponibilidad, ya que la provisión de este elemento en los suelos es aceptable, a diferencia del P, el K está presente en la solución del suelo, únicamente como un catión cargado positivamente (K^+). (Ibáñez *et al.*, 2004)

La deficiencia de este elemento se ve reflejada en la reducción del crecimiento de la planta, poca resistencia física y menor vigor de crecimiento. Se encuentra en el suelo en tres formas principales, potasio en la solución del suelo, intercambiable y de reserva. (Conti, 2004):

El K en la solución del suelo se encuentra inmediatamente disponible y puede ser absorbido por la planta en forma inmediata, aun cuando la cantidad de esta forma de K sea mínima con relación al total del potasio presente en el suelo.

El K intercambiable se refiere a la forma iónica del K unido a los materiales coloidales, minerales y orgánicos. Esta forma de K mantiene un equilibrio dinámico con el K de la solución del suelo.

Estas dos formas de K representan el potasio disponible, el mismo que es medido en los análisis para evaluar la fertilidad del suelo.

El K de reserva está fuertemente unido a la fase sólida mineral, es denominado también como “potasio fijo” o “potasio estructural”. El K fijo es el que se ubica en el espacio interior de las láminas de Si, mientras que el K estructural es el que está químicamente combinado en la estructura de los minerales del suelo. Ambas formas representan el K de reserva o reposición de los suelos y, a su vez, son denominados no-intercambiables

1.2.1.2. Macronutrientes secundarios

1.2.1.2.1. Calcio (Ca)

Es un elemento indispensable para la modulación y fijación del N, participa en la formación de los tejidos y, su carencia limita el desarrollo de la planta, influye indirectamente en el rendimiento al reducir la acidez del suelo. Esto reduce la solubilidad y toxicidad del Mn, Cu y Al, por efecto de competencia independiente de otros efectos, que puedan ser derivados de la elevación del pH (Muslera y Ratera, 1984).

El Ca es absorbido por las plantas en su forma catiónica Ca^{++} y es parte constituyente de las sales, en la solución del suelo (Bernal, 2008). Las carencias de Ca se manifiestan, según Rodríguez (1992), con una menor capacidad de síntesis de proteínas en las plantas; menor desarrollo radical; clorosis marcada en hojas, principalmente jóvenes; y, poco crecimiento de tallos y hojas.

Algunas especies de plantas, acumulan más Ca que otras, pero generalmente las leguminosas absorben más Ca que las gramíneas. De forma que, en la dieta de los animales, el Ca depende más de la especie forrajera que consumen que del Ca disponible en el suelo (Bernal, 2008).

1.2.1.2.2. Magnesio (Mg)

Se encuentra en la solución del suelo y se absorbe en las superficies de las arcillas y la materia orgánica. Generalmente, los suelos contienen más Ca que

magnesio, debido a que este no es absorbido tan fuertemente como el Ca por los coloides del suelo y puede perderse más fácilmente por lixiviación. (Barrera *et al.*, 2004).

La deficiencia de magnesio se manifiesta en la planta como una apariencia general de madurez temprana, sobre todo en los últimos estados de crecimiento (López, 2002).

Investigaciones realizadas no demuestran que el magnesio intervenga en el rendimiento del forraje. Sin embargo, se conoce que, mientras más altos sean los niveles de N y K en el suelo, más difícil será la absorción de Mg por el metabolismo animal, lo que una de las enfermedades carenciales de los rumiantes es la hipomagnesemia o deficiencia de Mg en la sangre, ocasionada por la ingestión de forrajes con bajo contenido de Mg (Barrera *et al.*, 2004).

La absorción de Mg por las plantas está condicionada por la competencia con otros elementos como el Ca, K y N, que son aplicados en grandes cantidades sin ninguna aportación paralela de Mg (Muslera y Ratera, 1984).

Al igual que el Ca, la acumulación de Mg en las plantas depende básicamente de la especie, de tal manera que, las leguminosas contienen más Mg que las gramíneas, independientemente de su disponibilidad en el suelo (Bernal, 2008).

1.2.1.2.3. Azufre (S)

Es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas pues es un componente básico de las proteínas, por lo tanto, deficiencias del mismo inhiben la síntesis proteica (Pumisacho y Sherwood, 2002).

El S está presente en el suelo en forma orgánica e inorgánica, pero la mayoría de este nutriente, es decir, entre el 60 y 90%, está presente en forma orgánica, disponible para las plantas. Las formas reducidas de S deben ser primero

oxidadas en forma de sulfato (SO_4^{2-}) resultado de la mineralización de la materia orgánica y del aporte de los fertilizantes (Bernal, 2008).

La principal fuente de S natural es la materia orgánica, que provee más del 95% del S encontrado en el suelo, por lo que la probabilidad de respuesta del cultivo a la fertilización con S es alta. Los síntomas de deficiencia de azufre son similares a los de la falta de nitrógeno, presentan un color verde pálido en las hojas más jóvenes y se generaliza en toda la planta, cuando la deficiencia es severa (Pumisacho y Sherwood, 2002).

1.2.2. MICRONUTRIENTES U OLIGOELEMENTOS

Son elementos necesarios para las plantas en pequeñas cantidades y, por ello, su presencia en el suelo es más reducida que en el caso de los macronutrientes. Sin embargo, tanto unos como otros son esenciales para el buen desarrollo de los cultivos, entre los cuales están, el hierro (Fe), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el manganeso (Mn), el molibdeno (Mo), el boro (B) y el cloro (Cl)

1.2.2.1. Materia orgánica (MO)

La materia orgánica, es un sistema complejo formado por todos los organismos vivos del suelo y por restos orgánicos, principalmente de origen vegetal en diversos estados de descomposición (Bernal, 1994).

Es importante el contenido de materia orgánica en el suelo, ya que mejora su estructura, aumenta la capacidad de absorción y retención de agua, proporciona resistencia al suelo contra la erosión, moviliza los elementos nutritivos bloqueados, incrementa la biodiversidad de microorganismos, aumenta la disponibilidad del fósforo para las plantas, etc. (Bernal, 2008).

Los desequilibrios de la materia orgánica hace que los suelos se tornen más frágiles a ciertas transformaciones de orden químico, físico y biológico, tales como:

- Disminución del poder tampón del suelo.
- Aumento de la susceptibilidad de los suelos a la compactación.
- Reducción de la variabilidad y competencia de la biodiversidad, favoreciendo poblaciones dañinas a la producción agrícola.

En la medida en que estos fenómenos se acentúan las condiciones para mantener la producción vegetal, se afectan. Si esta producción empieza a reducirse, el aporte de biomasa al suelo será más bajo y, por ende, la reducción de los contenidos de materia orgánica será más rápida.

La principal fuente de materia orgánica es el estiércol de los animales, principalmente de aquellos que viven en las zonas ganaderas, cuya principal ventaja es que adecúa el suelo, para que responda a la aplicación de nuevas tecnologías de fertilización o enmiendas complejas, que permitan mejorar sus características o, a su vez, corregir ciertas deficiencias (Rodríguez, 1992).

El estiércol debe ser preparado, almacenado y aplicado de manera correcta, de tal forma que se evite la pérdida de nutrientes por lixiviación o volatilización; sin embargo, se debe tomar en cuenta que cuando se aplica estiércol al suelo, no todos los nutrientes son asimilables de inmediato por los pastos. El fósforo y el potasio se encuentran retenidos y solo tras su liberación pueden ser absorbidos (Bernal, 2008).

1.2.2.2. El Silicio (Si)

Es uno de los elementos que se encuentra en grandes cantidades en la corteza terrestre, sin embargo, su meteorización hace que el silicio sea insuficiente para desempeñar su papel como nutriente de los cultivos (Caicedo y Chavarriaga, 2007).

Todas las plantas absorben silicio del suelo en mayor o menor cantidad, por lo cual en la actualidad algunos autores consideran al silicio como elemento esencial o “quasi esencial”.

Quero (2007), citado por Bernal (2008), indica que la aplicación de silicio a suelos agrícolas que han sido mal trabajados es una alternativa para recuperarlos y aumentar la producción y productividad de las cosechas.

Según Bernal (2008), dentro de los principales beneficios que provee el silicio al suelo están:

- Aumentar la productividad y calidad de las cosechas.
- Restaurar suelos degradados y mejorar nivel de fertilidad.
- Incrementar la resistencia del suelo a la erosión.
- Neutralizar la toxicidad causada por el aluminio en suelos ácidos mucho mejor que el encalado.
- Aumentar la eficiencia en la utilización de fertilizantes fosfatados en un 40 a 60%.
- Reducir la lixiviación de nitrógeno, fósforo y potasio.

La característica primordial del silicio, es la capacidad de neutralizar de mejor manera la toxicidad del aluminio, en suelos ácidos y, en consecuencia liberar el fósforo que se encuentra bloqueado por dicho elemento para hacerlo disponible, lo que no ocurre con el encalado que por el contrario fija el fósforo y transforma el fósforo-disponible en no disponible para la planta (Bernal, 2008; Caicedo y Chavarriaga, 2007).

1.2.3. SILICATO DE MAGNESIO

El silicato de magnesio es considerado una enmienda granulada, utilizada como fuente de magnesio, silicio y azufre para aplicación al suelo en cultivos agrícolas.

Debido a su composición química, al aplicarse este producto al suelo, se inicia la liberación del silicio como ácido monosilísico (H_4SiO_4) que es la forma soluble que actúa en el suelo, y la única forma química que las plantas pueden absorber.

Su composición química se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1 Composición del silicato de magnesio

ELEMENTO	COMPOSICIÓN (%)
Silicio (SiO_2)	45
Magnesio (Mg)	20
Azufre (S)	5

Fuente: FERMAGRI

1.2.4. FERTILIZANTES QUÍMICOS

Los fertilizantes químicos son preparados a partir de materias primas importadas que provienen principalmente de yacimientos mineros.

Estos fertilizantes poseen elevada concentración de nutrientes y baja humedad, lo que constituye una fortaleza de los fertilizantes químicos. En la mayoría de los países las formulaciones de los fertilizantes químicos no atienden a las necesidades específicas del suelo, sino más bien a situaciones promedio muy generales, lo que conlleva a que la eficiencia de estos no sea la más adecuada y se produzca un desperdicio de ciertos nutrientes (Bernal, 1994).

Es importante conocer que los nutrientes, en los fertilizantes químicos son más fácilmente asimilables y controlables, es decir se puede racionar ya sea

industrialmente o en mezclas para proporcionar al suelo concentraciones adecuadas de nutrientes que respondan a las necesidades de los cultivos (Rodríguez, 1992).

Una de las principales ventajas de los fertilizantes químicos es que son altamente solubles, razón por la cual los nutrientes están más rápidamente disponibles para las plantas, por otro lado presentan la desventaja de que en condiciones de exceso de agua en el suelo, gran parte de estos nutrientes pueden ser desaprovechados, ya sea por su erosión o lixiviación, para contaminar a la vez las aguas superficiales y subterráneas (Bernal, 1994).

1.2.5. ABONOS ORGÁNICOS

Los abonos orgánicos son subproductos de origen vegetal y animal, cuya debilidad es la baja concentración de nutrientes y los elevados niveles de humedad que estos poseen, con relación a los fertilizantes químicos (Ibáñez *et al.*, 2004).

Para mantener una productividad competitiva las cantidades de abonos orgánicos a utilizar deben ser elevados, como elevada es la extracción de nutrientes con la cosecha. Una ventaja de los abonos orgánicos es que presentan un contenido más variado de nutrientes, a pesar de sus bajas concentraciones (Estrada, 2002).

Por otro lado, los nutrientes en los abonos orgánicos son poco manejables y están en función de sus concentraciones en los residuos utilizados. Un ejemplo claro de este problema es la baja concentración de fósforo en los residuos orgánicos. Una desventaja de los abonos orgánicos es la poca solubilidad que poseen sus nutrientes de manera que se encuentran a disposición de las plantas en forma gradual y su asimilación se evidencia a mediano o largo plazo, según las condiciones del suelo y de la cantidad de abono orgánico aplicado (Bernal, 1994).

Los abonos orgánicos pueden ser catalogados como mejoradores del suelo, ya que tienden a mejorar su estructura, lo que facilita la infiltración del agua, acelera

el crecimiento radical, posibilita una mejor aireación y contribuye al control de la erosión (Estrada, 2002).

1.3. LOS RUMIANTES

Los rumiantes o polívoros son mamíferos herbívoros que se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pasto o forraje, debido a su habilidad de degradar los hidratos de carbono estructurales del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina, gracias a la relación simbiótica con los microorganismos, que habitan en el rumen (Relling y Mattioli, 2003).

Los rumiantes digieren los alimentos en dos etapas, primero los consumen y luego realizan la rumia, la cual consiste en regurgitar el material semidigerido y volverlo a masticar para deshacerlo y agregarle saliva. Basada en esta característica fundamental de los rumiantes, su fisiología digestiva adquiere cualidades particulares (Bernal, 2008).

El estómago de los rumiantes se caracteriza por tener cuatro divisiones (rumen, retículo, omaso y abomaso).

El Rumen constituye una modificación del tracto gastrointestinal, es la cavidad donde se desarrolla la fermentación microbiana, donde millones de bacterias, protozoos y hongos degradan partes de la planta ricas en energía, y las hacen digeribles para el hospedero animal (Angulo *et al.*, 2005).

Según Stewart (1991), citado por Angulo *et al.*, 2005, las bacterias son los principales agentes que actúan en la fermentación de los carbohidratos estructurales y la proteína de las plantas.

Akin y Borneman, (1990), citado por Angulo *et al.*, 2005, manifiestan que los hongos son los primeros organismos en invadir y digerir la parte estructural soluble de las plantas y tienen una relación estrecha con las bacterias, de manera

que estas penetren al compartimiento intracelular, para iniciar el proceso de degradación de las fracciones insolubles del alimento.

Después de que el forraje ha sido digerido en el rumen y degradado a partes más pequeñas, pasa a través de una especie de filtro denominado retículo o redcilla y del omaso o librillo que es un compartimiento con muchos repliegues, que posee alta capacidad de absorción, en donde los pedazos de material más grandes se quedan atrapados para impedir que lleguen al abomaso, o “estómago verdadero”, el cual secreta ácidos fuertes y enzimas digestivas, donde la digestión continúa (Attra, 2008 y Rodríguez, 2007).

1.3.1. DIGESTIBILIDAD DE LOS RUMIANTES

La digestibilidad se conoce como la fracción de alimento que desaparece en el tracto digestivo, durante los procesos de digestión y se expresa en porcentaje del producto inicialmente ingerido por una determinada especie animal, lo que se convierte en un parámetro de gran importancia en la formulación de dietas. La digestibilidad depende mayormente de la composición nutritiva del forraje y de la estructura de la pared celular, principalmente por el contenido de lignina presente en ese pasto (Bernal, 2008).

Una buena digestibilidad de la dieta resultará en mayor productividad por parte del animal. Los métodos utilizados para determinar la digestibilidad de los pastizales pueden desarrollarse *in vivo* o *in situ*, que se realizará en el animal, métodos *in vitro* o de laboratorio, que consiste en simular los procesos que suceden en el aparato digestivo del animal. (Pérez *et al.*, 2008)

La digestibilidad de los pastos se ve afectada según las diferentes etapas de su crecimiento. En las hojas tiernas, la digestibilidad alcanza un 65% y en las hojas más viejas un 51%. Lo mismo ocurre con el contenido de proteína cruda PC, con un 16% en estados jóvenes y solo 6% en la etapa de maduración avanzada (Pérez, 2007).

La digestibilidad *in vitro* es uno de los métodos de laboratorio más conocidos y utilizados, para determinar el porcentaje de material digerido por los animales en una explotación ganadera.

La técnica de Tilley y Terry (1963), es la más difundida y contempla dos fases, la primera que consta en someter la muestra de materia seca a una digestión con microorganismos del rumen por 48 h y la segunda que consiste en someter la muestra a una digestión durante 48 h con pepsina y ácido clorhídrico (Bochi-Brum, 1999).

Sin embargo la técnica desarrollada posteriormente por Van Soest y sus colaboradores (1996) se considera una alternativa al método de Tilley y Terry, ya que es una técnica más rápida y precisa. Este procedimiento consiste en la incubación de los alimentos con líquido ruminal, durante 48 h, a 39 °C y pH 6.8 similar al del rumen, el residuo obtenido es recuperado a través de papel filtro y tratado con una solución neutro-detergente, durante 1 h, a 100°C. Los valores obtenidos se consideran una estimación de la digestibilidad real de los alimentos (Bochi-Brum, 1999).

1.3.2. ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES (AGV)

La producción de ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen, depende de la composición del alimento, la actividad microbiana, el pH del medio ruminal y la frecuencia de ingestión de alimentos. En general, las raciones preparadas con forraje producen menos cantidad de AGV, que las dietas elaboradas a partir de concentrados con altos contenidos de proteínas o de carbohidratos, fácilmente fermentables (Zavaleta, 2009).

Los carbohidratos, tales como celulosa, hemicelulosa, pectinas, almidón, sacarosa, etc, son degradados por enzimas producidas por los microorganismos de la panza mediante una serie compleja de reacciones y son transformados a una mezcla de ácidos grasos volátiles que representan la mayor fuente de energía para los rumiantes, la cual constituye entre un 50 a un 70% de la energía

total digestible, estos AGVs son los ácidos acético, propiónico y butírico. La producción de AGV determina, en gran medida, la eficiencia en la utilización de los alimentos por los rumiantes, ya que está estrechamente relacionada con su digestibilidad (Ooyen y Cornelis, 1994 y Angulo *et al.*, 2005).

Cuanto mayor es la producción de AGV más bajo es el pH ruminal resultante. La producción de AGV es especialmente alta con dietas ricas en concentrados energéticos, como los granos, y menor en aquellas ricas en forrajes maduros (Zavaleta, 2009 y Relling y Mattioli, 2003).

La concentración total de ácidos grasos volátiles y las proporciones de los ácidos individuales presentes dependen básicamente de la dieta, de la velocidad de absorción a través de la pared de la panza, de la velocidad de paso desde el rumen, de la dilución con saliva, de la degradación por parte de los microorganismos de la panza y de la conversión a otros metabolitos (Ooyen y Cornelis, 1994).

1.3.3. VELOCIDAD DE PASO EN EL RUMEN

La velocidad de paso de los alimentos por el tracto digestivo es un parámetro que influye directamente en la digestibilidad de los rumiantes. Esta velocidad de paso está ligada al tamaño de la partícula que ingiere el animal durante el consumo de forraje.

Cuando el forraje es picado antes de ser suministrado, la velocidad de tránsito a través del rumen-retículo y la ingesta diaria del alimento aumentan. El consumo es más eficaz cuando peor es la calidad del forraje, más fino es el picado y el aporte de concentrado es restringido. Sin embargo, el exceso de picado, tiende a disminuir la digestibilidad, aún cuando es favorable al ataque microbiano, debido a la rapidez del tránsito ruminal, lo cual reduce el tiempo de interacción con los microorganismos, y se produce un descenso del pH ruminal (Díaz, 2005).

Entre los factores que determinan la tasa de pasaje del alimento por el tracto digestivo de los rumiantes se pueden mencionar, la especie animal, calidad y tipo de dieta, tamaño de las partículas, la concentración de fibra en detergente neutro (FDN) y la temperatura ambiental (Angulo *et al.*, 2005).

2. METODOLOGÍA

2.1. ESTUDIO EN CAMPO

2.1.1. UBICACIÓN

El proyecto de investigación se desarrolló en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Mejía, en la parroquia de Cutuglahua.

Las unidades experimentales se localizaron en el lote A5, en el cual se encontraba la mezcla forrajera establecida y compuesta por rye-grass anual, rye-grass perenne, pasto azul, trébol blanco y trébol rojo.

2.1.2. DESCRIPCIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA ZONA

Altitud:	3000 m	Latitud:	0°21' 54"
Longitud:	78°33' 17"	Precipitación anual:	1400 m m
Clima:	frío	Temperatura promedio:	12 °C

2.1.3. FACTORES EN ESTUDIO

Los factores fueron determinados por su importancia en la producción de las praderas. Cada uno de estos factores contó con tres niveles de manejo, que para facilitar su interpretación, se designó la siguiente codificación.

Factor en estudio 1 (F): Fertilización

- F0 sin fertilización
- F1 fertilización química (1qq/ha nitro fosca, 1qq/ha urea, 1qq/ha 15-30-15)
- F2 fertilización orgánica (5 ton/ha de estiércol bovino)

Factor en estudio 2 (S): Silicato de magnesio

- S0 sin silicato de magnesio
- S1 silicato de magnesio 200 kg/ha
- S2 silicato de magnesio 300 kg/ha

2.1.4. IMPLANTACIÓN DEL ENSAYO

En el lote A5, se escogió una superficie total de 816 m² para implantar el ensayo, en el cual se realizó la división de las unidades experimentales, con la utilización de estacas y piola, el área de cada parcela fue de 16 m² (4 x 4), con una superficie neta de 9 m² para cada unidad experimental. Paralelamente, se trazaron caminos de 1 m de ancho entre parcelas, y finalmente los rótulos se distribuyeron en cada parcela con su respectiva codificación, según los tratamientos asignados.

2.1.5. TRATAMIENTOS

Los tratamientos son el producto de la combinación de los factores en estudio, los que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Codificación de los tratamientos del proyecto de investigación

No. de tratamiento	Fertilización	Silicato de magnesio
1	F0	S0
2	F0	S1
3	F0	S2
4	F1	S0
5	F1	S1
6	F1	S2
7	F2	S0
8	F2	S1
9	F2	S2
10	F1F2	S0

2.1.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Los tratamientos fueron implantados bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial 3x3+1, con tres repeticiones. Los resultados obtenidos de las variables morfoagronómicas tales como; vigor de crecimiento, velocidad de rebrote, altura de planta, vigor de rebrote, índice de rebrote, rendimiento y cobertura, fueron analizados estadísticamente y los datos de las variables nutricionales entre ellas, porcentajes de proteína, digestibilidad, fibra, FDA, FDN y materia seca, se analizaron únicamente de forma comparativa entre tratamientos con los resultados promedios entregados por el Departamento de Nutrición de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP . El esquema utilizado para el estudio se describe en la siguiente tabla:

Tabla 3. Esquema de análisis de varianza (ANOVA)

Fuentes de variación	G.L.
TOTAL	29
Repeticiones	2
Tratamientos	9
Fertilización (F)	2
Silicato de magnesio (S)	2
F x S	4
T10	1
Error	18

2.1.7. ANÁLISIS INICIAL DE SUELO

Tabla 4. Métodos utilizados en el análisis de suelos

ELEMENTO	METODO*
Ph	Potenciómetro, solución suelo:agua (1:2.5)
S, B	Fosfato de calcio
P, K, Ca, Mg	Olsen modificado
Materia orgánica	Walkley y Black

*Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina

Con el propósito de saber las condiciones iniciales del suelo previo a la implantación de los tratamientos, se realizó un análisis químico completo del mismo, para lo cual se muestreó cada unidad experimental, por repetidas ocasiones, de zonas distintas; posteriormente, se homogeneizó la muestra y fue enviada al Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, en donde se realizaron los análisis físico-químicos del suelo. En la tabla 4 se detallan los métodos empleados para la determinación de cada elemento.

2.1.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

2.1.8.1. Corte de igualación

Previo al análisis inicial del suelo, se realizó un corte de igualación en todas las unidades experimentales, de manera que exista una estandarización en la altura inicial de la planta, antes de la aplicación de cada tratamiento.

2.1.8.2. Manejo y aplicación de los tratamientos

Una vez realizado el corte, se pesaron los fertilizantes, tanto químico como orgánico, en una balanza digital, en proporción a las cantidades recomendadas por el Departamento de Suelos de la Estación Experimental Santa Catalina, posteriormente se aplicaron al boleó en cada parcela, según el tratamiento correspondiente.

2.1.8.3. Cortes

Los cortes se realizaron una vez cumplido cada ciclo de crecimiento, se utilizó un cuadrante de 1 m² y una hoz, a 5 cm del suelo, se evitó halar el forraje para no extraer las raíces del suelo, posteriormente se colocaron las muestras en una bolsa, fueron pesadas y enviadas al laboratorio.

Se unificó el tamaño de la mezcla forrajera con la utilización de una cortadora mecánica, de manera que todas las parcelas queden en las mismas condiciones para su nuevo ciclo.

2.1.9. VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS EN ESTUDIO

En esta parte de la investigación se realizó el seguimiento de las variables a medir, antes, durante y después de cada corte.

2.1.9.1. Altura de la planta

Esta variable se evaluó a los 8, 16, 24, 32 y 40 días de efectuado el corte, por lo que se utilizó una regla con la que se midió el tamaño de la planta desde el borde del suelo hasta el extremo de la hoja superior.

2.1.9.2. Velocidad de crecimiento de la planta

La velocidad de crecimiento de la planta, se determinó a partir de la altura de la misma, dividida para el número de días en campo previo a la siguiente evaluación.

2.1.9.3. Vigor de crecimiento

Tabla 5. Escala de vigor de crecimiento

ALTURA DE PLANTA (cm)	SIGNIFICADO
> 50 cm	Muy bueno
32 - 50 cm	Bueno
25 - 31 cm	Regular
< 25 cm	Deficiente

La mezcla forrajera fue evaluada a los 40, 80 y 120 días después del corte de la pastura, según la altura y número de macollos de la planta. La calificación se la

realizó según la escala de vigor de crecimiento establecida por el Programa de Ganadería de Leche y Pastos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, presentada en la tabla 5.

2.1.9.4. Cobertura

Se evaluó a los 40, 80 y 120 días, con la ayuda de un cuadrante de 1 m² lanzado al azar en la parcela neta, y se evaluó según la escala empleada por el Programa de Ganadería de Leche y Pastos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

Tabla 6. Escala de cobertura

VALOR	SIGNIFICADO
81 - 100%	Muy bueno
61 - 80%	Bueno
41 - 60%	Regular
0 - 40%	Deficiente

2.1.9.5. Rendimiento

Se efectuó el corte de la pastura en cada unidad experimental con la ayuda de un cuadrante de 1 m x 1 m. Los cortes se realizaron a cada tratamiento por separado, de manera que la cantidad de materia verde recolectada en los 3 m² correspondiente al tratamiento en sus tres repeticiones, fue estimada para una hectárea de cultivo.

2.1.9.6. Vigor de rebrote

Se valoró después de cada corte, con las mismas características del vigor de crecimiento y se evaluó según la escala de vigor de rebrote establecida por el Programa de Ganadería de Leche y Pastos de la Estación Experimental Santa Catalina.

Tabla 7. Escala de vigor de rebrote

VALOR	SIGNIFICADO
> 9 macollos	Muy bueno
7 - 9 macollos	Bueno
4 - 6 macollos	Regular
< 4 macollos	Deficiente

2.1.9.7. Índice de rebrote

Dicha variable se basó en la medición de la altura de las plantas antes del corte, para lo cual se utilizó una escala de valorización del índice de rebrote.

Tabla 8. Escala de índice de rebrote

ALTURA DE PLANTA (cm)	SIGNIFICADO	VALOR
> 46 cm	Muy bueno	3
32 - 46 cm	Regular	2
< 32 cm	Deficiente	1

(Rodríguez y Velásquez, 2008)

2.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO

En el análisis de suelo, las muestras se recolectaron de manera aleatoria de diferentes zonas de las tres unidades experimentales, perteneciente a cada tratamiento. Posteriormente, se mezclaron hasta homogeneizarlas y hacer una mezcla compuesta, luego se pesó la muestra de laboratorio equivalente a 1 kg.

El análisis bromatológico de la mezcla forrajera, se efectuó con la recolección de muestras en cada unidad experimental, equivalente a 1 m², y se unificó la muestra de cada tratamiento, con un total de diez muestras finales, con un peso aproximado de 1 kg cada una, se colocaron en sacos y se enviaron al laboratorio de Nutrición de la Estación Experimental Santa Catalina.

2.2.1. ANÁLISIS DE SUELO (DETERMINACIÓN DE MACROELEMENTOS)

Para la determinación de macronutrientes presentes en el suelo, se enviaron las muestras tomadas, como se indicó en el punto 2.1.7., al inicio del ensayo, después del primero y tercer corte, con el propósito de evidenciar los cambios ocurridos en el suelo una vez aplicados los tratamientos.

Enviadas las muestras respectivas, se realizó el análisis con la guía metodológica establecida para análisis de suelos (Alvarado, 2008) de uso exclusivo del laboratorio del INIAP-EESSC-DMSA y que facilita la determinación de los contenidos de macro y micro elementos, mediante los métodos indicados en la tabla 4.

2.2.2. VARIABLES NUTRICIONALES EN ESTUDIO

2.2.2.1. Determinación del contenido nutricional de la mezcla forrajera

El contenido bromatológico de la mezcla forrajera se realizó en el primer y último corte, en el que se determinó el contenido de humedad, ceniza, extracto etéreo (E.E), proteína cruda (PC), fibra (FB), fibra detergente ácida (F.D.A.), fibra detergente neutra (F.D.N.) y elementos libres de nitrógeno (E.L.N.).

Inicialmente para el análisis proximal de la mezcla forrajera fue necesario transformar la materia verde recolectada a materia seca, por lo que se colocaron 500 g de cada muestra, en una estufa a 65 °C, durante 12 h, en latas de aluminio, previamente lavadas y secadas. Concluido el tiempo establecido, se retiraron las muestras, se pesaron y fueron molidas en un mortero, finalmente se pasaron por un tamiz de 0.5 mm y el resultante del tamizado, se guardó en frascos plásticos con la identificación respectiva a cada tratamiento.

2.2.2.1.1. Determinación de proteína cruda (PC)

Se pesó la materia seca y se colocó en un balón de digestión que contenía ácido sulfúrico concentrado y una mezcla catalizadora (sulfato de potasio, sulfato cúprico pentahidratado y dióxido de selenio), seguidamente se colocó en el digestor Kjeldahl a su máxima temperatura, durante 1 h.

En un vaso de precipitación se puso ácido bórico e indicador mixto (mezcla de rojo de metilo y verde de bromocresol), y se colocó en el destilador.

En el balón se agregó agua destilada con hidróxido de sodio, y se puso en el condensador del destilador para procesarlo.

El resultante de la destilación, se tituló con ácido clorhídrico y una vez obtenido el cambio de color de azul a marrón, se determinó la cantidad de nitrógeno presente en las muestras. Para calcular el porcentaje de proteína presente en la mezcla forrajera analizada, se utilizó la ecuación (1) obtenida por el Departamento de Nutrición de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, citada por Medina 2009.

$$\%P = \frac{(Vm - Vb) * N * 0.014 * 6.25}{Pm} * 100 \quad \text{Ec (1)}$$

Donde:

%P:	porcentaje de proteína
N:	normalidad del ácido titulante
Vm:	mL de ácido gastado en la muestra
Vb:	mL de ácido gastado en el blanco
Pm:	peso de la muestra
0.014:	factor proteico del N

2.2.2.1.2. Determinación de la fibra (FB)

Para la determinación del porcentaje de fibra bruta presente en la mezcla forrajera, se utilizó el digestor de fibra bruta durante 30 min, en el cual se colocó la

muestra seca con ácido sulfúrico, adicionalmente se colocó ácido isoamílico con el objetivo de evitar que la mezcla produzca espuma al momento de la digestión ácida. Para la digestión alcalina se añadió, en el mismo digestor, hidróxido de sodio, y nuevamente el digestor se encendió por 30 min.

Terminadas las digestiones tanto ácida como alcalina, se filtraron las muestras y se enjuagaron con ácido sulfúrico y agua desmineralizada caliente, finalmente se lavó con hexano. Posteriormente, se llevaron las muestras a una estufa (105 °C), durante 12 h, luego se colocaron en un desecador y se pesaron.

Finalmente, se calcinó la muestra en una mufla a 600 °C, durante 4 h, para eliminar residuos orgánicos, se dejó enfriar y se pesó.

Para el cálculo del porcentaje de fibra bruta se utilizó la ecuación (2), planteada por el Departamento de Nutrición de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, citada por Medina 2009.

$$\% F = \frac{P_{cf} - P_{cc}}{P_m} * 100 \quad \text{Ec (2)}$$

Donde:

- %F: porcentaje de fibra bruta
- P_{cf}: peso del crisol secado a 105 °C
- P_{cc}: peso del crisol después de la incineración
- P_m: peso de la muestra en gramos

2.2.2.1.3. Determinación del porcentaje de humedad (%H)

Se pesaron 2 g aproximadamente de muestra, por separado se tomó el peso de las latas vacías, seguidamente se colocaron las muestras en las latas y se llevaron a la estufa a 105 °C por 12 h.

Finalizado el tiempo, se sacaron las muestras, se colocaron en un desecador y se pesaron. Con los datos obtenidos se aplicó la ecuación (3), según el Departamento de Nutrición de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, citada por Medina 2009.

$$\%H = \frac{Prmh - Prms}{Prmh - Pr} * 100 \quad \text{Ec (3)}$$

Donde:

- %H: porcentaje de humedad
 Pr: peso del recipiente
 Prmh: peso del recipiente más muestra húmeda
 Prms: peso del recipiente más muestra seca

2.2.2.2. Determinación de porcentaje de fibra detergente ácida (FDA)

Se colocó en un vaso de precipitación la muestra seca, se mezcló con solución detergente ácido y antiespumante, se ubicó el vaso en el equipo de reflujo y se calentó hasta conseguir el punto de ebullición en la mezcla.

Se colocó lana de vidrio en los crisoles filtrantes, se lavó con agua tibia, y se taró en la estufa, durante 2 h, a 105 °C. Luego se llevó a un desecador, se enfrió y se pesó.

La solución preparada se filtró por los crisoles tarados, el sobrante se lavó con agua caliente desmineralizada, además se utilizó un poco de hexano y se secó con una trompa de agua mediante succión. Al final, se pusieron los crisoles en la estufa a 105 °C, durante una noche, una vez secos, se enfriaron en un desecador y se pesaron.

Según los datos obtenidos para transformarlo a porcentaje de FDN se aplicó la ecuación (5), planteada por el Departamento de Nutrición de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, citada por Medina 2009.

$$\%FDA = \frac{Pc - Pb}{Pm} * 100 \quad \text{Ec (5)}$$

Donde:

%FDA: porcentaje de fibra detergente ácida

Pc: peso del crisol

Pb: peso de la fibra más crisol

Pm: peso de la muestra

2.2.2.3. Determinación de la fibra detergente neutra (FDN)

Se colocó en un vaso de precipitación la muestra seca para solubilizarla con solución detergente neutra, alcohol isoamílico, y sulfito de sodio, en el orden indicado. El procedimiento para analizar la muestra es similar al descrito en el numeral 2.2.2.3, con la diferencia de que en este caso no se utiliza antiespumante, por lo cual una vez conseguida la ebullición de la mezcla, se disminuye la temperatura para evitar la formación de espuma.

Terminado el proceso y obtenidos los datos, se determinó el porcentaje de FDN presente en la mezcla forrajera con la aplicación de la ecuación (6), según el Departamento de Nutrición de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, citada por Medina 2009.

$$\%FDN = \frac{Pc - Pb}{Pm} * 100 \quad \text{Ec (6)}$$

Donde:

%FDN: porcentaje de fibra detergente neutro

Pc: peso del crisol

Pb: peso de la fibra mas crisol

Pm: peso de la muestra

2.2.2.4. Determinación de la digestibilidad *in vitro* de la mezcla forrajera

Este método es una adaptación del procedimiento de dos etapas de Tilley y Terry, que es una réplica del proceso digestivo de los rumiantes.

Primera etapa

Se colocaron las muestras en un tubo para digestibilidad y se dejó en la estufa a 39 °C, por 24 h.

De un toro fistulado, se extrajo el líquido ruminal mediante una bomba manual, se recogió en un termo precalentado a 40 °C. Se filtró el líquido ruminal en una probeta. Se midió el pH y se adicionó la saliva artificial, esta mezcla se colocó en cada tubo, se tapó con las válvulas Bunsen y, posteriormente, se incubó a 39 °C, por 48 h, los tubos se agitaron tres veces al día.

Segunda etapa

Se lavaron las tapas con agua destilada y se añadieron 6 mL de ácido clorhídrico, al 20%, con agitación constante. Se adicionaron 2 mL de pepsina al 5% en cada tubo. Se volvió a incubar a 39 °C, por 48 h y se agitaron tres veces al día.

En los crisoles filtrables se puso una cantidad de lana de vidrio y se llevó a una estufa a 105 °C por 4h, concluido el tiempo se retiraron los crisoles de la estufa, se enfriaron y se pesaron.

Se transfirió cuantitativamente el contenido de los tubos a los crisoles. Se lavaron los tubos con agua caliente y se colocaron en una estufa a 105 °C, durante una noche.

Finalmente, con los datos obtenidos se aplicó la ecuación (8) para determinar el porcentaje de materia seca que se ha digerido.

$$\%MSDIV = \frac{MS_{inicial} - (MS_{residual} - MS_{blancos})}{MS_{inicial}} * 100 \quad \text{Ec (8)}$$

$$\%MS = \frac{c - a}{b - a} * 100$$

$$\%MS_{inicial} = \frac{e * \%MS}{c}$$

$$\%MS_{residual} = g - f(\text{de los tubos con muestra})$$

$$\%MS_{blancos} = g - f(\text{promedio de los tubos blancos})$$

Donde:

- a: crisol de porcelana tarado
- b: crisol de porcelana mas muestra
- c: crisol más muestra seca
- e: muestra puesta en los tubos IN VITRO
- f: crisol filtrable tarado
- g: crisol filtrable más residuo seco
- h: crisol filtrable más residuo incinerado

2.3. ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO

El análisis beneficio costo se realizó en base al rendimiento total de materia verde, de materia seca y al porcentaje de digestibilidad de la mezcla forrajera obtenida durante el ensayo. Con el uso de estas variables, se calculo la producción aproximada de leche por hectárea para cada tratamiento. Este resultado se multiplico por el precio del litro de leche en el mercado local que equivale a 0.39 dólares y se obtuvo el beneficio bruto.

También se tomaron en cuenta, los costos de los materiales utilizados, fertilizantes, maquinaria, y mano de obra, cuyos valores fueron proporcionados por el Departamento de Producción de Semillas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP y se encuentran detallados en los anexos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. VARIABLES MORFOAGRONÓMICAS

3.1.1. ALTURA DE PLANTA

En la tabla 9, se observa el análisis de varianza para la altura de planta de una mezcla forrajera bajo tres niveles de fertilización y tres de silicato de magnesio, en tres cortes a los 40, 80 y 120 días.

TABLA 9. Análisis de varianza para altura de planta de una mezcla forrajera bajo tres niveles de fertilización y tres de silicato de magnesio, en tres cortes. INIAP, Cutuglagua, Mejía, Pichincha 2010

FUENTES DE VARIACION	GL	ALTURA DE PLANTA (cm)		
		Primer corte	Segundo corte	Tercer corte
TOTAL	29			
REPETICIONES	2	7.77 **	1.19 ns	0.66 ns
TRATAMIENTOS	(9)	6.80 **	58.84 **	23.72 **
FERTILIZACION (F)	2	19.12 **	179.94 **	69.17 **
SILICATO DE Mg (S)	2	8.40 *	38.33 **	23.50 **
Fx S	4	1.13 ns	8.07 ns	3.32 ns
T10 vs RESTO	1	1.66	60.78 **	14.91 **
ERROR	18	1.14	5.61	1.16
\bar{X} (cm)		29.99	32.44	29.81
CV(%)		3.55	7.30	3.61

** Altamente significativo

* Significativo

ns No existe significación

Al establecer los análisis de varianza para la altura de planta de la mezcla forrajera se encontró diferencias estadísticas para tratamientos a nivel del 1% en cada uno de los cortes, y dentro de los tratamientos se detectó diferencias estadísticas al 1% para los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio

en cada uno de los cortes, a excepción de los niveles de silicato de magnesio en el primer corte, que se diferenció únicamente a nivel del 5%. Además, se encontraron diferencias al comparar el tratamiento T10 (F1F2) (fertilización química + fertilización orgánica) vs el resto de tratamientos, en el segundo y tercer corte, como se aprecia en la tabla 9.

Los promedios generales de altura de planta de la mezcla forrajera fue de 29.99, 32.44 y 29.81 cm, para el primero, segundo y tercer corte, con coeficientes de variación de 3.55, 7.30 y 3.61%, respectivamente.

En la tabla 10 se indican los resultados de la prueba de Duncan al 5 %.

TABLA 10. Efecto del tipo de fertilización sobre la altura de planta de una mezcla forrajera, Duncan 5%.

TIPO DE FERTILIZACIÓN	ALTURA DE PLANTA (cm)		
	1° CORTE	2° CORTE	3° CORTE
F0 SIN FERTILIZACIÓN	28.78±1.72 b	27.37±2.52 c	26.54±1.81 c
F1 FERTILIZACIÓN QUÍMICA	31.56±1.31 a	36.31±2.13 a	31.99±1.29 a
F2 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	29.40±1.41 b	32.22±3.82 b	30.18±2.28 b

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

En esta tabla se aprecia que la fertilización química produjo la mayor altura de planta de la mezcla forrajera en estudio, dentro de cada uno de los cortes establecidos, y es así como la prueba de Duncan al 5% le coloca en el primer rango, con promedios superiores a 31 cm, por el contrario, la menor altura se presentó cuando no se fertilizó la mezcla forrajera, con promedios que no superaron los 29 cm, por lo tanto, la fertilización orgánica presentó alturas intermedias en cada uno de los cortes establecidos, como se aprecia en la tabla 10, y en la figura 1.

Estos resultados corroboran lo manifestado por Brack y Mendiola, 2007, que indica que es necesaria la aplicación de fertilizantes y enmiendas al suelo para mejorar el desarrollo de las pasturas.

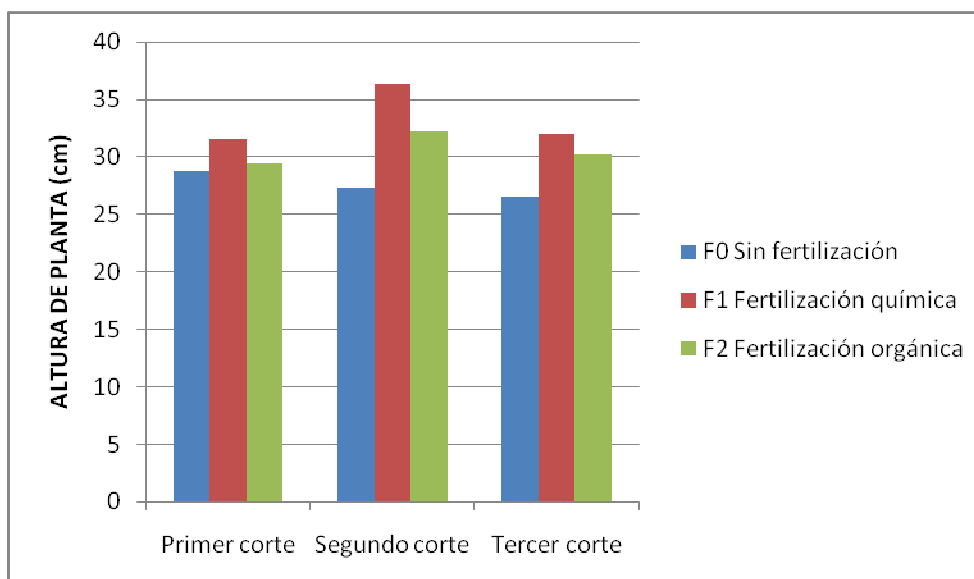


FIGURA 1. Altura de planta de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización

En la tabla 11 se aprecia los resultados de la prueba de Duncan al 5 %, aplicado al segundo factor en estudio que es el silicato de magnesio.

TABLA 11. Efecto del tipo de los niveles de silicato de magnesio sobre la altura de planta en una mezcla forrajera, Duncan 5%.

NIVELES DE SILICATO DE MAGNESIO	ALTURA DE PLANTA (cm)		
	1° CORTE	2° CORTE	3° CORTE
S0 0 kg/ha	28.81±1.62b	29.78±5.23 b	27.70±2.55 b
S1 200 kg/ha	30.35± 1.87 ^a	32.23±3.67 a	30.51±2.29 a
S2 300 kg/ha	30.59±1.79 a	33.88±4.48 a	30.49±3.13 a

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

En esta tabla se observa que el mejor desarrollo de la mezcla forrajera, con respecto a la altura de planta, se presentó cuando se aplicó silicato de magnesio, pues con sus dos niveles alcanzó la mayor altura, estos resultados se diferenciaron estadísticamente de los obtenidos cuando no se aplicó el silicato de magnesio.

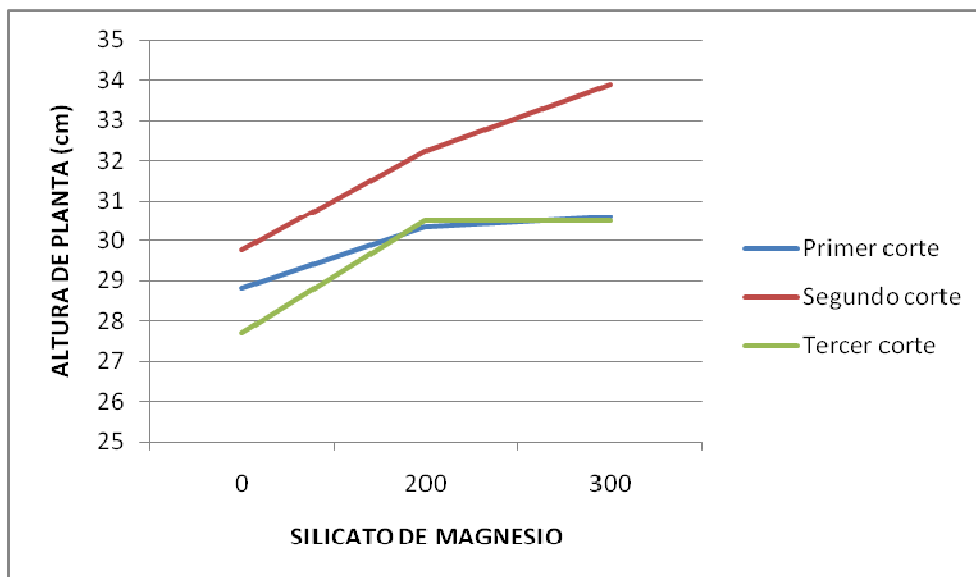


FIGURA 2. Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre la altura de planta de la mezcla forrajera en tres cortes

En la figura 2 se aprecia que, a medida que se aumentó el nivel del silicato de magnesio se incrementó la altura de planta.

Esto confirma la esencialidad del silicio en el suelo como manifiestan Caicedo y Chavarriaga, 2007, además se comprueba que al liberar el fósforo bloqueado en el suelo por la acción del silicato de magnesio aplicado (Bernal, 2008), existe un mejor crecimiento de las plantas al corregir esta deficiencia, como manifiesta Estrada, 2002.

En la tabla 12 y en la figura 3, se observa el efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio.

En esta tabla conjunta se indica que, los mejores tratamientos funcionales dentro de los tres cortes correspondieron en términos generales al T5 (F1S1) y T6 (F1S2), que corresponde a la fertilización química con las aplicaciones de 200 y 300 kg/ha de silicato de magnesio, seguidos de los tratamientos T8 (F2S1) y T9 (F2S2), que corresponden a la fertilización orgánica con las aplicaciones de 200 y 300 kg/ha de silicato de magnesio y el T10 (F1F2) tratamiento compuesto de la fertilización química más la orgánica.

TABLA 12. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la altura de planta de una mezcla forrajera. Duncan 5%.

TRATAMIENTOS	ALTURA DE PLANTA (cm)		
	1° CORTE	2° CORTE	3° CORTE
T1 F0S0	27.51±0.93d	25.07±2.57 d	25.95±1.38 d
T2 F0S1	29.61±1.72 c	28.38±1.57 cd	28.29±1.66 c
T3 F0S2	29.23±2.07 cd	28.68± 2.05cd	26.40±0.24 cd
T4 F1S0	30.26±1.21 bc	35.88±3.15 ab	30.50±0.38 b
T5 F1S1	32.42±0.19 a	35.80±2.36 ab	32.7±40.99 a
T6 F1S2	32.00±1.10 ab	37.24±0.80 a	32.72±0.74 a
T7 F2S0	28.66±1.59 cd	28.40±0.87 cd	27.67±0.97 c
T8 F2S1	29.02±0.93 cd	32.52±2.06 bc	30.51 b±1.55
T9 F2S2	30.52±1.28 abc	35.72±3.60 ab	32.36±0.88 ab
T10 F1F2	30.70±1.39 abc	36.71±2.08 ab	31.92±0.77 ab

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

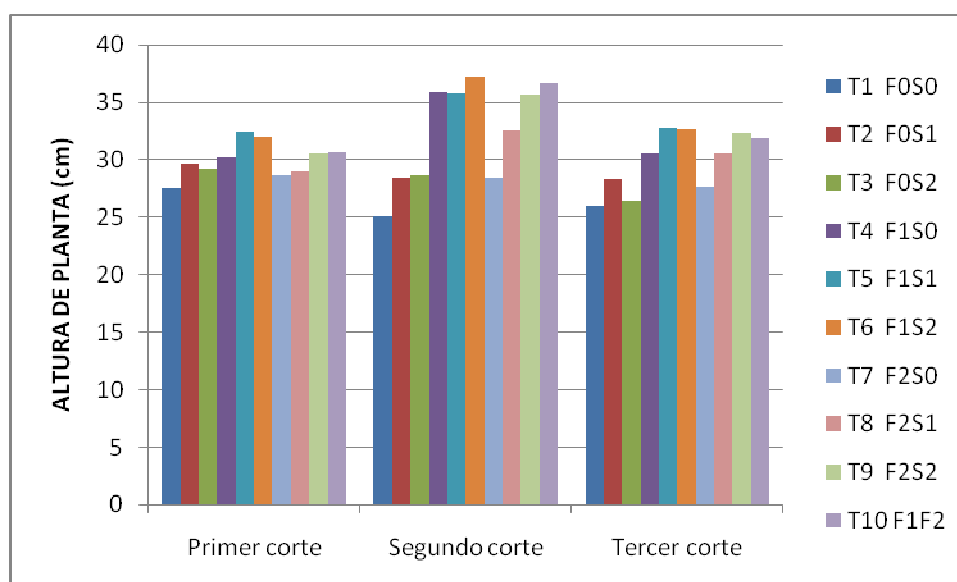


FIGURA 3. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles del silicato de magnesio sobre la altura de planta de la mezcla forrajera en tres cortes, en comparación con la fertilización química más la fertilización orgánica

Adicionalmente, se puede observar en la figura 3, que el tratamiento T1 (F0S0) obtuvo los resultados más bajos, lo cual indica que el suelo no se encontró en buenas condiciones para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo tanto al corregir las deficiencias mediante la fertilización se pudo mejorar las condiciones del suelo y los resultados se manifestaron de manera evidente (Bernal, 2008).

3.1.2. NÚMERO DE MACOLLOS/PLANTA

En la tabla 13 se muestra el análisis de varianza para el número de macollos por planta presentes en una mezcla forrajera durante tres cortes, bajo tres niveles de fertilización y tres de silicato de magnesio.

TABLA 13. Análisis de variancia para el número de macollos por planta de una mezcla forrajera bajo tres niveles de fertilización y tres de silicio, en tres cortes. INIAP, Cutuglagua, Mejía, Pichincha 2010

FUENTES DE VARIACION	GL	MACOLLOS/PLANTA		
		Primer corte	Segundo corte	Tercer corte
TOTAL	29			
REPETICIONES	2	0.03 ns	0.01 ns	0.42 ns
TRATAMIENTOS	(9)	4.94 **	9.14 **	5.83 **
FERTILIZACION (F)	2	8.51 **	18.12 **	16.18 **
SILICIO (S)	2	8.47 **	15.25 **	4.12 **
Fx S	4	1.41 **	1.66 **	1.75 *
T10 vs RESTO	1	4.85 **	8.89 **	4.85 **
ERROR	18	0.32	0.25	0.38
$\bar{X}(N^{\circ})$		7.06	6.57	5.93
CV(%)		8.07	7.56	10.47

** Altamente significativo

* Significativo

ns No existe significación

En la tabla 13, se aprecia que, al establecer el análisis de varianza del número de macollos/planta de la mezcla forrajera en cada uno de los tres cortes establecidos, no se encontraron diferencias estadísticas para repeticiones; mientras que, los tratamientos, así como el resto de fuentes de variación, tipos de fertilización, niveles de silicato de magnesio, la interacción de estos dos factores y la comparación T10 vs RESTO, presentaron diferencias estadísticas a nivel del 1% a excepción de la interacción en el tercer corte que presentó significación estadística únicamente a nivel del 5%.

Los promedios generales del número de macollos/planta fueron de 7.06, 6.57 y 5.93 cm, para el primero, segundo y tercer corte, respectivamente, con coeficientes de variación de entre 7.56 a 10.47%.

La tabla 14, muestra el efecto de la fertilización química sobre la producción de macollos por planta en la mezcla forrajera para cada uno de los cortes analizados.

TABLA 14. Efecto del tipo de fertilización sobre el número de macollos por planta de una mezcla forrajera. Duncan al 5%

TIPO DE FERTILIZACIÓN	MACOLLOS/PLANTA		
	1° CORTE	2° CORTE	3° CORTE
F0 SIN FERTILIZACIÓN	5.87±0.85 c	4.89±1.23 c	4.38±0.64 c
F1 FERTILIZACIÓN QUÍMICA	7.78±1.08 a	7.71±0.86 a	7.04±0.75 a
F2 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	7.13±1.26 b	6.56±1.70 b	5.96±1.38 b

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

Para alcanzar un mejor macollamiento de la mezcla forrajera es importante la aplicación de la fertilización química, como se aprecia en la tabla 14, en la cual, la prueba de Duncan al 5% le coloca en el primer rango, para cada uno de los cortes establecidos con el mayor número de macollos/planta.

En la figura 4, se aprecian objetivamente las diferencias entre la fertilización química, la orgánica y más aún cuando no se aplicó ninguna fertilización.

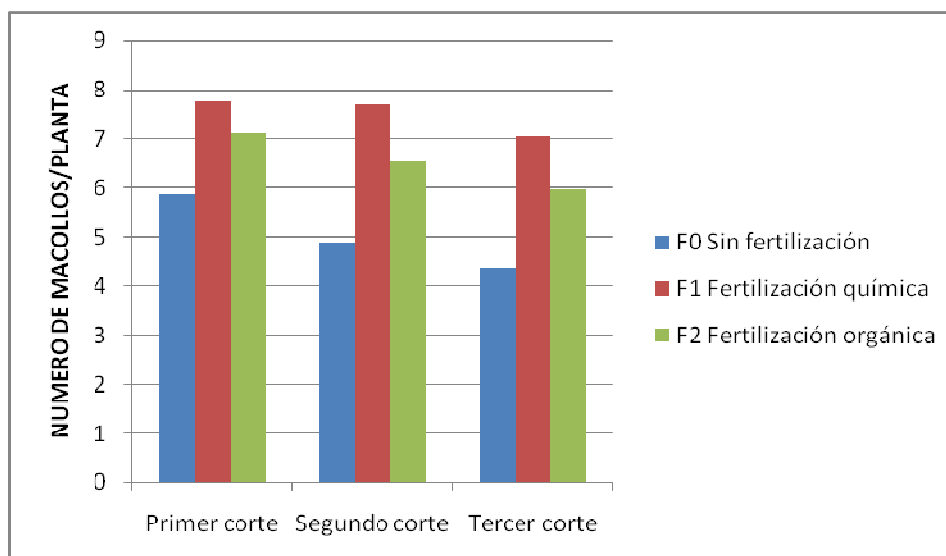


FIGURA 4. Número de macollos/planta de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización

Con los resultados obtenidos se puede observar la importancia de la fertilización química en los pastizales, puesto que dentro del desarrollo de la planta se toma en cuenta a más de la altura de planta, también el número de macollos por planta, cobertura y rendimiento, de esta manera lo indicado por Brack y Mendiola, 2007, se cumple nuevamente para el número de macollos por planta.

En la tabla 15, se aprecia que bajo la aplicación de silicato de magnesio se logró un mayor número de macollos por planta en relación a la no aplicación y en la figura 5 se puede apreciar que a medida que se incrementó el nivel del silicato de magnesio se aumentó el número de macollos/planta, especialmente en los dos primeros cortes.

TABLA 15. Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre el número de macollos por planta de una mezcla forrajera, Duncan 5%.

NIVELES DE SILICATO DE MAGNESIO	MACOLLOS/PLANTA		
	1° CORTE	2° CORTE	3° CORTE
S0 0 kg/ha	5.82±0.83 b	4.91±1.58 c	5.02±1.47 b
S1 200 kg/ha	7.31±1.39 a	6.87±1.49b	6.07±1.17 a
S2 300 kg/ha	7.64± 0.94a	7.39±1.07 a	6.29±1.53 a

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

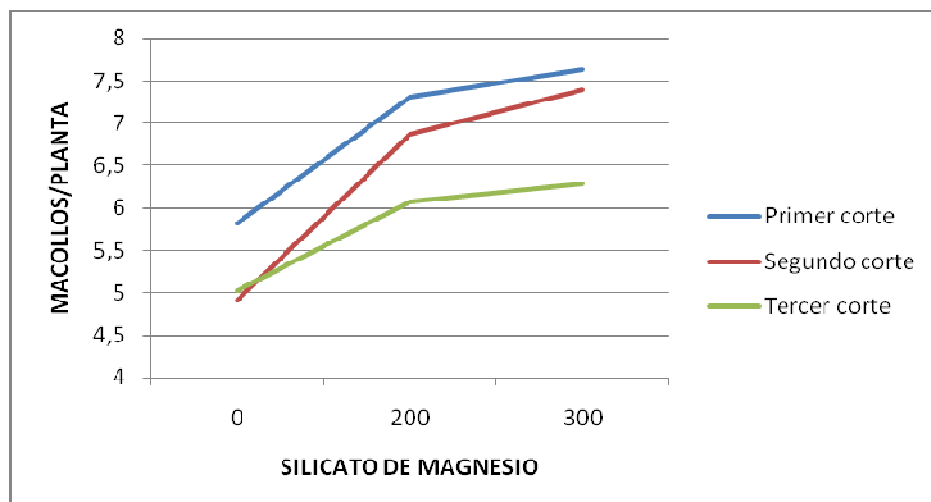


FIGURA 5. Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre el número de macollos/planta de la mezcla forrajera en tres cortes

Estos resultados corroboran con lo manifestado por Caicedo y Chavarriaga, 2007, sobre la influencia y esencialidad del silicio en el suelo.

En la tabla 16 y en la figura 6 se observa el efecto conjunto de la fertilización con los niveles de silicato de magnesio en los tres cortes.

TABLA 16. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el número de macollos por planta de una mezcla forrajera. Duncan 5%.

TRATAMIENTOS	MACOLLOS/PLANTA		
	1° CORTE	2° CORTE	3° CORTE
T1 F0S0	5.13±0.83 f	3.33±0.31 e	3.93±0.58 c
T2 F0S1	5.87±0.31 ef	5.33±0.31 cd	4.73±0.31 c
T3 F0S2	6.60±0.72 de	6.00±0.20 bc	4.47±0.83 c
T4 F1S0	6.53±0.23 de	6.80±0.69b	6.73±1.15 ab
T5 F1S1	8.93±0.42 a	8.53±0.42 a	7.40±0.20 a
T6 F1S2	7.87±0.31 bc	7.80±0.20 a	7.00±0.72 ab
T7 F2S0	5.80±0.72 ef	4.60±0.40 d	4.40±0.53 c
T8 F2S1	7.13± 0.61cd	6.73±0.93 b	6.07±0.12 b
T9 F2S2	8.47±0.42 ab	8.33±0.12 a	7.40±0.72 ^a
T10 F1F2	8.27±0.50 ab	8.20±0.53 a	7.13±0.23 ab

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

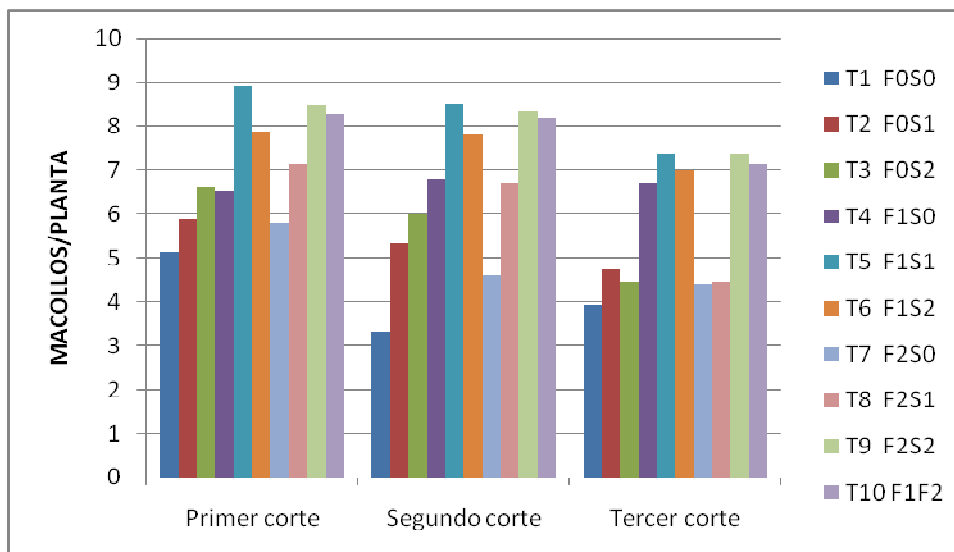


FIGURA 6. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el número de macollos/planta de la mezcla forrajera en tres cortes, en comparación con la fertilización química más la fertilización orgánica.

Tanto en la tabla 16 como en la figura 6, se puede evidenciar que el tratamiento más funcional a lo largo de los tres cortes establecidos correspondió al T5 (F1S1) fertilización química con la aplicación de 200 kg/ha de silicato de magnesio, seguido del tratamiento T9 (F2S2) fertilización orgánica con la aplicación de 300 kg/ha de silicato de magnesio y T10 (F1F2) que corresponde a la fertilización química mas la orgánica. Tratamientos que se encuentran ocupando los primeros lugares del primer rango mediante la prueba de Duncan al 5%, el tratamiento que presentó el menor número de macollos fue el T1 (F0S0) que no presenta ninguna fertilización y aplicación de silicato de magnesio.

El efecto individual que realizan tanto la fertilización química, orgánica y el silicio es evidente, pero aun más, lo es la interacción que realizan los factores dentro de sus diferentes niveles de fertilización, por lo tanto se confirma la teoría de Bernal, 1994, de que la fertilización de pastos y forrajes es una de las mejores herramientas para incrementar la oferta forrajera por unidad de superficie.

3.1.3. PORCENTAJE DE COBERTURA

TABLA 17. Análisis de varianza para el porcentaje de cobertura una mezcla forrajera bajo tres tipos de fertilización y tres de silicio, en tres cortes. INIAP, Cutuglagua, Pichincha 2010

FUENTES DE VARIACION	GL	PORCENTAJE DE COBERTURA		
		Primer corte	Segundo corte	Tercer corte
TOTAL	29			
REPETICIONES	2	20.83 ns	43.33 ns	40.83 ns
TRATAMIENTOS	(9)	67.13 **	171.85 **	441.11 **
FERTILIZACION (F)	2	145.37 **	381.48 **	848.15 **
SILICIO (S)	2	45.37 *	162.04 **	462.04 **
Fx S	4	27.31 ns	25.93 ns	166.20 **
T10 vs RESTO	1	113.43**	355.93 **	684.81 **
ERROR	18	11.57	20.19	18.61
$\bar{X}(\%)$		64.17	64.33	65.67
CV(%)		5.30	6.77	6.57

** Altamente significativo

* Significativo

ns No existe significación

En la tabla 17 los análisis de variancia para el porcentaje de cobertura en los tres cortes presentó diferencias estadísticas para tratamientos al nivel del 1%, además se encontraron diferencias estadísticas entre los tipos de fertilización y niveles de aplicación de silicato de magnesio y en la comparación T10 vs resto, a excepción de los niveles de silicato de magnesio en el primer corte que únicamente presentó diferencias al 5%. Además, se encontró en el tercer corte significación estadística en la interacción de los tipos de fertilización por niveles de silicato de magnesio a nivel del 1%, por lo tanto en este corte los dos factores en estudio actuaron dependientemente.

Los coeficientes de variación están entre 5.30, 6.77 y 6.57% para el primero, segundo y tercer corte, lo cual indica que el análisis realizado es confiable.

La tabla 18, muestra la prueba de Duncan al 5% para los niveles de fertilización de la mezcla forrajera.

TABLA 18. Efecto del tipo de fertilización sobre el porcentaje de cobertura de una mezcla forrajera. Duncan 5%.

TIPO DE FERTILIZACION	PORCENTAJE DE COBERTURA		
	1° CORTE	2° CORTE	3° CORTE
F0 SIN FERTILIZACIÓN	58.89±3.33 b	57.78±6.18 b	53.33±11.99 c
F1 FERTILIZACIÓN QUÍMICA	66.11±4.17 a	70.00±5.59 a	72.22±6.18 a
F2 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	65.56±5.27 a	67.78±6.18 a	66.67±7.91 b

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

En esta tabla se puede apreciar que la fertilización química aplicada a la mezcla forrajera dio lugar a un mayor porcentaje de cobertura de la mezcla forrajera, por lo tanto, mediante la prueba de Duncan al 5% se coloca en el primer lugar en los dos primeros cortes, sin diferenciarse estadísticamente de la fertilización orgánica, mientras que en el tercer corte si se diferenció de la orgánica.

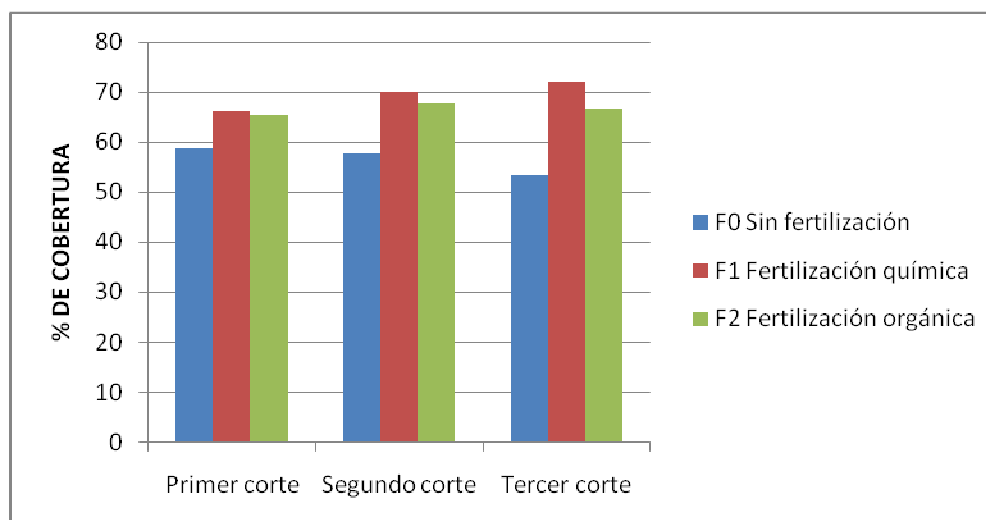


FIGURA 7. Porcentaje de cobertura de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización.

Los resultados obtenidos se deben a la disponibilidad inmediata de los nutrientes químicos en el suelo, mientras que los orgánicos se encuentran disponibles pero

a mediano o largo plazo (Bernal, 1994). Los promedios obtenidos con esta fertilización fueron de 66.11, 70.00 y 72.22% para el primero, segundo y tercer corte, respectivamente, los menores porcentajes de cobertura correspondieron a las parcelas donde no se fertilizó con promedios que no superaron el 59%, como se indica en la figura 7.

La tabla 19 y figura 8, indican la influencia del silicato de magnesio sobre el porcentaje de cobertura de la mezcla forrajera, así como también los resultados de la prueba Duncan al 5%.

TABLA 19. Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre el porcentaje de cobertura de una mezcla forrajera. Duncan 5%.

NIVELES DE SILICATO DE MAGNESIO	PORCENTAJE DE COBERTURA		
	1° CORTE	2° CORTE	3° CORTE
S0 0 kg/ha	61.11±5.46 b	60.56±8.46 b	56.11±15.37 b
S1 200 kg/ha	63.89±5.46 ab	66.11±6.97 a	66.11±7.82 a
S2 300 kg/ha	65.56±4.64 a	68.89±6.51 a	70.00±6.61 a

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

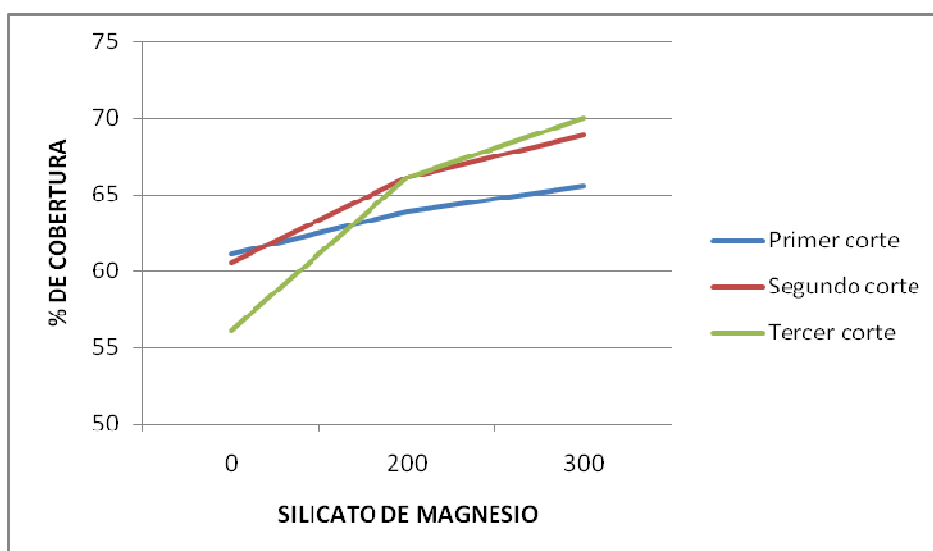


FIGURA 8. Porcentaje de cobertura de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres niveles de silicato de magnesio

En la tabla 19, se evidencia que la aplicación del silicato de magnesio permitió un incremento en el porcentaje de cobertura de la mezcla forrajera, especialmente bajo la aplicación de 300 kg/ha, pero sin diferenciarse estadísticamente del nivel de 200 kg/ha mediante la prueba de Duncan al 5%. El menor porcentaje de cobertura, se encontró en las parcelas donde no se aplicó este producto.

En la figura 8 se puede observar objetivamente ha medida que se incrementó el nivel de silicato de magnesio aumentó el porcentaje de cobertura de la mezcla forrajera, por lo tanto, al igual que se mencionó en el análisis de las variables anteriores, los resultados mostrados concuerdan con lo manifestado por Bernal, 2008 y Caicedo y Chavarriaga, 2007, sobre la esencialidad del silicio en el suelo y los beneficios que la aplicación del silicato de magnesio proporcionan a este.

La tabla 20 y la figura 9, muestra el efecto conjunto de los niveles de fertilización junto con los niveles de silicato de magnesio en la mezcla forrajera, durante los tres cortes.

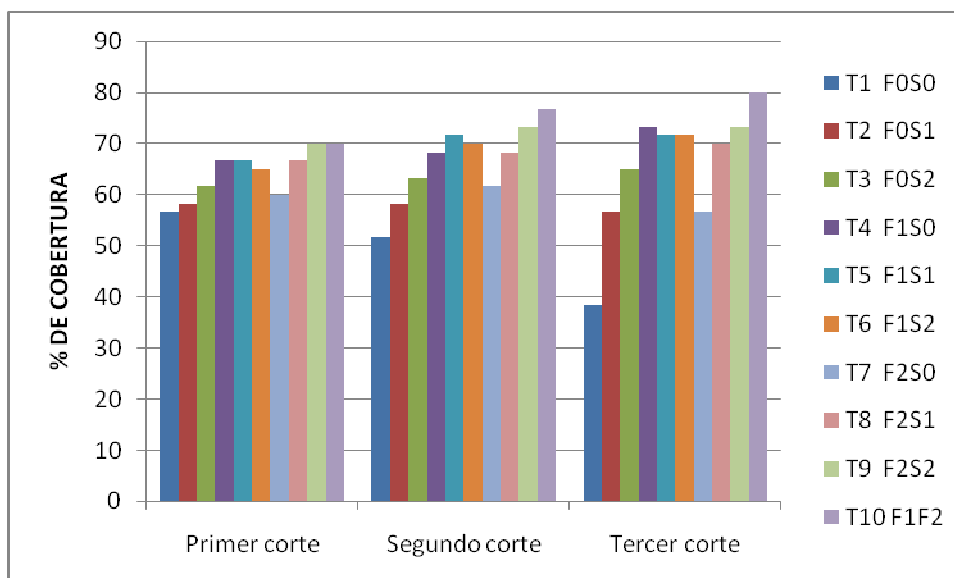


FIGURA 9. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles del silicato de magnesio sobre el porcentaje de cobertura de la mezcla forrajera en tres cortes, en comparación con la fertilización química más la fertilización orgánica

TABLA 20. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el porcentaje de cobertura de una mezcla forrajera. Duncan 5%.

TRATAMIENTOS	PORCENTAJE DE COBERTURA		
	1° CORTE	2° CORTE	3° CORTE
T1 F0S0	56.67±2.89 d	51.67±5.77 e	38.33±2.89 f
T2 F0S1	58.33±2.89 d	58.33±2.89 de	56.67±2.89 b
T3 F0S2	61.67±2.89 bcd	63.33±2.89 bcd	65.00±0.00 c
T4 F1S0	66.67±2.89 ab	68.33±2.89 abc	73.33± 2.89 ab
T5 F1S1	66.67±5.77 ab	71.67±5.77 ab	71.67±5.77 bc
T6 F1S2	65.00±5.00 abc	70.00±8.66 abc	71.67±10.41 bc
T7 F2S0	60.00±5.00 cd	61.67±5.77 cd	56.67± 2.89b
T8 F2S1	66.67±2.89ab	68.33±2.89 abc	70.00±0.00 bc
T9 F2S2	70.00±0.00 a	73.33±2.89 a	73.33±2.89 ab
T10 F1F2	70.00±0.00 a	76.67±2.89 a	80.00±5.00 a

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

Muy importante resultó la aplicación conjunta de la fertilización química y la fertilización orgánica pues con este tratamiento se logró la mayor cobertura de la mezcla forrajera, con promedios de 70.00, 76.67 y 80.00% para el primero, segundo y tercer corte, respectivamente, seguido del tratamiento T9 (F2S2) con promedios ligeramente inferiores, la menor cobertura se presentó con el tratamiento T1 (F0S0) al cual no se le dio ninguna fertilización.

Una vez más se pueden apreciar los beneficios de la aplicación conjunta de los dos factores en estudio, cuyas razones se han descrito anteriormente las mismas que indican las ventajas de la utilización de cada uno de los factores por separado y la interacción entre estos.

TABLA 21. Análisis de varianza para el rendimiento en ton/ha de materia verde de una mezcla forrajera bajo tres niveles de fertilización y tres de silicio, en tres cortes. INIAP, Cutuglagua, Mejía, Pichincha 2010

FUENTES DE VARIACION	GL	RENDIMIENTO			
		Primer corte	Segundo corte	Tercer corte	TOTAL
TOTAL	29				
REPETICIONES	2	1.07 ns	0.56 ns	0.12 ns	5.16 ns
TRATAMIENTOS	(9)	35.40 **	39.87 **	47.63**	334.59 **
FERTILIZACION (F)	2	115.68 **	62.79 **	112.68 **	848.48**
SILICIO (S)	2	16.56 **	22.90 **	40.95**	228.70 **
Fx S	4	12.65 **	9.27 **	6.20 **	70.49 **
T10 vs RESTO	1	3.56 ns	150.37**	96.60 **	574.94**
ERROR	18	1.41	1.75	0.89	7.35
\bar{X} (ton/ha)		9.97	14.62	12.12	36.70
CV(%)		11.93	9.04	7.80	7.39

** Altamente significativo

* Significativo

ns No existe significación

3.1.4. RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE (ton/ha)

La tabla 21 presenta el análisis de varianza para el rendimiento de materia verde, en la cual, se puede observar que no existen diferencias estadísticas para repeticiones en cada uno de los cortes, mientras que los tratamientos se diferenciaron al nivel del 1%, así como cada una de las fuentes de variación establecidas, tipos de fertilización, niveles de silicato de magnesio, la interacción de estos factores y la comparación T10 vs RESTO, a excepción de este último en el primer corte que no presentó significación estadística.

La tabla 22 muestra el efecto de los niveles de fertilización en una mezcla forrajera, sobre el rendimiento de materia verde.

TABLA 22. Efecto del tipo de fertilización sobre el rendimiento en ton/ha de materia verde de una mezcla forrajera, Duncan 5%.

TIPO FERTILIZACIÓN	RENDIMIENTO (ton/ha)			
	1° CORTE	2° CORTE	3° CORTE	TOTAL
F0 SIN FERTILIZACIÓN	5.83±0.93 c	11.17±1.86 c	7.83±2.48 c	24.83±4.82 c
F1 FERTILIZACIÓN QUÍMICA	12.72±1.76 ^a	16.44±1.24 a	14.88±1.25 a	44.06±3.08 a
F2 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	11.00±3.14 b	14.00 ±3.00b	11.83±2.79 b	36.83±8.76 b

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

En esta tabla se puede observar que, con la fertilización química se logró el mayor rendimiento de materia verde en cada uno de los cortes realizados.

En la figura 10 objetivamente se aprecia el incremento en el rendimiento de materia verde con la fertilización química en cada uno de sus cortes.

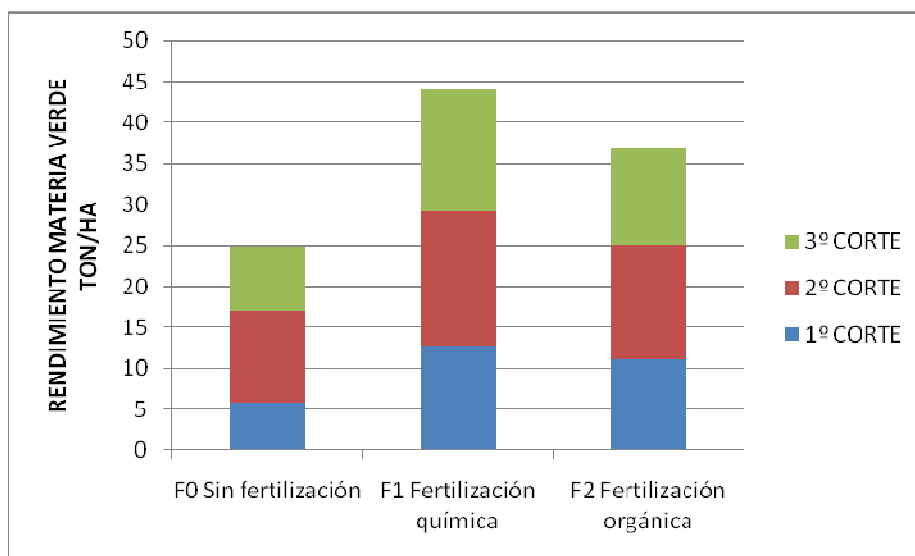


FIGURA 10. Rendimiento de materia verde de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en tres cortes.

Los resultados obtenidos son consecuencia del incremento en la altura de planta, del número de macollos por planta y de la cobertura de la mezcla forrajera en el suelo, que en conjunto proporcionan un mayor rendimiento en los tratamientos respectivos, corroborando con lo manifestado por Bernal, 2005, quién indica que la rentabilidad de las pasturas, está directamente relacionada con el uso de fertilizantes.

La tabla 23 muestra los resultados de la prueba de Duncan 5% para el efecto de los niveles de silicato de magnesio en una mezcla forrajera, sobre el rendimiento de materia verde.

TABLA 23. Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre el rendimiento en materia verde de una mezcla forrajera. Duncan 5%.

NIVELES DE SILICATO DE MAGNESIO	RENDIMIENTO (ton/ha)			
	1º CORTE	2º CORTE	3º CORTE	TOTAL
S0 0 kg/ha	8.33±3.74 b	12.11± 3.75b	9.05±3.59 b	29.50±10.72 b
S1 200 kg/ha	10.28±3.51 a	14.28±2.28 a	12.72±2.90 a	37.28±8.36 a
S2 300 kg/ha	10.94±3.50 a	15.22±2.18 a	12.78±3.49 a	38.94±8.92 a

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

A medida que se incrementó el nivel de silicato de magnesio, también se incrementó el rendimiento de materia verde de la mezcla forrajera en cada uno de los cortes y en el total, sin embargo, mediante la prueba de Duncan al 5% como indica la tabla 23, no se encontraron diferencias estadísticas en los niveles 200 y 300 kg/ha de silicato de magnesio.

En la figura 11, se puede apreciar claramente el aumento de materia verde a medida que se incrementó el nivel de silicato de magnesio, en cada uno de los cortes y en el total.

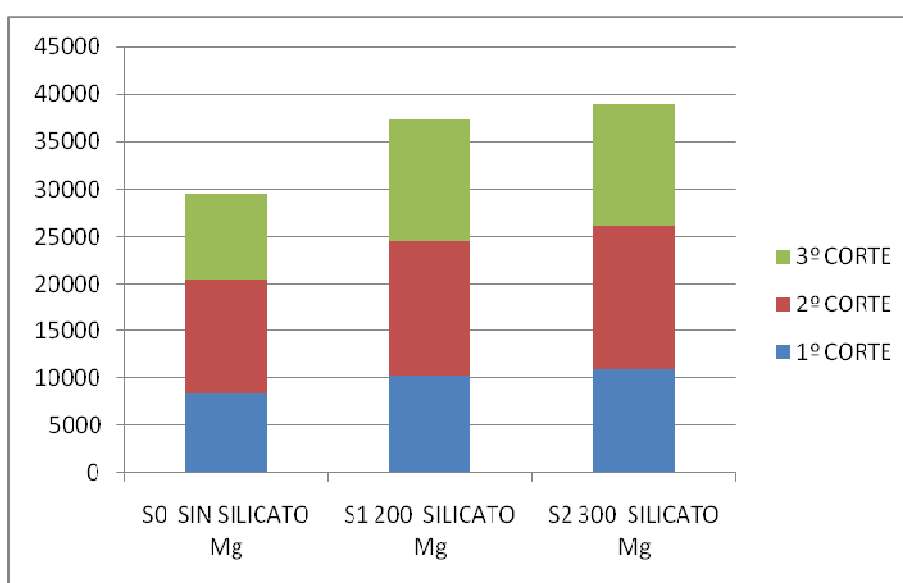


FIGURA 11. Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre el rendimiento de materia verde de la mezcla forrajera, en tres cortes.

En la tabla 24 y figura 12, se aprecia el efecto conjunto de los factores en estudio, sobre el rendimiento de la mezcla forrajera en los tres cortes analizados.

En esta tabla se observa que, en el primer corte los tratamientos que presentaron los mayores rendimientos de materia verde fueron el T5 (F1S1) fertilización orgánica más 200 kg/ha de silicato de magnesio y T9 (F2S2) fertilización orgánica más 300 kg/ha de silicato de magnesio, a partir del segundo corte, se incrementó notablemente el rendimiento del tratamiento T10 (F1F2) fertilización química más fertilización orgánica, presentando el mayor rendimiento total de 49.83 ton/ha, sin diferenciarse estadísticamente de los tratamientos anteriormente indicados. El

menor rendimiento se presentó bajo el tratamiento T1 (F0S0) donde no se aplicó ninguna fertilización, el mismo que alcanzó un rendimiento total de 19.16 ton/ha.

TABLA 24. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el rendimiento de materia verde de una mezcla forrajera. Duncan 5%.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO (ton/ha)			
	1º CORTE	2º CORTE	3º CORTE	TOTAL
T1 F0S0	4.67±0.31 d	9.33±1.26 d	5.17±0.76 g	19.17±2.11 e
T2 F0S1	6.17± 0.51cd	11.67±1.61 cd	10.17±2.25 e	28.00± 3.77d
T3 F0S2	6.67±0.25 cd	12.50±1.28 c	8.17±0.15 f	27.33±1.25 d
T4 F1S0	12.67±2.57 ab	16.67±2.19 b	13.33± 0.29cd	42.66± 4.24b
T5 F1S1	13.83± 0.87a	16.33±1.04 b	16.00±0.50ab	46.17±2.29 ab
T6 F1S2	11.67±1.26 b	16.33±0.42 b	15.33±0.42 b	43.33±2.08 b
T7 F2S0	7.67±0.64 c	10.33±1.53 cd	8.66±0.72 ef	26.67±2.20 d
T8 F2S1	10.83±1.89 b	14.83±0.35 b	12.00±1.30 d	37.67±3.48 c
T9 F2S2	14.50 ±0.50 a	16.83±0.60 b	14.83±0.61bc	46.17±1.70 ab
T10 F1F2	11.00±0.62 b	21.33±1.26 a	17.50±0.70 a	49.83±1.89 a

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

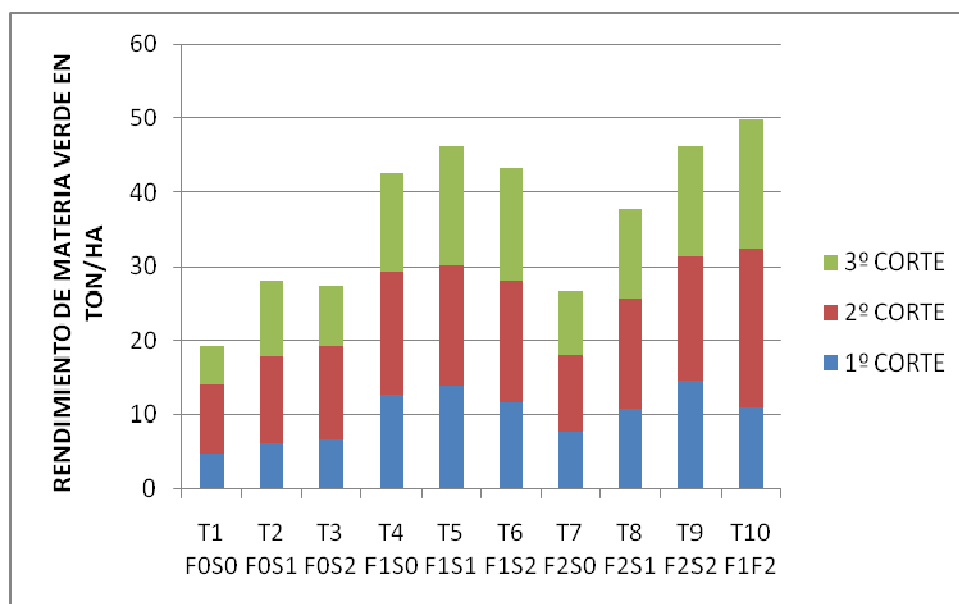


FIGURA 12. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles del silicato de magnesio sobre el rendimiento de materia verde ton/ha de la mezcla forrajera en tres cortes, en comparación con la fertilización química más la fertilización orgánica

Estos resultados demuestran que el silicato de magnesio reaccionó de manera satisfactoria tanto con el fertilizante químico como con el abono orgánico, para establecer un efecto sobre los otros nutrientes presentes en el suelo, lo que le convierte en una alternativa para mejorar sus condiciones y aumentar tanto la producción como la productividad de las cosechas como manifiesta Quero, 2007, citado por Bernal, 2008.

3.1.5. ÍNDICE DE REBROTE

El análisis de variancia para el índice de rebrote de la mezcla forrajera, muestra diferencias para tratamientos al nivel del 1%, así como para cada uno de los factores en estudio, tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio, en cada corte realizado. En el primero y segundo corte se encontraron significación estadística al 1% en la interacción de la fertilización con el silicato de magnesio, además en el segundo corte se manifestaron diferencias estadísticas al mismo nivel en la comparación T10 vs RESTO, no se encontró significación estadística para repeticiones como se observa en la tabla 25.

TABLA 25. Análisis de variancia para el índice de rebrote de una mezcla forrajera bajo tres niveles de fertilización y tres de silicio, en tres cortes. INIAP, Cutuglagua, Mejía, Pichincha 2010

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	ÍNDICE DE REBROTE		
		Primer corte	Segundo corte	Tercer corte
TOTAL	29			
REPETICIONES	2	0.03 ns	0.03 ns	0.23 ns
TRATAMIENTOS	(9)	0.31 **	0.74 **	0.44 **
FERTILIZACION (F)	2	0.59 **	2.26 **	0.70 **
SILICIO (S)	2	0.26 **	0.26 **	0.70 **
Fx S	4	0.26 **	0.26 **	0.20 ns
T10 vs RESTO	1	0.06 ns	0.63 **	0.37 ns
ERROR	18	0.03	0.03	0.12
\bar{X} (cm)		1.13	1.57	1.33
CV(%)		16.11	11.65	26.22

** Altamente significativo

* Significativo

ns No existe significación

La tabla 26 muestra los resultados de la prueba de Duncan 5%, para el efecto del tipo de fertilización sobre el índice de rebrote de la mezcla forrajera en los tres cortes.

TABLA 26. Efecto del tipo de fertilización sobre el índice de rebrote de una mezcla forrajera. Duncan 5%.

TIPO DE FERTILIZACIÓN	ÍNDICE DE REBROTE		
	1° CORTE	2° CORTE	3° CORTE
F0 SIN FERTILIZACIÓN	1.00±0.00 b	1.00±0.00 c	1.00±0.00 b
F1 FERTILIZACIÓN QUÍMICA	1.44±0.53 a	2.00±0.00 a	1.56±0.53 a
F2 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	1.00±0.00 b	1.56±0.53 b	1.33±0.50 a

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

En esta tabla, se aprecia que el índice de rebrote de la mezcla forrajera, fue activado por la fertilización química, logrando obtener la calificación de “regular” (según la escala de valorización para el índice de rebrote), en cada uno de los cortes establecidos, por otro lado un índice de rebrote deficiente se presentó en las pasturas no fertilizadas.

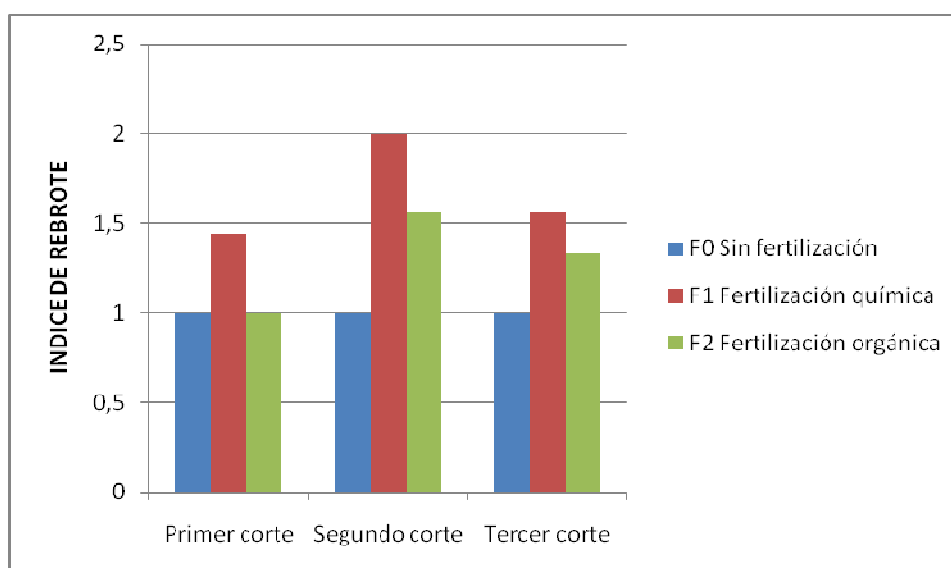


FIGURA 13. Índice de rebrote de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en tres cortes.

En la figura 13, se observa que el mayor índice de rebrote se alcanzó con la fertilización química, cabe indicar que los resultados obtenidos son proporcionales a la altura de planta ya que fueron evaluados según la escala de índice de rebrote establecida por el Programa de Ganadería de Leche y Pastos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

Como se aprecia en la tabla 27, el índice de rebrote para los tratamientos con silicato de magnesio en el primer corte, fueron deficientes, pero a partir del segundo corte la aplicación de 300 kg/ha de silicato de magnesio tiende a manifestar un rebrote regular, esto puede deberse a la acumulación del producto (silicato de magnesio) en el suelo y al tiempo que demora en interactuar con los otros nutrientes esenciales para el desarrollo de las pasturas.

TABLA 27. Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre el número de macollos por planta de una mezcla forrajera. Duncan 5%.

NIVELES DE SILICATO DE MAGNESIO	ÍNDICE DE REBROTE		
	1° CORTE	2° CORTE	3° CORTE
S0 0 kg/ha	1.00±0.00 b	1.33± 0.50b	1.00±0.00 b
S1 200 kg/ha	1.33±0.50 a	1.56±0.53 a	1.33±0.50 a
S2 300 kg/ha	1.11±0.33 b	1.67±0.50 a	1.56±0.53 a

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

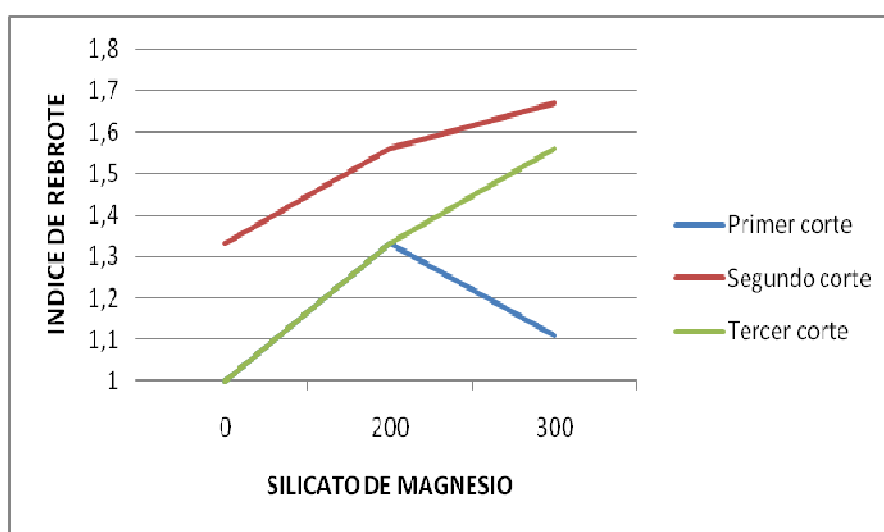


FIGURA 14. Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre el índice de rebrote de la mezcla forrajera en tres cortes

La figura 14, muestra el efecto del silicato de magnesio en tres niveles aplicados, sobre el índice de rebrote de una mezcla forrajera establecida, durante tres cortes.

La tabla 28, muestra el efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el índice de rebrote de una mezcla forrajera establecida en tres cortes.

TABLA 28. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el índice de rebrote de una mezcla forrajera. Duncan 5%.

TRATAMIENTOS	ÍNDICE DE REBROTE		
	1° CORTE	2° CORTE	3° CORTE
T1 F0S0	1.00±0.00 b	1.00±0.00 b	1.00±0.00 b
T2 F0S1	1.00±0.00 b	1.00±0.00 b	1.00±0.00 b
T3 F0S2	1.00±0.00 b	1.00±0.00 b	1.00±0.00 b
T4 F1S0	1.00±0.00 b	2.00±0.00 a	1.00±0.00 b
T5 F1S1	2.00± 0.00a	2.00±0.00 a	1.67±0.58 ab
T6 F1S2	1.33±0.58 b	2.00±0.00 a	2.00±0.00 a
T7 F2S0	1.00±0.00 b	1.00±0.00 b	1.00±0.00 b
T8 F2S1	1.00±0.00 b	1.67±0.58 b	1.33±0.58 b
T9 F2S2	1.00±0.00 b	2.00±0.00 a	1.67±0.58 ab
T10 F1F2	1.00±0.00 b	2.00±0.00 a	1.67±0.58 ab

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

Al analizar todos los tratamientos en estudio, se puede apreciar que ninguno de estos alcanzó la calificación de “muy bueno” según la escala de valorización para el índice de rebrote, sin embargo el tratamiento T5 (F1S1) fertilización química más 200 kg/ha de silicato de magnesio, logró el mejor índice de rebrote en los dos

primeros cortes, por lo que, alcanzó la calificación de “regular”, mientras que el T6 (F1S2) fertilización química más 300 kg/ha de silicato de magnesio, alcanzó dicha calificación en el segundo y tercer corte, los otros tratamientos presentaron esta calificación en un solo corte y los tratamientos en los que no se fertilizaron prácticamente manifestaron un deficiente índice de rebrote como se observa en la tabla 28 y en la figura 15.

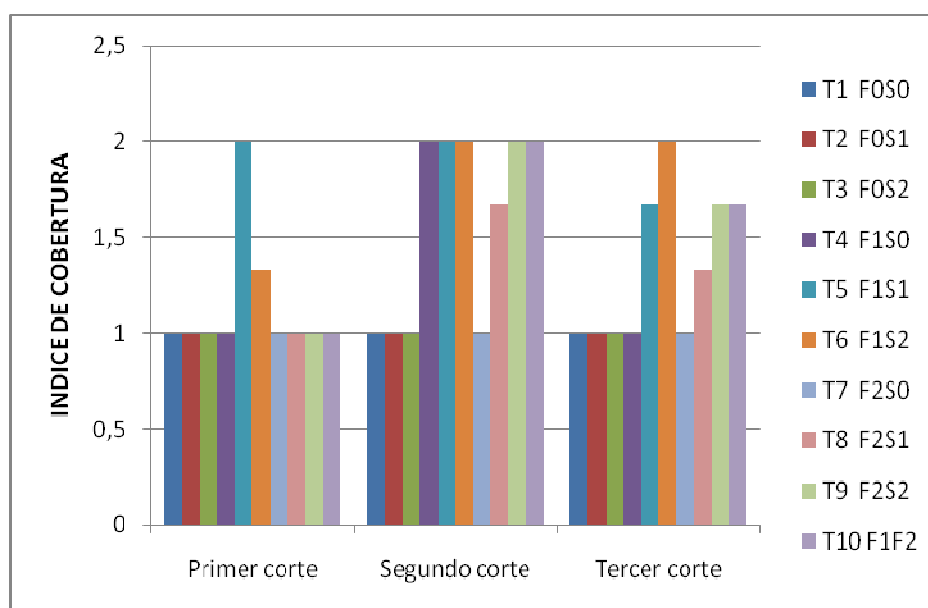


FIGURA 15. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles del silicato de magnesio sobre el índice de rebrote de la mezcla forrajera en tres cortes, en comparación con la fertilización química más la fertilización orgánica

3.1.6. VELOCIDAD DE REBROTE (cm/día)

La velocidad de rebrote de la mezcla forrajera se analizó para observar el desarrollo de la planta en cada semana durante el período de corte.

Las tablas 29, 30 y 31, muestran la velocidad de rebrote de la mezcla forrajera en cada semana, durante los tres cortes realizados.

TABLA 29. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y de niveles de silicato de magnesio sobre la velocidad de rebrote de una mezcla forrajera en el primer corte

TRATAMIENTO	VELOCIDAD DE REBROTE PRIMER CORTE (cm/día)				
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5
T1 F0S0	1.16±0.21 d	1.17±0.13	0.38±0.33	0.24±0.07 a	0.26±0.06
T2 F0S1	1.37± 0.17bc	1.07±0.26	0.43±0.25	0.20± 0.07ab	0.45±0.22
T3 F0S2	1.27±0.14cd	1.23±0.07	0.29±0.11	0.25±0.11 a	0.44±0.28
T4 F1S0	1.49± 0.09ab	1.31±0.12	0.45±0.23	0.02±0.01 c	0.33±0.14
T5 F1S1	1.51±0.15 ab	1.25±0.19	0.54±0.20	0.03±0.04 c	0.59±0.04
T6 F1S2	1.61±0.08 a	1.36±0.20	0.36±0.23	0.07±0.07 bc	0.46±0.09
T7 F2S0	1.29±0.12 cd	1.13±0.10	0.42±0.29	0.25±0.14 a	0.30±0.10
T8 F2S1	1.23±0.24 cd	1.67±0.13	0.32±0.34	0.20±0.03 ab	0.31±0.12
T9 F2S2	1.23±0.13 cd	1.38±0.25	0.43±0.15	0.19±0.06 ab	0.41±0.20
T10 F1F2	1.50±0.06 ab	1.26±0.33	0.46±0.41	0.09±0.08 bc	0.36±0.14

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

TABLA 30. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y de niveles de silicato de magnesio sobre la velocidad de rebrote de una mezcla forrajera en el segundo corte

TRATAMIENTO	VELOCIDAD DE REBROTE SEGUNDO CORTE (cm/día)				
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5
T1 F0S0	0.77±0.15	0.61±0.13c	0.34±0.28	0.28±0.14	0.58± 0.11d
T2 F0S1	0.81±0.07	0.78±0.22 bc	0.55±0.20	0.09±0.13	0.83±0.06bcd
T3 F0S2	0.81±0.05	0.84±0.10 bc	0.50±0.09	0.15±0.09	0.79±0.09bcd
T4 F1S0	1.01±0.02	1.02±0.04 ab	0.44±0.02	0.37±0.34	1.29±0.11 a
T5 F1S1	0.96±0.05	1.24±0.05 a	0.43±0.03	0.43±0.40	1.05±0.29abc
T6 F1S2	0.88±0.20	1.31±0.09a	0.45±0.27	0.43±0.21	1.25±0.19 a
T7 F2S0	0.94±0.13	0.72±0.17 bc	0.54±0.11	0.17±0.15	0.69±0.25 cd
T8 F2S1	0.89±0.09	0.85±0.23 bc	0.76±0.39	0.16±0.21	0.99±0.19abc
T9 F2S2	0.85±0.09	1.24±0.31 a	0.48±0.44	0.36±0.11	1.25±0.22 ab
T10 F1F2	0.95±0.11	1.16±0.03 a	0.59±0.03	0.45±0.14	1.10±0.30 ab

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

TABLA 31. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y de niveles de silicato de magnesio sobre la velocidad de rebrote de una mezcla forrajera en el tercer corte

TRATAMIENTO	VELOCIDAD DE REBROTE TERCER CORTE (cm/día)				
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5
T1 F0S0	0.93± 0.05c	0.88±0.04 de	0.48± 0.07e	0.58±0.17	0.13±0.09
T2 F0S1	1.09±0.05 b	0.78±0.21 e	0.67±0.14bcd	0.54±0.05	0.38±0.16
T3 F0S2	1.04±0.05 b	0.79±0.10 e	0.62± 0.09de	0.55±0.09	0.21±0.04
T4 F1S0	1.19±0.08 a	1.07±0.15abc	0.65± 0.07cd	0.62±0.13	0.27±0.13
T5 F1S1	1.20±0.02 a	1.10±0.09 ab	0.82±0.12 ab	0.54±0.05	0.45±0.19
T6 F1S2	1.23±0.04 a	1.14±0.14 a	0.80±0.10abc	0.59±0.10	0.35±0.09
T7 F2S0	1.05±0.07 b	0.93±0.03cde	0.52± 0.10de	0.63±0.09	0.25±0.06
T8 F2S1	1.20±0.08 a	0.96±0.16bcd	0.67±0.05bcd	0.60±0.26	0.35±0.20
T9 F2S2	1.24±0.02 a	0.90±0.20 de	0.79±0.02abc	0.53±0.53	0.59±0.23
T10 F1F2	1.25±0.01 a	1.00±0.10abcd	0.87±0.08 a	0.51±0.02	0.36±0.11

Letras iguales no son estadísticamente diferentes

En las tres tablas presentadas, se puede observar que en las dos primeras semanas manifiesta la mayor velocidad de rebrote en cada uno de los cortes, esto se debe a que en el inicio del desarrollo vegetativo, la planta aprovecha de la mejor manera los nutrientes disponibles en el suelo y su crecimiento es evidente durante este período, que aproximadamente son 15 días, después de ese tiempo, la planta pierde de cierta manera la disponibilidad de nutrientes por lo cual, su velocidad de crecimiento disminuye considerablemente.

3.1.7. VIGOR DE CRECIMIENTO (%)

En la tabla 32, se detalla el porcentaje de plantas que presentan un vigor de crecimiento muy bueno, bueno, deficiente y regular, calificación que fue designada según la escala de vigor de crecimiento establecida por el Programa de Ganadería de Leche y Pastos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

TABLA 32. Vigor de crecimiento para cada uno de los tratamientos en estudio en base a tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio

TRATAMIENTOS	MUY BUENO (%)	BUENO (%)	REGULAR (%)	DEFICIENTE (%)
T1 F0S0	0.00	0.00	55.56	44.44
T2 F0S1	0.00	0.00	100.00	0.00
T3 F0S2	0.00	11.11	88.89	0.00
T4 F1S0	0.00	44.44	55.56	0.00
T5 F1S1	0.00	100.00	0,00	0.00
T6 F1S2	0.00	100.00	0,00	0.00
T7 F2S0	0.00	0.00	100.00	0.00
T8 F2S1	0.00	33.33	66.67	0.00
T9 F2S2	0.00	88.89	11.11	0.00
T10 F1F2	0.00	88.89	11.11	0.00

En esta tabla se aprecia que el mayor vigor de crecimiento se presentó cuando se aplicó la fertilización química ya sea con el nivel de 200 o 300 kg/ha de silicato de magnesio, en donde el 100% de las unidades experimentales presentaron un vigor de crecimiento bueno, el menor vigor de crecimiento correspondió al tratamiento sin ninguna fertilización, donde el 55.56% de la parcela presentó una calificación regular y el 44.44% deficiente.

Estos resultados se deben a que el vigor de crecimiento está directamente relacionado con la altura de planta en la mezcla forrajera.

3.1.8. VIGOR REBROTE (%)

En la tabla 33, se detalla el porcentaje de plantas que presentan un vigor de rebrote, muy bueno, bueno, deficiente y regular, calificación que fue designada según la escala de vigor de rebrote establecida por el Programa de Ganadería de Leche y Pastos de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

TABLA 33. Vigor de rebrote para cada uno de los tratamientos en estudio en base a tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio

TRATAMIENTOS	MUY BUENO (%)	BUENO (%)	REGULAR (%)	DEFICIENTE (%)
T1 F0S0	0.00	0.00	44.44	55.56
T2 F0S1	0.00	11.11	88.89	0.00
T3 F0S2	0.00	33.33	55.56	11.11
T4 F1S0	0.00	88.89	11.11	0.00
T5 F1S1	11.11	88.89	0.00	0.00
T6 F1S2	0.00	100.00	0.00	0.00
T7 F2S0	0.00	11.11	77.78	11.11
T8 F2S1	0.00	77.78	22.22	0.00
T9 F2S2	0.00	100.00	0.00	0.00
T10 F1F2	0.00	100.00	0.00	0.00

En la tabla 33, se observa que T5 (F1S1) fue el único tratamiento que presentó un vigor de rebrote muy bueno y bueno con el 11.11 % y 88.89% respectivamente, seguido de los tratamientos T6 (F1S2), T9 (F2S2) y T10 (F1F2), que alcanzaron una calificación de bueno en el 100%. La más baja calificación de vigor de rebrote correspondió al T1 (F0S0) con un 44.44% regular y un 55.56% deficiente.

Estos resultados se deben a que, el vigor de rebrote es dependiente del número de macollos que la planta desarrolló durante su período de corte, por lo que los resultados obtenidos concuerdan con lo indicado en el punto 3.1.2.

3.2. VARIABLES NUTRICIONALES

3.2.1. DIGESTIBILIDAD (%)

La tabla 34 y la figura 16, muestran los efectos de los niveles de fertilización sobre la digestibilidad de la mezcla forrajera, tanto en el primero como en el tercer corte.

TABLA 34. Efecto del tipo de fertilización sobre la digestibilidad (%) de una mezcla forrajera

TIPO DE FERTILIZACIÓN	DIGESTIBILIDAD (%)	
	Primer corte	Tercer corte
F0 SIN FERTILIZACIÓN	69.78	68.38
F1 FERTILIZACIÓN QUÍMICA	74.36	70.55
F2 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	72.10	71.07

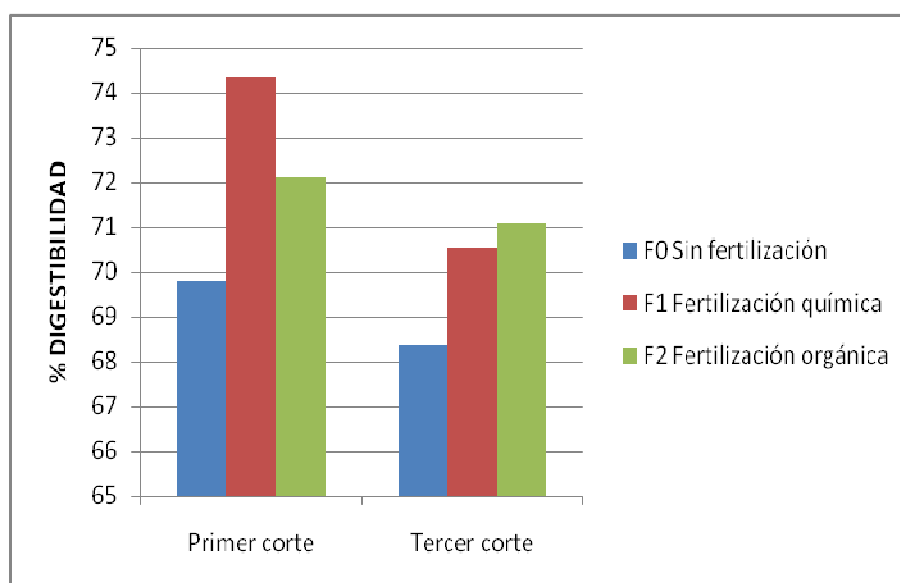


FIGURA 16. Porcentaje de digestibilidad de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en dos cortes.

En la tabla 34, se aprecia que en el primer corte la mayor digestibilidad se presentó con la fertilización química, mientras que en el tercer corte se destacó la fertilización orgánica pero con una pequeña diferencia con relación a la fertilización química, mientras que, la no fertilización obtuvo los porcentajes más bajos de digestibilidad.

En la tabla 35 y en la figura 17, se observan los efectos de los niveles de silicato de magnesio sobre la digestibilidad de la mezcla forrajera, tanto en el primer como en el segundo corte.

TABLA 35. Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre la digestibilidad (%) de una mezcla forrajera.

NIVELES DE SILICATO DE MAGNESIO	DIGESTIBILIDAD (%)	
	Primer corte	Tercer corte
S0 0 kg/ha	69.04	67.59
S1 200 kg/ha	73.34	70.95
S2 300 kg/ha	73.86	71.46

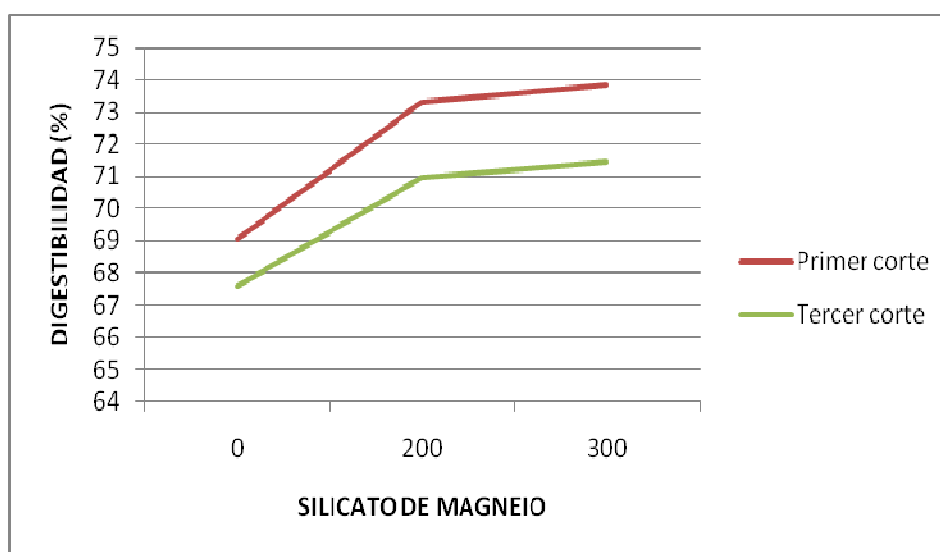


FIGURA 17. Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre la digestibilidad de la mezcla forrajera en dos cortes

Se puede apreciar que la mayor digestibilidad se presentó con el nivel de 300 kg/ha de silicato de magnesio tanto en el primero como en el tercer corte, mientras que en los tratamientos cuando no se aplicó silicato de magnesio obtuvieron los porcentajes de digestibilidad más bajos.

En la tabla 36, se indica el efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la digestibilidad de la mezcla forrajera en los dos cortes analizados.

TABLA 36. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la digestibilidad (%) de una mezcla forrajera

TRATAMIENTOS	DIGESTIBILIDAD (%)	
	Primer corte	Tercer corte
T1 F0S0	61.66	67.37
T2 F0S1	72.45	69.19
T3 F0S2	75.22	68.58
T4 F1S0	75.00	69.42
T5 F1S1	74.96	72.36
T6 F1S2	73.12	69.86
T7 F2S0	70.45	65.98
T8 F2S1	72.60	71.31
T9 F2S2	73.24	75.93
T10 F1F2	69.74	72.09

En esta tabla se observa que la mayor digestibilidad se presentó en el tratamiento T3 (F0S2) en el primer corte, mientras que en el tercer corte correspondió al tratamiento T9 (F2S2), por lo tanto se demuestra que el incremento de la digestibilidad, se debe específicamente a la acción del silicato de magnesio en el suelo, ya que los dos tratamientos que presentaron los porcentajes de digestibilidad más altos contenían 300kg/ha de silicato de magnesio.

Estos resultados demuestran que la presente investigación se ha enfocado también en el aprovechamiento animal y no únicamente en el rendimiento de materia verde por unidad de superficie como lo han hecho la mayoría de trabajos de investigación, según señala Díaz *et al.*, 2004.

3.2.2. MATERIA SECA (%)

En la tabla 37 y la figura 18, se indican los porcentajes de materia seca presentes en una mezcla forrajera, según los niveles de fertilización asignados.

TABLA 37. Efecto del tipo de fertilización sobre la materia seca (%) de una mezcla forrajera

TIPO DE FERTILIZACIÓN	MATERIA SECA (%)	
	Primer corte	Tercer corte
F0 SIN FERTILIZACIÓN	20.93	22.77
F1 FERTILIZACIÓN QUÍMICA	17.20	19.76
F2 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	18.13	19.54

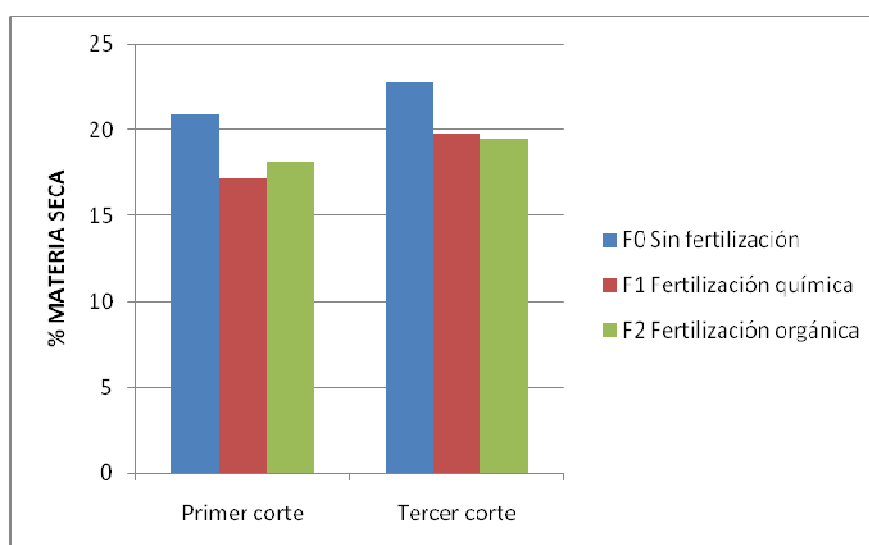


FIGURA 18. Porcentaje de materia seca de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en dos cortes

En la figura 18, se observa que, el mayor contenido de materia seca se obtuvo cuando no se fertilizó, en relación a la fertilización química y orgánica, este resultado se debe a que la planta al no poseer los nutrientes necesarios para su crecimiento, desarrolla una madurez prematura, por lo tanto, su contenido de materia seca se incrementa como indican Batallas, 2008, Brack y Mendiola, 2007.

La tabla 38 y la figura 19, muestra el porcentaje de materia seca de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres niveles de silicato de magnesio en el primero y segundo corte.

TABLA 38. Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre la materia seca (%) de una mezcla forrajera

SILICATO DE MAGNESIO	MATERIA SECA (%)	
	Primer corte	Tercer corte
S0 0 kg/ha	19.94	21.44
S1 200 kg/ha	18.93	20.43
S2 300 kg/ha	17.38	20.20

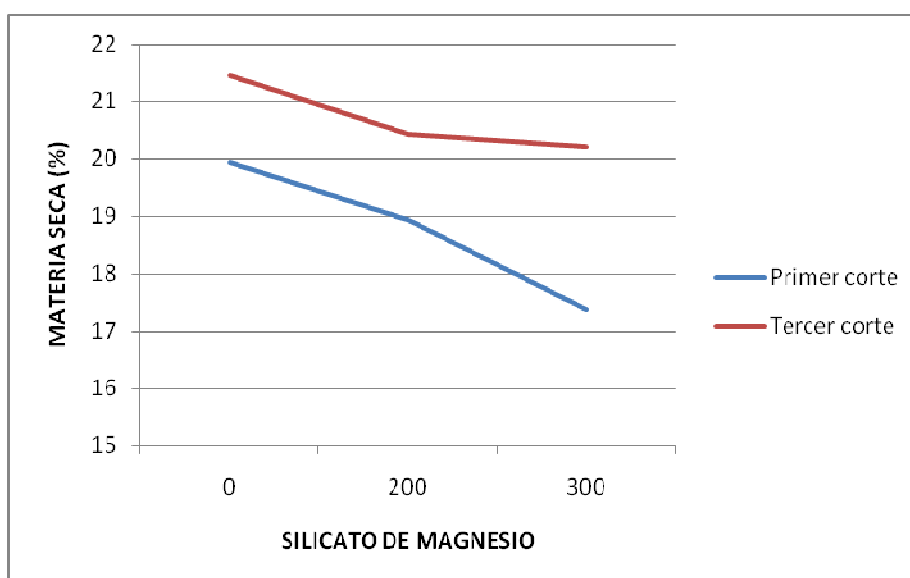


FIGURA 19. Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre el porcentaje de materia seca de la mezcla forrajera en dos cortes

En esta tabla y figura se observa que, a medida que se incrementó la aplicación de los niveles de silicato de magnesio, existió un ligero decremento en el contenido de materia seca en los dos cortes analizados, esto demuestra que, efectivamente existe una acción positiva del silicato de magnesio sobre el crecimiento de las pasturas.

En la tabla 39, se puede observar el efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio, tanto en el primero como en el tercer corte, sobre el porcentaje de materia seca presente en la mezcla forrajera.

TABLA 39. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el porcentaje de materia seca de una mezcla forrajera

TRATAMIENTOS	MATERIA SECA (%)	
	Primer corte	Tercer corte
T1 F0S0	23.20	24.69
T2 F0S1	21.78	21.46
T3 F0S2	17.81	22.15
T4 F1S0	16.06	18.64
T5 F1S1	16.79	20.58
T6 F1S2	18.74	20.05
T7 F2S0	20.57	20.98
T8 F2S1	18.23	19.26
T9 F2S2	15.60	18.39
T10 F1F2	18.22	18.08

Se puede apreciar que, el mayor contenido de materia seca se presentó en los tratamientos sin fertilización, sin embargo, a medida que se incrementó el nivel del silicato de magnesio decreció su contenido, esta tendencia se presentó también bajo los dos tipos de fertilización (química y orgánica), tal como se observa en la tabla 39.

3.2.3. FIBRA (%)

Con la fertilización química se incrementó el contenido de fibra de las pasturas en cada uno de los cortes donde se evaluó esta variable como se observa en la tabla 40 y en la figura 20.

TABLA 40. Efecto del tipo de fertilización sobre la fibra (%) de una mezcla forrajera

TIPO DE FERTILIZACIÓN	FIBRA (%)	
	Primer corte	Tercer corte
F0 SIN FERTILIZACIÓN	23.91	25.26
F1 FERTILIZACIÓN QUÍMICA	26.87	26.46
F2 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	26.01	24.61

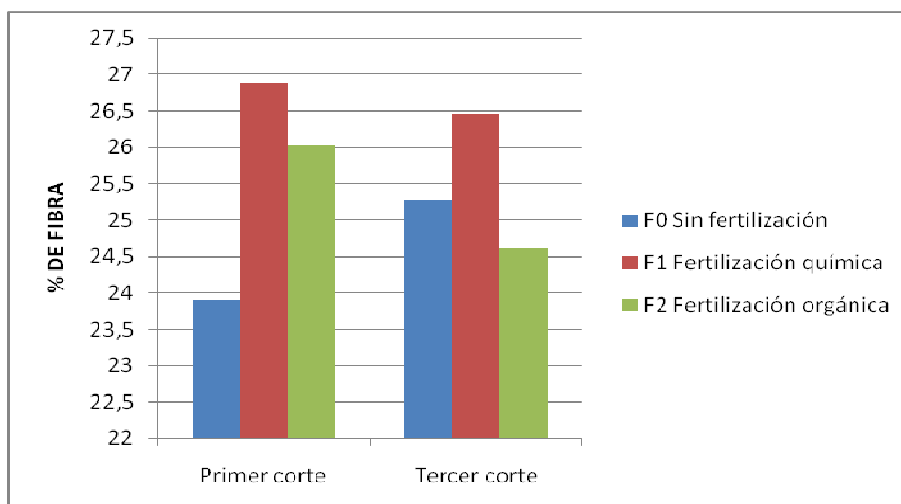


FIGURA 20. Porcentaje de fibra de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en dos cortes

A medida que se incrementó el nivel del silicato de magnesio aumentó el contenido de fibra en cada tratamiento, tanto en el primero como en el tercer corte como se aprecia en la tabla 41 y en la figura 21.

TABLA 41. Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre la fibra (%) de una mezcla forrajera

NIVELES DE SILICATO DE MAGNESIO	FIBRA (%)	
	Primer corte	Tercer corte
S0 0 kg/ha	25.29	23.79
S1 200 kg/ha	25.48	26.21
S2 300 kg/ha	26.01	26.33

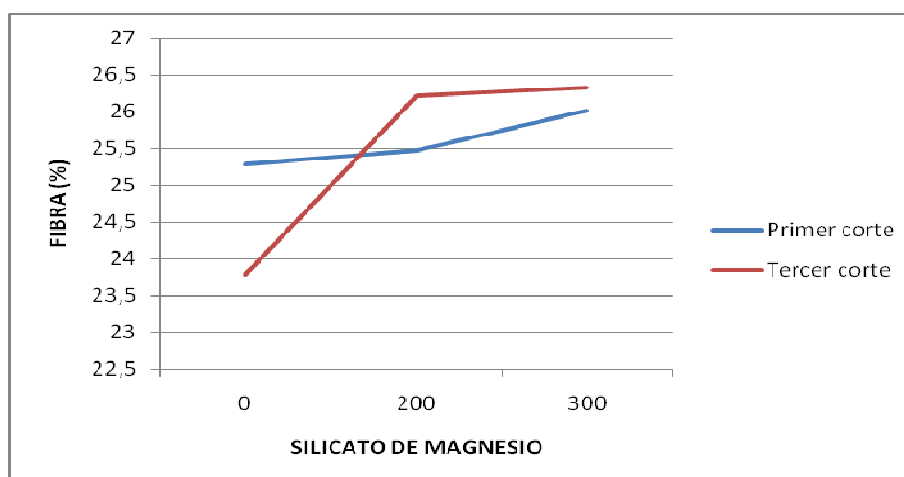


FIGURA 21. Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre el porcentaje de fibra de la mezcla forrajera, en dos cortes

La tabla 42, muestra el efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio, sobre el porcentaje de fibra presente en la mezcla forrajera, en cada tratamiento.

TABLA 42. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la fibra (%) de una mezcla forrajera

TRATAMIENTOS	FIBRA (%)	
	Primer corte	Tercer corte
T1 F0S0	25.22	23.88
T2 F0S1	23.88	24.94
T3 F0S2	22.62	26.97
T4 F1S0	26.55	24.07
T5 F1S1	26.06	28.65
T6 F1S2	28.00	26.65
T7 F2S0	24.10	23.43
T8 F2S1	26.51	25.03
T9 F2S2	27.41	25.38
T10 F1F2	26.91	24.88

Esta tabla muestra que, el tratamiento T6 (F1S2) en el primer corte alcanzó el mayor porcentaje de fibra, mientras que en el tercer corte se obtuvo con el tratamiento T5 (F1S1) con 28 y 28.65% respectivamente, por otra parte los menores contenidos se presentaron en el T3 (F0S2) para el primer corte y en el T7 (F2S0) para el tercer corte.

Estos resultados indican que, en los dos casos en los que se presentó el mayor porcentaje de fibra, los tratamientos contenían silicato de magnesio con fertilizante químico, lo cual, muestra que la acción de los dos factores en conjunto ocasionaron efectos positivos en el desarrollo de la mezcla forrajera.

3.2.4. FIBRA DETERGENTE NUTRA (F.D.N. %)

La tabla 43, muestra el porcentaje de F.D.N. de la mezcla forrajera, bajo la influencia de tres tipos de fertilización, en los dos cortes analizados.

TABLA 43. Efecto del tipo de fertilización sobre la F.D.N. (%) de una mezcla forrajera

TIPO DE FERTILIZACIÓN	F.D.N (%)	
	Primer corte	Tercer corte
F0 SIN FERTILIZACIÓN	48.71	49.42
F1 FERTILIZACIÓN QUÍMICA	51.25	52.24
F2 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	48.56	49.19

En esta tabla se aprecia que, el menor contenido de FDN se presentó en los tratamientos con materia orgánica tanto en el primero como en el tercer corte.

La figura 22, muestra objetivamente la influencia del tipo de fertilización sobre el contenido de FDN en la mezcla forrajera.

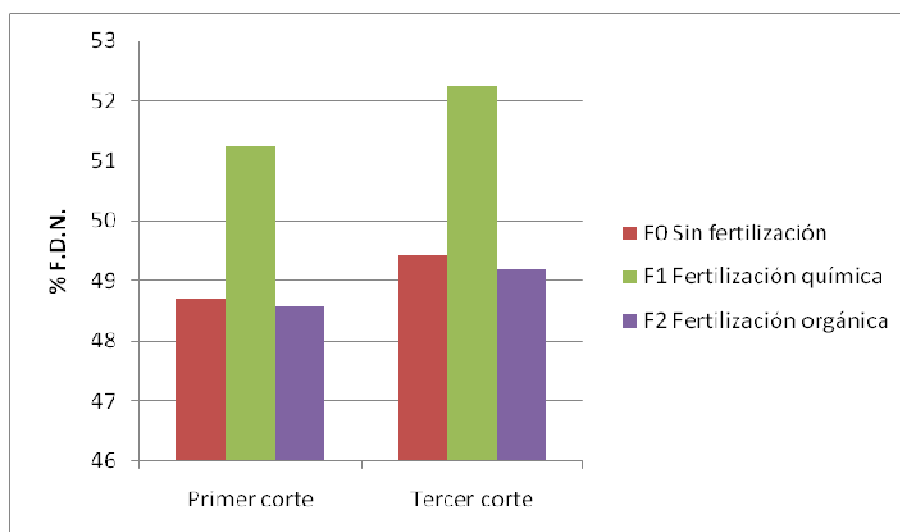


FIGURA 22. Porcentaje de F.D.N. de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en dos cortes

En la tabla 44, se observa el contenido de F.D.N. de la mezcla forrajera, con la aplicación de tres niveles de silicato de magnesio.

Esta tabla, indica que los tratamientos con 300 kg/ha de silicato de magnesio obtuvieron los menores contenido de F.D.N, en los dos cortes evaluados y se puede observar en la figura 23.

TABLA 44. Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre la F.D.N. (%) de una mezcla forrajera

NIVELES DE SILICATO DE MAGNESIO	F.D.N. (%)	
	Primer corte	Tercer corte
S0 0 kg/ha	51.18	50.16
S1 200 kg/ha	49.56	50.75
S2 300 kg/ha	47.77	49.94

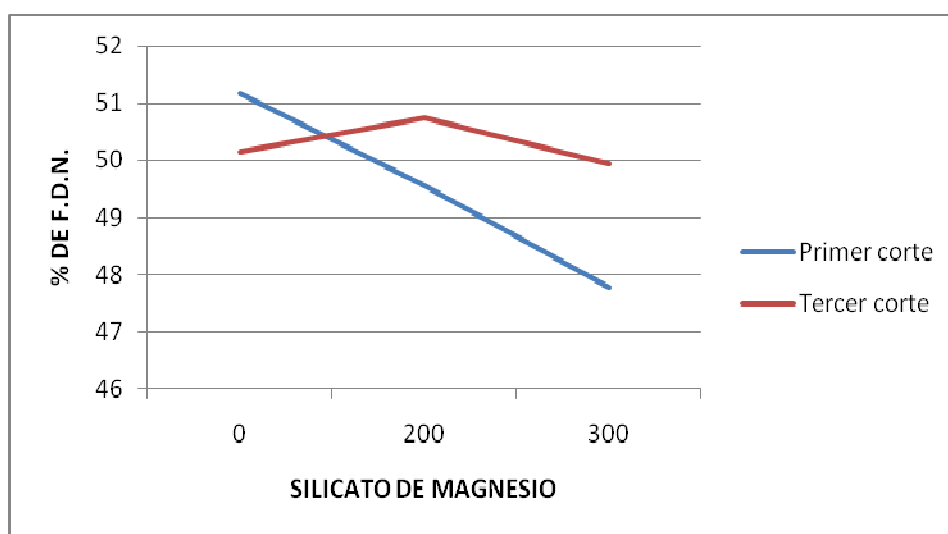


FIGURA 23. Efecto de los niveles del silicato de magnesio en kg/ha sobre el porcentaje de F.D.N. de la mezcla forrajera en dos cortes

En la tabla 45, se muestra el contenido de F.D.N. de la mezcla forrajera para todos los tratamientos, en efecto conjunto de los factores en estudio.

En esta tabla se aprecia en términos generales que, bajo la aplicación de silicato de magnesio ya sea en conjunto con la fertilización química u orgánica, se obtuvieron los menores porcentajes de F.D.N., lo cual es provechoso para los animales, puesto que la relación existente entre la F.D.N. con la digestibilidad y con el valor nutritivo de los forrajes es inversamente proporcional, como establece Batallas, 2007.

TABLA 45. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la F.D.N. (%) de una mezcla forrajera

TRATAMIENTOS	F.D.N. (%)	
	Primer corte	Tercer corte
T1 F0S0	51.74	49,15
T2 F0S1	48.67	50.35
T3 F0S2	45.71	48.75
T4 F1S0	51.72	50.35
T5 F1S1	50.44	53.03
T6 F1S2	51.58	53.34
T7 F2S0	50.08	50.99
T8 F2S1	49.58	48.86
T9 F2S2	46.01	47.73
T10 F1F2	51.49	55.63

3.2.5. FIBRA DETERGENTE ÁCIDA (F.D.A. %)

En la tabla 46, se indica el contenido de F.D.A. de la mezcla forrajera, en el primero y tercer corte, bajo el efecto de tres tipos de fertilización.

TABLA 46. Efecto del tipo de fertilización sobre la F.D.A. (%) de una mezcla forrajera

TIPO DE FERTILIZACIÓN	F.D.A. (%)	
	Primer corte	Tercer corte
F0 SIN FERTILIZACIÓN	34.18	33.56
F1 FERTILIZACIÓN QUÍMICA	33.93	33.00
F2 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	34.12	32.30

Con la fertilización química se obtuvo el menor porcentaje de la F.D.A. en el primer y tercer corte, por el contrario el tratamiento que no recibió ninguna fertilización presentó los niveles más altos de F.D.A. como se observa en la figura 24.

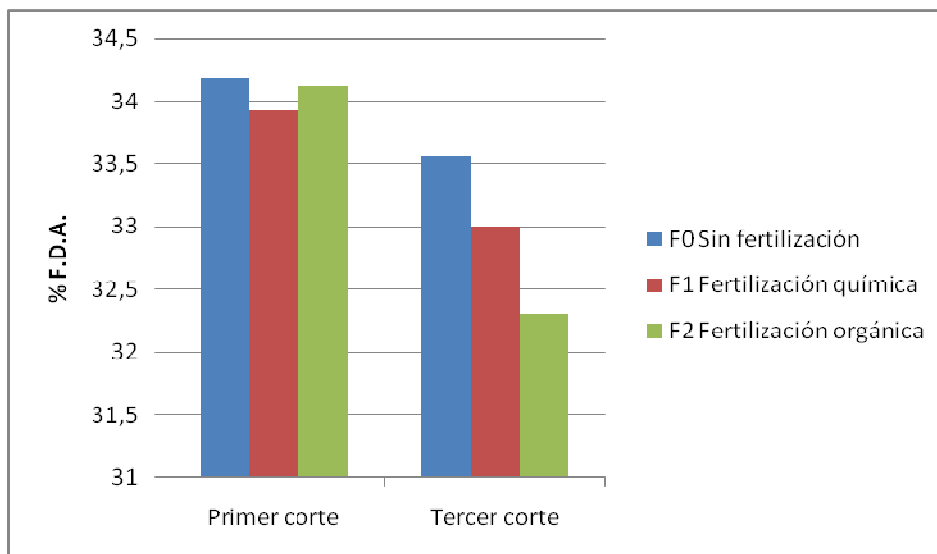


FIGURA 24. Porcentaje de F.D.A. de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en dos cortes

La tabla 47 y la figura 25, muestran los contenidos de F.D.A. de la mezcla forrajera, en el primero y tercer corte, con la aplicación de tres niveles de silicato de magnesio.

TABLA 47. Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre la F.D.A. (%) de una mezcla forrajera

NIVELES DE SILICATO DE MAGNESIO	F.D.A. (%)	
	Primer corte	Tercer corte
S0 0 kg/ha	34.97	32.81
S1 200 kg/ha	34.16	34.11
S2 300 kg/ha	33.11	31.78

En esta tabla se aprecia que, con la aplicación de 300 kg/ha de silicato de magnesio se presentó el menor porcentaje de F.D.A. en la mezcla forrajera dentro de cada uno de los cortes.

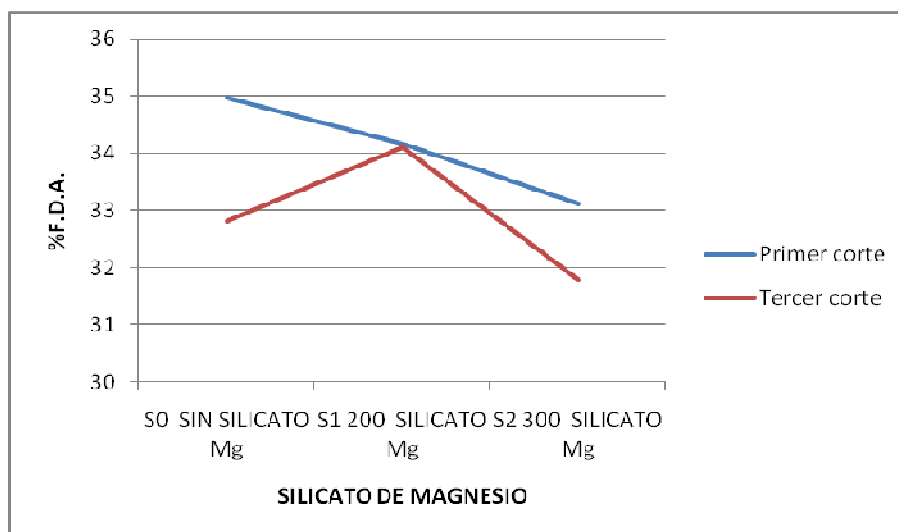


FIGURA 25. Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre el porcentaje de F.D.A. de la mezcla forrajera en dos cortes

En la tabla 48, se indica el contenido de F.D.A. de la mezcla forrajera, bajo el efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio.

TABLA 48. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la F.D.A. (%) de una mezcla forrajera

TRATAMIENTOS	F.D.A. (%)	
	Primer corte	Tercer corte
T1 F0S0	38.11	32.37
T2 F0S1	32.46	36.15
T3 F0S2	31.97	32.15
T4 F1S0	32.71	32.48
T5 F1S1	34.95	34.29
T6 F1S2	34.13	32.23
T7 F2S0	34.08	33.58
T8 F2S1	35.06	31.91
T9 F2S2	33.22	30.96
T10 F1F2	33.85	34.72

En esta tabla se observa que, en el primer corte los tratamientos T2 (F0S1) Y T3 (F0S2) presentaron los porcentajes más bajos de F.D.A., mientras que en el tercer corte correspondió a los tratamientos T9 (F2S2) y T8 (F2S1), por lo que se

aprecia que todos estos tratamientos tienen algún nivel de silicato de magnesio, ya sea solo o en conjunto con la fertilización química, dichos tratamientos al poseer menor cantidad de F.D.A. sus pastos resultan ser mas digeribles puesto que este parámetro (F.D.A.) representa la fracción no digerible del forraje según manifiesta Bernal,1994

3.2.6. PROTEÍNA (%)

En la tabla 49, se observa que, con la aplicación orgánica se manifestó ligeramente un mayor porcentaje de proteína, especialmente en el tercer corte en relación a la no fertilización y fertilización química.

TABLA 49. Efecto del tipo de fertilización sobre la proteína (%) de una mezcla forrajera

TIPO DE FERTILIZACIÓN	PROTEÍNA (%)	
	Primer corte	Tercer corte
F0 SIN FERTILIZACIÓN	18.45	17.32
F1 FERTILIZACIÓN QUÍMICA	19.77	17.92
F2 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	19.75	19.19

La figura 26, muestra gráficamente los resultados indicados en la tabla 47.

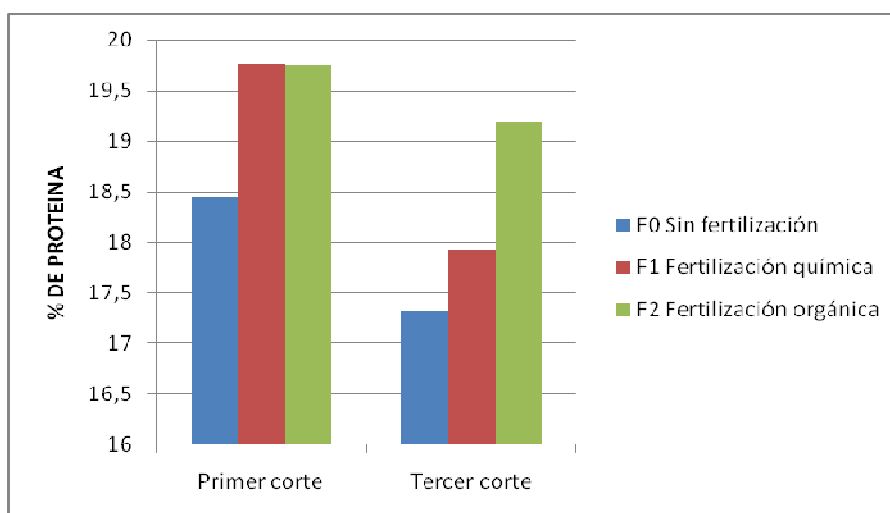


FIGURA 26. Porcentaje de proteína de la mezcla forrajera bajo la aplicación de tres tipos de fertilización, en dos cortes

En la tabla 50, se indica, el contenido de proteína de la mezcla forrajera con la aplicación de tres niveles de silicato de magnesio.

TABLA 50. Efecto de los niveles de silicato de magnesio sobre la proteína (%) de una mezcla forrajera

NIVELES DE SILICATO DE MAGNESIO	PROTEÍNA (%)	
	Primer corte	Tercer corte
S0 0 kg/ha	18.67	17.34
S1 200 kg/ha	18.85	18.70
S2 300 kg/ha	20.45	18.41

La tabla 50, muestra que, la aplicación de 300 kg/ha silicato de magnesio mostró en términos generales el mayor porcentaje de proteína en la mezcla forrajera, tanto en el primero como en el segundo corte.

En la figura 27, se puede apreciar objetivamente la influencia del silicato de magnesio sobre el contenido de proteína en la mezcla forrajera.

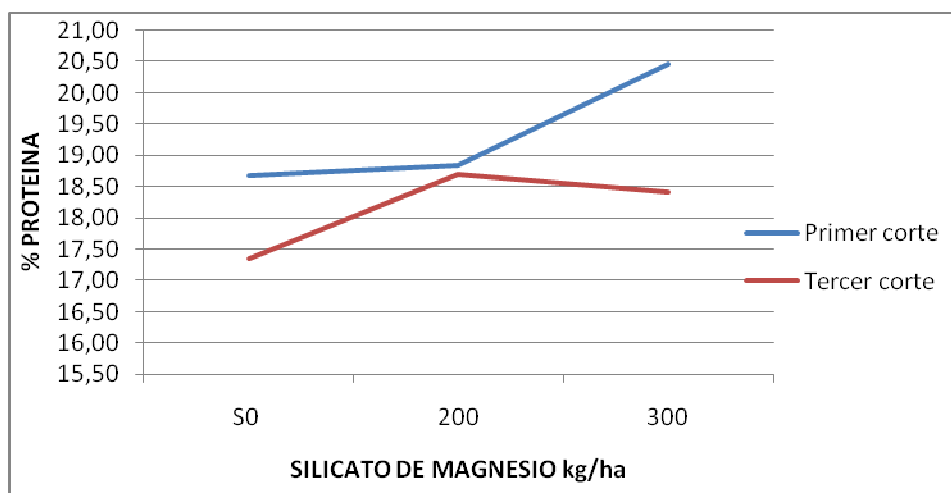


FIGURA 27. Efecto de los niveles del silicato de magnesio sobre el porcentaje de proteína de la mezcla forrajera en dos cortes

La tabla 51, indica el efecto conjunto de la fertilización y niveles de silicato de magnesio en la mezcla forrajera, sobre el contenido de proteína para el primero y segundo corte.

En esta tabla se observa que, en el primer corte los únicos tratamientos que superaron el 20% en el contenido de proteína fueron T9 (F2S2) y T5 (F1S1), mientras que, en el tercer corte los mejores tratamientos fueron T9 (F2S2) y T8 (F2S2) seguido de T5 (F0S2), todos estos tratamientos poseen algún nivel de silicato de magnesio, lo cual indica que su presencia mejoró la calidad nutricional de la mezcla forrajera al reducir la lixiviación de nitrógeno, fósforo y potasio, elementos que son indispensables para mejorar la calidad de las pasturas según Bernal, 2008.

TABLA 51. Efecto conjunto de los tipos de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre la proteína (%) de una mezcla forrajera.

TRATAMIENTOS	PROTEÍNA (%)	
	Primer corte	Tercer corte
T1 F0S0	17.20	16.81
T2 F0S1	18.33	17.17
T3 F0S2	19.84	17.99
T4 F1S0	19.85	17.49
T5 F1S1	20.34	19.25
T6 F1S2	19.13	17.04
T7 F2S0	18.97	17.71
T8 F2S1	17.88	19.69
T9 F2S2	22.40	20.19
T10 F1F2	19.32	17.83

3.3. CONTENIDOS EN EL SUELO

3.3.1. NITRÓGENO (N)

En la tabla 52 y la figura 28, se presentan los contenidos de N en el suelo, antes de la implantación de los tratamientos y después de la primera y tercera aplicación de los mismos.

TABLA 52. Contenido de nitrógeno en el suelo inicial, después del primer corte y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	NIVELES DE NITRÓGENO (ppm)		
	N0 inicial	N 1er corte	N 3er corte
T1 F0S0	171.00	81.00	58.00
T2 F0S1	171.00	83.00	59.00
T3 F0S2	171.00	81.00	59.00
T4 F1S0	171.00	79.00	59.00
T5 F1S1	171.00	78.00	52.00
T6 F1S2	171.00	76.00	53.00
T7 F2S0	171.00	79.00	63.00
T8 F2S1	171.00	83.00	60.00
T9 F2S2	171.00	76.00	61.00
T10 F1F2	171.00	91.00	60.00

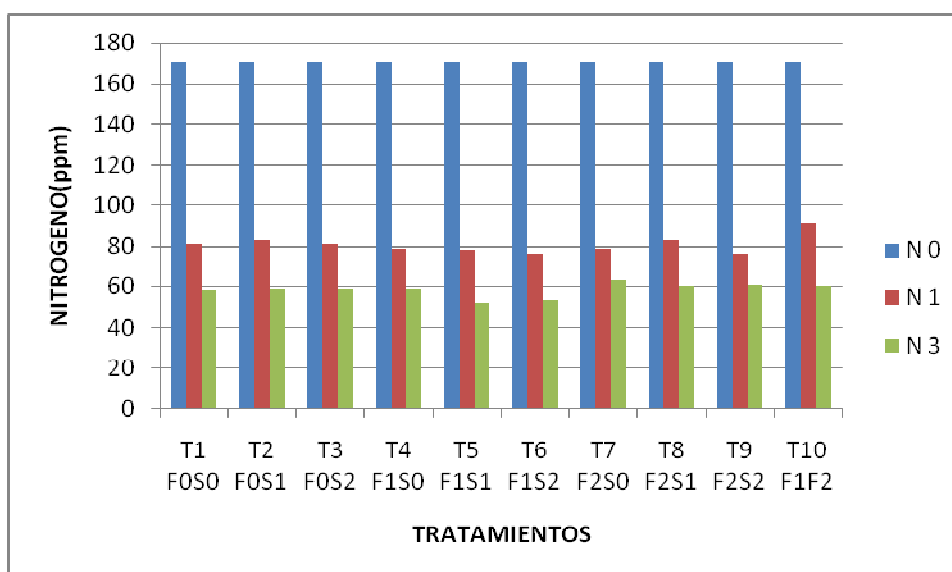


FIGURA 28. Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de nitrógeno en el suelo

Lógicamente el N que se constituye en el elemento fundamental para la producción de forraje disminuyó notablemente en el suelo, luego del primero y tercer corte de la mezcla forrajera en cada uno de los tratamientos en estudio como se aprecia en la tabla 52 y en la figura 28, lo cual se debe a que el N es

muy soluble en agua y se pierde fácilmente por la lluvia, o se desnitrifica y se pierde en forma de gas.

3.3.2. FÓSFORO (P)

En la tabla 53, se indica el contenido de P presente en el suelo, antes y después de la aplicación de los tratamientos

TABLA 53. Contenido de fósforo en el suelo inicial, después del primer corte y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	NIVELES DE FÓSFORO (ppm)		
	P0 inicial	P 1er corte	P 3er corte
T1 F0S0	78.00	70.00	62.00
T2 F0S1	78.00	81.00	63.00
T3 F0S2	78.00	81.00	67.00
T4 F1S0	78.00	58.00	55.00
T5 F1S1	78.00	72.00	64.00
T6 F1S2	78.00	67.00	57.00
T7 F2S0	78.00	65.00	50.00
T8 F2S1	78.00	75.00	62.00
T9 F2S2	78.00	79.00	71.00
T10 F1F2	78.00	64.00	48.00

En esta tabla y en la figura 29, se aprecia que, en el primer corte únicamente los tratamientos T2 (F0S1), T3 (F0S2) y T9 (F2S2) lograron superar al contenido inicial de P, pero en el tercer corte los promedios fueron inferiores con respecto al contenido inicial y al del primer corte, sin embargo dentro del tercer corte los tratamientos con mayor contenido de P son el T9 (F2S2) y T3 (F0S2), los mismo que poseen 300 kg/ha de silicato de magnesio, demostrando de esta manera que al aplicar este producto en el suelo como manifiesta Bernal, 2008 se corrige la toxicidad por aluminio lo que permite que se libere el P bloqueado en el suelo y sea absorbidos por las plantas.

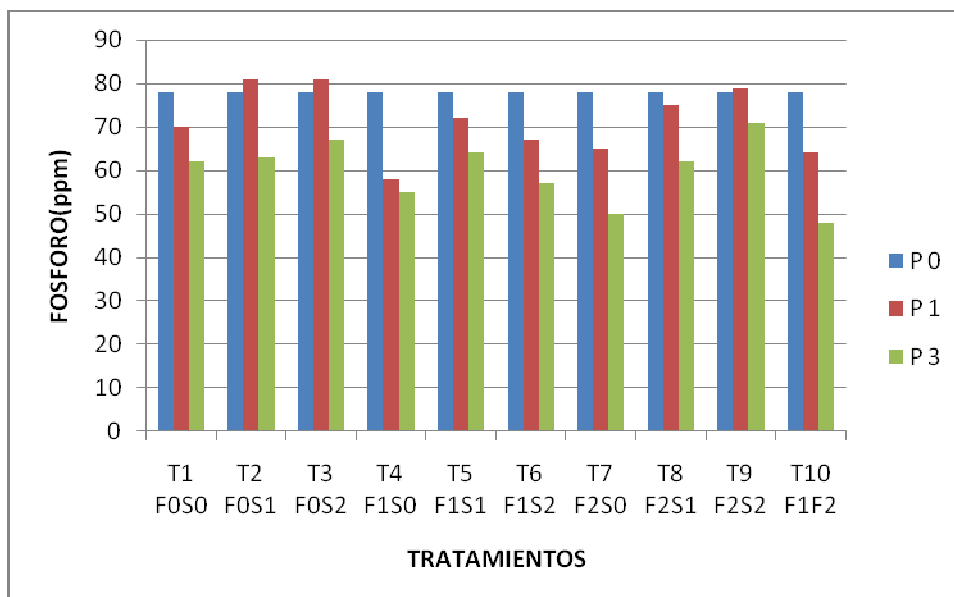


FIGURA 29. Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de fósforo en el suelo

3.3.3. POTASIO (K)

La tabla 54, muestra el contenido inicial de K en el suelo, así como también su contenido después del primero y tercer corte.

TABLA 54. Contenido de potasio en el suelo inicial, después del primer corte y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	NIVELES DE POTASIO (meq/100mL)		
	K0 inicial	K 1er corte	K 3er corte
T1 F0S0	0.15	0.13	0.09
T2 F0S1	0.15	0.10	0.11
T3 F0S2	0.15	0.12	0.13
T4 F1S0	0.15	0.13	0.09
T5 F1S1	0.15	0.14	0.09
T6 F1S2	0.15	0.12	0.09
T7 F2S0	0.15	0.17	0.14
T8 F2S1	0.15	0.13	0.11
T9 F2S2	0.15	0.13	0.13
T10 F1F2	0.15	0.15	0.12

En la figura 30, se aprecia que el contenido de K en el suelo decreció en la mayoría de los tratamientos, luego del primero y tercer corte de la mezcla forrajera, a excepción de los tratamientos T7 (F2S0) y T10 (F1F2), los cuales recibieron aplicaciones de materia orgánica, que posee altos contenidos de K en su composición.

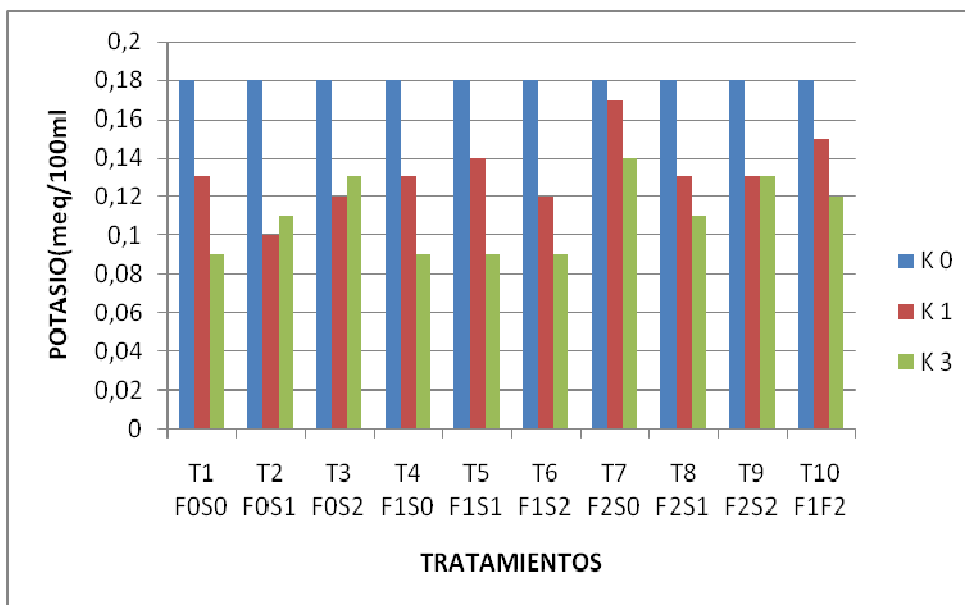


FIGURA 30. Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de potasio en el suelo

3.3.4. CALCIO (Ca)

Del contenido inicial de Ca las variaciones en el primer corte y en el tercero son mínimas, se puede manifestar que los mayores contenidos de este elemento en el primer y tercer corte correspondió a T5 (F1S1) con 6.00 y 5.40 meq/100mL de calcio como se aprecia en la tabla 55 y en la figura 31.

Estos resultados se deben a que no existió ninguna aplicación de cal en el suelo, ya que los valores iniciales en el análisis de este, determinaron que el contenido de cal era alto, por lo tanto no se requirió de la aplicación de este elemento.

TABLA 55. Contenido de calcio en el suelo inicial, después del primer corte y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	NIVELES DE CALCIO (meq/100mL)		
	Ca0 inicial	Ca 1er corte	Ca 3er corte
T1 F0S0	5.80	5.10	5.20
T2 F0S1	5.80	5.60	4.40
T3 F0S2	5.80	5.60	4.90
T4 F1S0	5.80	5.90	4.80
T5 F1S1	5.80	6.00	5.40
T6 F1S2	5.80	5.40	5.20
T7 F2S0	5.80	5.50	5.20
T8 F2S1	5.80	5.30	4.80
T9 F2S2	5.80	5.70	5.20
T10 F1F2	5.80	5.90	5.20

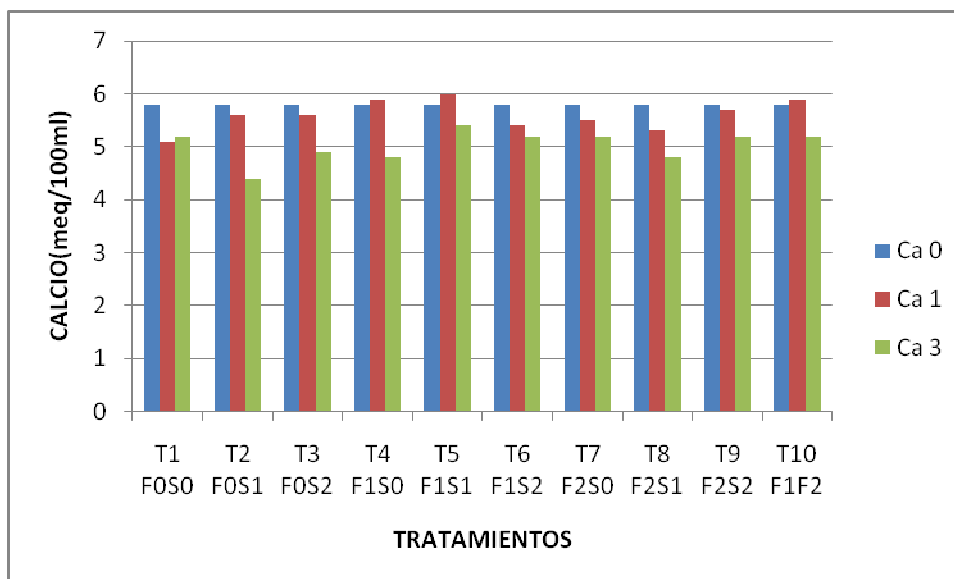


FIGURA 31. Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de calcio en el suelo

3.3.5. MAGNESIO (Mg)

Los contenidos de Mg en el suelo de la mezcla forrajera se incrementaron en todos los tratamientos luego del primer y tercer corte en relación a la evaluación inicial, además, se aprecia una tendencia en relación al tipo de fertilización y

niveles del silicato de Mg, de tal manera que cuando se aplicó silicato de magnesio, lógicamente existe un incremento de este elemento en el tratamiento como se observa en la tabla 56 y en la figura 32.

TABLA 56. Contenido de magnesio en el suelo inicial, después del primer corte y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	NIVELES DE MAGNESIO (meq/100mL)		
	Mg0 inicial	Mg 1er corte	Mg 3er corte
T1 F0S0	0.48	0.60	0.52
T2 F0S1	0.48	0.65	0.55
T3 F0S2	0.48	0.69	0.58
T4 F1S0	0.48	0.65	0.54
T5 F1S1	0.48	0.75	0.59
T6 F1S2	0.48	0.72	0.59
T7 F2S0	0.48	0.58	0.58
T8 F2S1	0.48	0.67	0.62
T9 F2S2	0.48	0.77	0.63
T10 F1F2	0.48	0.72	0.59

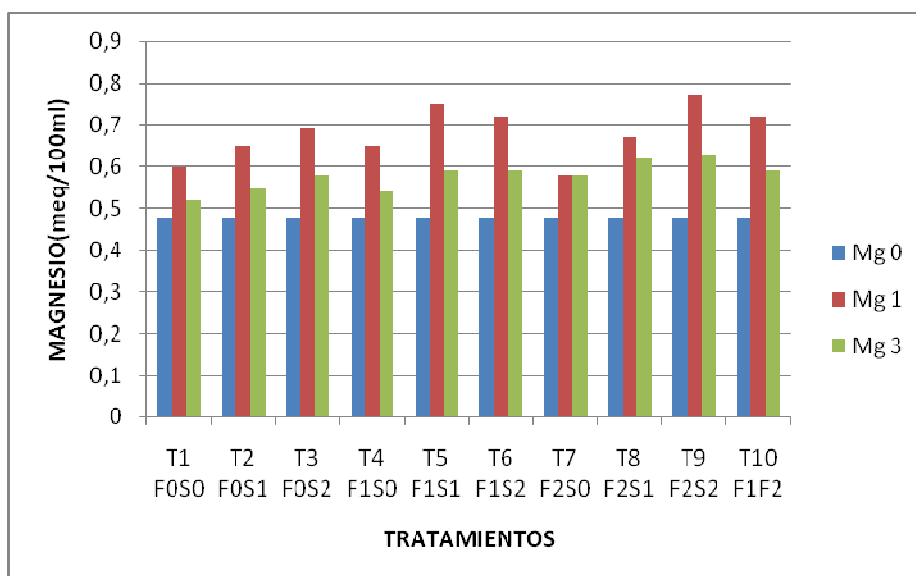


FIGURA 32. Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de magnesio en el suelo

3.3.6. AZUFRE (S)

La tabla 57 indica el contenido de S en el suelo, antes de la aplicación de los tratamientos y después del primero y tercer corte.

TABLA 57. Contenido de azufre en el suelo inicial, después del primer corte y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	NIVELES DE AZUFRE (ppm)		
	S0 inicial	S 1er corte	S 3er corte
T1 F0S0	6.40	6.60	5.60
T2 F0S1	6.40	5.00	6.50
T3 F0S2	6.40	6.50	8.00
T4 F1S0	6.40	5.20	9.40
T5 F1S1	6.40	8.90	8.70
T6 F1S2	6.40	6.40	11.00
T7 F2S0	6.40	5.70	7.40
T8 F2S1	6.40	6.00	4.90
T9 F2S2	6.40	5.90	2.30
T10 F1F2	6.40	7.50	9.20

La figura 33, muestra objetivamente los resultados presentados en la tabla 55.

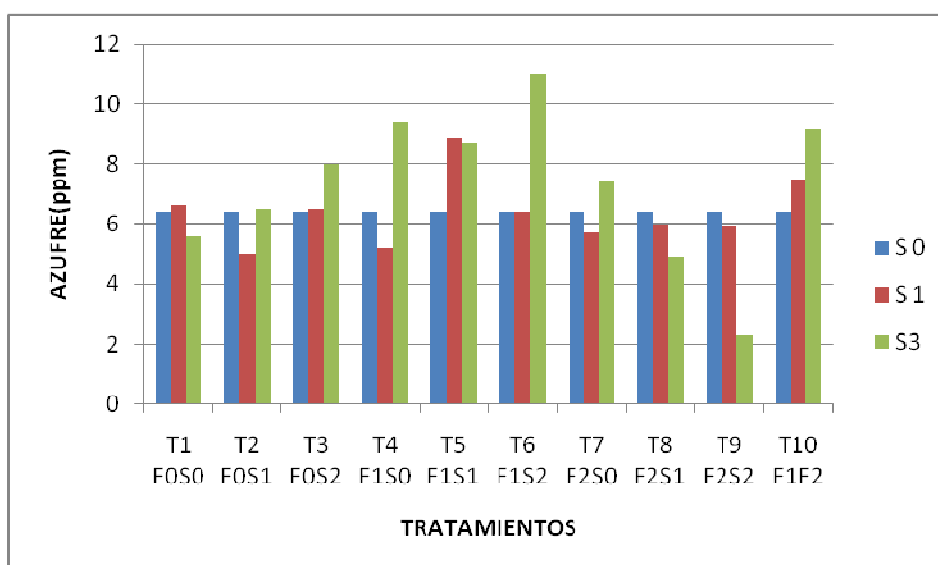


FIGURA 33. Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de azufre en el suelo

Tanto la tabla 57 como la figura 33, indican que, el contenido de S en el suelo se incrementó en 4 de los 10 tratamientos, después del primer corte, pero sin manifestarse una tendencia definida por efecto del tipo de fertilización y de los niveles de aplicación del silicato de magnesio. Después del tercer corte, se puede apreciar un efecto de los tipos de fertilización y es así que los mayores contenidos de S, se presentaron en los tratamientos con fertilización química, los intermedios cuando no se fertilizó y el más bajo cuando se aplicó la fertilización orgánica.

Además, el contenido de S en el suelo aumentó a medida que se incrementó la aplicación del silicato de magnesio ya sea en conjunto con la fertilización química o solo, mientras que, en unión con la fertilización orgánica decreció.

Estos resultados se deben, a que la mineralización de la materia orgánica tarda algún tiempo en realizarse, por lo que el S presente en la materia orgánica que es alrededor del 95% del S encontrado en el suelo no se halla en su forma disponible como indica Pumisacho & Sherwood, (2002).

3.3.7. MATERIA ORGÁNICA

La tabla 58, muestra el contenido de materia orgánica presente en el suelo, antes de la aplicación de los tratamientos y después del primero y tercer corte.

TABLA 58. Contenido de materia orgánica en el suelo inicial, después del primer y tercer corte de cada uno de los tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	NIVELES DE MATERIA ORGÁNICA (%)		
	MO 0 inicial	MO 1er corte	MO 3er corte
T1 F0S0	10.20	10.40	8.10
T2 F0S1	10.20	10.60	9.20
T3 F0S2	10.20	9.90	8.90
T4 F1S0	10.20	9.60	10.90
T5 F1S1	10.20	10.50	9.30
T6 F1S2	10.20	10.90	10.80
T7 F2S0	10.20	10.70	15.90
T8 F2S1	10.20	9.40	11.00
T9 F2S2	10.20	10.00	10.40
T10 F1F2	10.20	10.60	10.00

En la figura 34, se observan gráficamente los resultados presentados en la tabla 58.

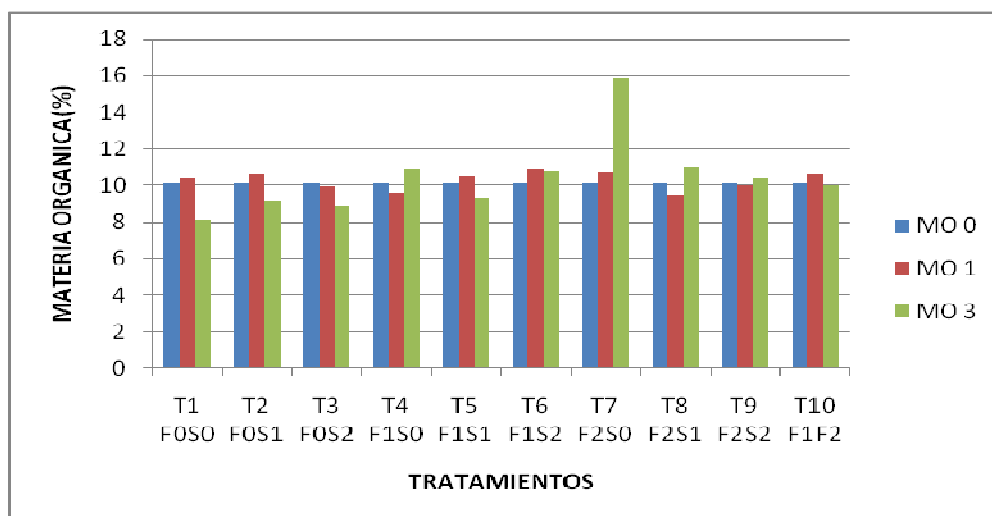


FIGURA 34. Efecto del tipo de fertilización y niveles de silicato de magnesio sobre el contenido de materia orgánica en el suelo

Prácticamente los contenidos de materia orgánica en el suelo, no se vieron afectados por el tipo de fertilización y niveles del silicato de magnesio aplicados, pues los cambios dentro de cada uno de los tratamientos en las evaluaciones realizadas después del primer y tercer corte son pequeños como se aprecia en la tabla 58 y en la figura 34.

3.4. ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO

La tabla 59, indica el beneficio costo para cada uno de los tratamientos en estudio, así como también se observan las variables tomadas en cuenta para este cálculo.

|

Una vez analizado el beneficio costo, se puede observar que el mayor beneficio costo, se presenta en el tratamiento T1 que corresponde al testigo, esto se debe a que en este, los costos de implantación fueron bajos, en relación a los otros, el segundo mejor tratamiento es el T2 (F0S1) el mismo que posee silicato de magnesio 200kg/ha, por otro lado el que obtuvo el menor beneficio costo es el T6 (F1S2), seguido del T8 (F2S1) y T9 (F2S2) como se aprecia en la tabla 59.

TABLA 59. Análisis beneficio/costo de los diez tratamientos aplicados, a una mezcla forrajera durante tres cortes, estimados para una hectárea de terreno.

TRATAMIENTO	COSTO TOTAL \$/ha	kg MV/ha	MS (%)	MS (kg/ha)	DIGEST (%)	L leche/ha	\$/lt leche	BENEFICIO BRUTO	BENEFICIO NETO	BENEFICIO/ COSTO
T1 F0S0	270	19166.67	23.95	4589.46	64.52	2960.89	0.39	1154.75	884.75	3.3
T2 F0S1	411	28000.01	21.62	6053.60	70.82	4287.16	0.39	1671.99	1260.99	3.1
T3 F0S2	525	27333.34	19.98	5461.20	71.90	3926.60	0.39	1531.38	1006.38	1.9
T4 F1S0	525	42666.67	17.35	7402.67	72.21	5345.47	0.39	2084.73	1559.73	3.0
T5 F1S1	753	46166.66	18.69	8626.24	73.66	6354.09	0.39	2478.09	1725.09	2.3
T6 F1S2	867	43333.33	19.40	8404.50	71.49	6008.38	0.39	2343.27	1476.27	1.7
T7 F2S0	483	26666.67	20.78	5540.00	68.22	3779.11	0.39	1473.85	990.85	2.1
T8 F2S1	711	37666.67	18.75	7060.62	71.96	5080.47	0.39	1981.38	1270.38	1.8
T9 F2S2	825	46166.67	17.00	7846.03	74.59	5851.96	0.39	2282.26	1457.26	1.8
T10 F1F2	825	49833.33	18.15	9044.75	70.92	6414.08	0.39	2501.49	1676.49	2.0

Las pruebas de laboratorio realizadas a la mezcla forrajera en cada uno de los tratamientos, muestra que, el tratamiento T1 pese a ser el que mayor beneficio costo posee, es el tratamiento que menor calidad de pasto presenta, ya que su contenido de proteína es de 17.01% con una digestibilidad de 64.52% como se indica en la tabla 60, los cuales representan los porcentajes más bajos en relación al resto de tratamientos, de tal manera que afectará la condición corporal y productividad de los animales a corto plazo, esto se convierte en un problema para el productor, si se considera que, la respuesta del ganado a un pasto de mala calidad es inmediata, afectando fácilmente su productividad, mientras que, la favorable respuesta de los animales a un pasto de buena calidad es lenta, por lo tanto, incrementar nuevamente la producción por unidad bovina resulta difícil.

Los tratamientos que poseen la mejor calidad de pasto son los tratamientos T9 (F2S2) y T5 (F1S1) como se observa en la tabla 60, por lo que, si se analiza desde este punto de vista, se observa que la calidad del forraje es primordial para la producción de leche debido a que, un suelo que cuenta con los nutrientes necesarios para el normal y correcto desarrollo de las pasturas, generará un mayor rendimiento por unidad de superficie y un porcentaje de proteína más alto que a su vez incrementará el aprovechamiento animal para mejorar la digestibilidad, lo cual tendrá como resultado una mayor productividad en el ganado.

Cabe señalar que aunque T1 obtuvo el mayor beneficio costo, esto no garantiza la buena productividad de los animales alimentados con esta pastura de poca calidad nutricional, debido a que sus características son pobres y consecuentemente las vacas no podrán mantener su producción lechera, algo diferente ocurre con los tratamientos T9 y T5, que presentan contenidos altos tanto de proteína como de digestibilidad, esto indica un mayor y mejor aprovechamiento de los animales que desemboca en un incremento de la productividad ganadera.

Por lo tanto, las pasturas obtenidas en las condiciones de T9 y T5, aseguran un mayor volumen de leche por unidad bovina y a su vez el incremento del beneficio neto por hectárea.

TABLA 60. Promedios del primer y tercer corte correspondiente al porcentaje de proteína y digestibilidad de la mezcla forrajera en cada uno de los tratamientos.

TRATAMIENTO	PROTEÍNA (%)	DIGESTIBILIDAD (%)
T1 F0S0	17.01	64.52
T2 F0S1	17.75	70.82
T3 F0S2	18.92	71.90
T4 F1S0	18.67	72.21
T5 F1S1	19.80	73.66
T6 F1S2	18.09	71.49
T7 F2S0	18.34	68.22
T8 F2S1	18.79	71.96
T9 F2S2	21.30	74.59
T10 F1F2	18.58	70.92

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- El nivel de P disponible en el suelo decreció con el tiempo en todos los tratamientos aplicados,
- Los niveles superiores de P se presentaron en los tratamientos basados en silicato de magnesio como T9 (F2S2) y T3 (F0S2) con un promedio de 75.00 y 74.00 ppm de P en el suelo respectivamente.
- La mayor altura de planta fue alcanzada por el tratamiento T6, en el segundo corte, con un promedio de 37.24 cm. Dicho tratamiento estuvo compuesto por fertilizante químico mas 300 kg de silicato de magnesio/ha.
- El tratamiento T10 (F1F2) fue el mejor en rendimiento de materia verde, con un total de 49833.33 kg/ha; sin embargo, no se diferenció estadísticamente de los tratamientos T5 (F1S1) y T9 (F2S2), los mismos que presentaron un total de 46166.67 kg/ha, en cada caso.
- El mayor rendimiento de materia seca se obtuvo en el testigo T1, con un promedio de 23.95% en los dos cortes analizados. Esto indica la madurez temprana de la mezcla forrajera al no poseer los nutrientes necesarios para su normal desarrollo.
- A medida que se incrementó el nivel de silicato de magnesio, aumentó el porcentaje de fibra, de tal manera que los tratamientos con mayor contenido de fibra fueron T5 (F1S1) con un promedio de 27.35% y T6 (F1S2) con 27.33%.
- Con la aplicación de silicato de magnesio, ya sea en conjunto con la fertilización química u orgánica, se obtuvieron los menores porcentajes de

F.D.N. y F.D.A. El tratamiento T9 (F2S2) fue el que menor contenido produjo con un promedio de 48.87% de F.D.N. y 32.09% de F.D.A.

- El tratamiento T9 (F2S2) superó el 20% de proteína, por lo tanto, se lo consideró como el mejor pasto obtenido, en el presente proyecto de investigación.
- Al igual que en la proteína, la más alta digestibilidad se manifestó en el tratamiento T9 con un promedio de 74.59%, lo cual muestra la influencia del silicato de magnesio en la producción de praderas y a su vez en el aprovechamiento animal.
- El análisis beneficio costo mostró que el mejor tratamiento fue el T1 (testigo), el mismo que obtuvo resultados pobres en todas y cada una de las variables analizadas. Esto se debe a que la inversión realizada en T1 es baja en relación al resto de tratamientos, con esto se concluye que la relación beneficio/costo para el presente trabajo no muestra el mejor tratamiento a ser aplicado..
- El silicato de magnesio se considera una enmienda para aquellos suelos en los que se ha trabajado durante años con fertilización tradicional, ya que este producto que corrige la toxicidad por aluminio, lo que permite liberar el fósforo bloqueado y ser absorbido por las plantas.

4.2. RECOMENDACIONES

- Es recomendable primeramente definir el tipo de negocio al que se destinará la propiedad del productor, ya sea únicamente como vendedor de pastos y forrajes o como productor de leche..
- Se recomienda escoger los pastos de mejor calidad nutricional para aquellas fincas que se dedican a la producción de leche o carne, debido a su conversión alimenticia que al final dará una mayor productividad.
- El análisis beneficio/costo no es suficiente para indicar el mejor tratamiento en materia económica, por lo cual se debería completar el presente trabajo con la elaboración de un análisis económico financiero, en el cual se deberán tomar en cuenta parámetros nutricionales y de digestibilidad de los forrajes, para posteriormente determinar de manera clara el mejor tratamiento a ser aplicado,.
- Para complementar este trabajo, se sugiere realizar ensayos similares a los del presente proyecto, con al menos 240 días de fase en campo, con el objetivo de mostrar la acción de la materia orgánica como fertilizante, y a la vez su interacción con el silicato de magnesio, esto se debe a que la materia orgánica necesita un tiempo mayor para ser asimilada por las plantas.
- Adicionalmente para continuar con el presente trabajo, se recomienda realizar estudios que involucren la intervención del animal, para evaluar el efecto del silicato de magnesio en la palatabilidad de los pastos, lo cual representa un parámetro muy importante en el consumo voluntario de los animales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado S., Córdova J., López M., 2008, “Metodología del análisis físico químico de suelos, aguas y foliares”, Quito- Ecuador, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, tercera aproximación, pp 5-60
2. Angulo R., Noguera R., y Berdugo J., 2005, “El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) un eficiente utilizador de nutrientes: aspectos sobre fermentación y digestión ruminal”, <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd17/6/angu17067.htm>. (Agosto, 2010)
3. Attra., 2008, “Nutrición para rumiantes en pastoreo”, <http://attra.ncat.org/espanol/pdf/rumiantes.pdf>, (Agosto, 2010)
4. Bach A., Calsamiglia S., 2006, “La fibra en los rumiantes: ¿química o física?”, http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/100-fibra_en_rumiantes.pdf. (Agosto, 2010)
5. Barrera V., León-Valverde C., Grijalva J., y Chamorro F., 2004, “Manejo del sistema de producción “Papa-Leche” en la Sierra ecuatoriana”, 1era. Edición, INIAP-CIP-PROMSA. Editorial ABYA-YALA, Quito – Ecuador. pp. 196
6. Basto G., y Fierro L., 1999, “Manejo Sostenible de Praderas” http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/200671991159_Manejo%20sostenible%20de%20praderas.pdf (Julio, 2010)
7. Batallas C., 2007, “Utilización de los recursos forrajeros”, Tecnología forrajera y sistemas de producción ganadera, 1-18 pp
8. Batallas C., 2008, “Conceptos modernos de formación, manejo y explotación de la pastura para mejorar la producción lechera”, 1-30 pp
9. Bavera G., 2006, “Elementos Minerales Esenciales” http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/01-elementos_minerales_esenciales.pdf (Agosto, 2010)
10. Bernal J., 1994, “Pastos y forrajes tropicales producción y manejo”, Banco Ganadero. 3era. Edición. Bogota, Colombia. pp. 575

11. Bernal J., 2005, "Manual de manejo de pastos cultivados para zonas alto andinas" <http://www.infolactea.com/descargas/biblioteca/137.pdf> (Julio, 2010)
12. Bernal J., 2008, "Pastos y forrajes tropicales. Tomo 1-manejo de praderas", 5ta. Edición. Bogotá, Colombia. pp. 491
13. Brack A., y Mendiola, C., 2007 "Enciclopedia Ecología del Perú" http://www.peruecologico.com.pe/lib_c18_t07.htm (Agosto, 2010)
14. Bochi-Brum., Carro M., Valdés C., González J., y López S., 1999, "Digestibilidad in vitro de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal", <http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/articulos/1999/181/pdf/6.pdf>, (Agosto, 2010)
15. Caicedo L., y Chavarriaga W., 2007, "Efecto de la aplicación de dosis de silicio sobre el desarrollo en almácigo de plántulas de café variedad Colombia", [http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/agronomia15\(1\)_2.pdf](http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/agronomia15(1)_2.pdf), (Agosto, 2010)
16. Cid S., 2007, "Los nutrientes en el compost", http://www.compostadores.com/repositorio/Los_nutrientes_en_el_compostnl.pdf (Julio, 2010)
17. Colombatto, D., 2000, "Análisis de alimentos: Aplicaciones prácticas" http://www.agro.uba.ar/agro/catedras/p_lechera/resumencolombatto.pdf (Agosto, 2010)
18. Conti M, 2004, "El potasio en los suelos y su rol en la producción agrícola", <http://www.ipipotash.org/udocs/El%20Potasio%20En%20Los%20Suelos%20y%20Su%20Rol%20En%20La%20Produccion%20Agricola.pdf> (Junio, 2010)
19. Díaz C., 2005, "Regulación del consumo de la ración por la vaca lechera", http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/84-regulacion_consumo_de_racion.htm
20. Díaz Y., Espinoza F., y Gil J, 2004 "Efecto de la fertilización con fósforo en la relación suelo-planta-animal en suelos ácidos del estado Cojedes, Venezuela", http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S07987269200400040002&script=sci_arttext

21. Espinoza J., 2006, "Suelos Volcánicos, Dinámica del Fósforo y Producción de Papa", <http://www.quito.cipotato.org/presentambato/CONFERENCISTAS/JESPINOZA.pdf>
22. Estrada J., 2002, "Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano", 1ra Edición. Editorial Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. pp 489
23. Fenneman J., 2008, "Invasive species in garry oak and associated ecosystems in british Columbia", <http://www.goert.ca/documents/L.perenne.pdf>, (Junio, 2010)
24. García A., Thiex N., Kalscheur K., y Tjardes K., 2005, "Interpretación del análisis del ensilaje de maíz", http://pubstorage.sdstate.edu/AgBio_Publications/articles/ExEx4027-S.pdf (Agosto, 2010)
25. García J., Lastra, C., Salas, C., y Medina, M., 2005, "Studies on Colombian grasses (Poaceae): Twenty chorological novelties", http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?pid=S0366-52322005000100008&script=sci_arttext (Agosto, 2010)
26. Gélvez, L., 2009, "Las gramíneas forrajeras", <http://mundopecuario.com/tema191/gramineas.html>
27. Gélvez L., 2010, "Leguminosas para el consumo animal", <http://mundopecuario.com/tema192/leguminosas.html>
28. Gentos., 2006, "Algunas gramíneas y leguminosas forrajeras", http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/40-algunas_forrajeras.pdf
29. Hannaway D., Fransen S., Cropper J., Tell M., Chaney M., Griggs T., Halse R., Hart J., Cheeke P., Hansen D., Klinger R., y Lane W., 1999, "Orchardgrass (dactylis glomerata L.)", http://extension.oregonstate.edu/catalog/pdf/pnw/pnw_502.pdf
30. Hidalgo L., 2009, " Morfología del desarrollo y crecimiento de pasturas", http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Zootecnia/Documentos/2009/Morfologia2009_1revisado.pdf
31. Ibáñez C., Palomeque S., y Fontúrbel F., 2004, "Elementos principales del suelo, geodinámica y dinámica de los principales componentes del suelo", http://cabierta.uchile.cl/revista/31/mantenedor/sub/educacion_3.pdf

32. López L., 2002, "Cultivos industriales", Editorial Mundi-Prensa, México DF. pp. 491- 512
33. López S., y Barbaro N., 1988, "Efecto de la irradiación y el autoclavado sobre el fósforo extractable e intercambiable de los suelos", http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_6n2/Lopez.pdf
34. Medina C., 2009, "Evaluación morfoagronómica y nutricional de cinco variedades de rye grass bianual (*lolium multiflorum*), en lugares representativos de las zonas ganaderas de leche en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo".
35. Mejía J., 2002, "Consumo voluntario de forrajes por rumiantes en pastoreo", <http://www.usfq.edu.ec/Eventos/Documents/agrostologia/documentos/01.pdf>, (Agosto, 2010),
36. Mohlenbrock R., 1995, "Plant Fact Sheet" http://plants.usda.gov/factsheet/pdf/fs_dagl.pdf (Julio, 2010)
37. Muslera E., Ratera C., 1984, "Praderas y forrajes producción y aprovechamiento", Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España, pp. 695
38. Olivares J., 2004, "Fijación biológica de nitrógeno. Estación Experimental del Zaidín- CSIC, Granada", <http://www.eez.csic.es/~olivares/ciencia/fijacion/> (Julio, 2010)
39. Ooyen V., Cornelis J., 1994, "Un pienso para animales rumiantes", http://www.espatentes.com/pdf/2055045_t3.pdf, (Agosto, 2010)
40. Pérez J., González D., Aguilera A., Bernal G., y Hernández G., 2008, "Evaluación de la digestibilidad *in vivo* de raciones para becerros en crecimiento conteniendo desechos de la industrialización de los cereales", <http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2008/7VeranoUAQ/16PerezCabreraGonzalezGonzalez.pdf>, (Agosto, 2010)
41. Pérez Z., 2007, "Importancia de conocer la calidad de los pastos", <http://www.cetapar.com.py/es/boletin/54/2.pdf>, (Agosto, 2010)
42. Pumisacho M., y Sherwood S., 2002, "El cultivo de la papa en Ecuador", 1era. Edición, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Quito, Ecuador, pp. 229

43. Relling A., y Mattioli G., 2003, "Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes", <http://www.fcv.unlp.edu.ar/sitios-catedras/41/material/fisio.pdf>, (Agosto, 2010)
44. Rodríguez L., 2007, "El aparato digestivo de los rumiantes", <http://www.slideshare.net/let/el-aparato-digestivo-de-los-rumiantes>, (Agosto, 2010)
45. Rodríguez S., 1992. "Fertilizantes, nutrición vegetal", 2da. Edición. Editorial AGT, México, D.F.
46. Rojas C., 1997, "Interpretación de la disponibilidad de fósforo en los suelos de Chile" <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR28126.pdf> (julio 2010)
47. Rojas S., Olivares J., Jiménez R., y Hernández E., 2005, "Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico" <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505/050509.pdf>, (Junio, 2010)
48. Romero L., 2002, "El pasto y cómo conseguirlo", http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/17-el_pasto.htm (Julio, 2010)
49. Rosales M., 2009 "Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales", <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/Agrofor1/Rosales9.PDF> (Junio, 2010)
50. Sánchez J., 2007 "Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas" <http://www.fertitec.com/PDF/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf> (Julio, 2010)
51. Sandoval B., 2007, "Características Agronómicas y Nutricionales de Asociaciones de Gramíneas y Leguminosas Tropicales", <http://proquest.umi.com/pqdlink?did=1383467801&Fmt=14&VType=PQD&VInst=PROD&RQT=309&VName=PQD&TS=1304457600&clientId=79356> (Julio, 2010)
52. Zavaleta E., 2009, "Los ácidos grasos volátiles, fuente de energía en los rumiantes", <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol1/CVv1c09.pdf>, (Agosto, 2010)

ANEXOS

ANEXO 1

ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN CADA REPETICIÓN



ANEXO 2

COSTOS DE IMPLANTACIÓN DEL TRATAMIENTO 1 POR HECTÁREA DE UNA MEZCLA FORRAJERA ESTABLECIDA					
RUBRO O ACTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD/ HECTAREA	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1. COSTOS DIRECTOS					
a. MANO DE OBRA					0
aplicación de fertilizantes	jornal/día	8	0	0	
b. MAQUINARIA AGRÍCOLA					90
máquina cortadora	hora/máquina	15	6	90	
c. INSUMOS					0
nitro foska	saco (50kg)	62	0	0	0
15-30-15	saco (50kg)	32	0	0	0
Urea	saco (50kg)	28	0	0	0
silicato de magnesio	saco (50kg)	19	0	0	0
materia orgánica	Tonelada	20	0	0	0
TOTAL COSTOS DIRECTOS					90

ANEXO 3

COSTOS DE IMPLANTACIÓN DEL TRATAMIENTO 2 POR HECTÁREA DE UNA MEZCLA FORRAJERA ESTABLECIDA					
RUBRO O ACTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD/ HECTAREA	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1. COSTOS DIRECTOS					
a. MANO DE OBRA					16
aplicación de fertilizantes	jornal/día	8	2	16	
b. MAQUINARIA AGRÍCOLA					45
máquina cortadora	hora/máquina	15	3	45	
c. INSUMOS					76
nitro foska	saco (50kg)	62		0	
15-30-15	saco (50kg)	32		0	
Urea	saco (50kg)	28		0	
silicato de magnesio	saco (50kg)	19	4	76	
materia orgánica	Tonelada	20		0	
TOTAL COSTOS DIRECTOS					137

ANEXO 4

COSTOS DE IMPLANTACIÓN DEL TRATAMIENTO 3 POR HECTÁREA DE UNA MEZCLA FORRAJERA ESTABLECIDA					
RUBRO O ACTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD/ HECTAREA	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1. COSTOS DIRECTOS					
a. MANO DE OBRA					16
aplicación de fertilizantes	jornal/día	8	2	16	
b. MAQUINARIA AGRÍCOLA					45
máquina cortadora	hora/máquina	15	3	45	
c. INSUMOS					114
nitro foska	saco (50kg)	62		0	
15-30-15	saco (50kg)	32		0	
Urea	saco (50kg)	28		0	
silicato de magnesio	saco (50kg)	19	6	114	
materia orgánica	Tonelada	20		0	
TOTAL COSTOS DIRECTOS					175

ANEXO 5

COSTOS DE IMPLANTACIÓN DEL TRATAMIENTO 4 POR HECTÁREA DE UNA MEZCLA FORRAJERA ESTABLECIDA					
RUBRO O ACTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD/ HECTAREA	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1. COSTOS DIRECTOS					
a. MANO DE OBRA					16
aplicación de fertilizantes	jornal/día	8	2	16	
b. MAQUINARIA AGRÍCOLA					45
máquina cortadora	hora/máquina	15	3	45	
c. INSUMOS					114
nitro foska	saco (50kg)	54	1	54	
15-30-15	saco (50kg)	32	1	32	
Urea	saco (50kg)	28	1	28	
silicato de magnesio	saco (50kg)	19		0	
materia orgánica	Tonelada	20		0	
TOTAL COSTOS DIRECTOS					175

ANEXO 6

COSTOS DE IMPLANTACIÓN DEL TRATAMIENTO 5 POR HECTÁREA DE UNA MEZCLA FORRAJERA ESTABLECIDA					
RUBRO O ACTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD/ HECTAREA	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1. COSTOS DIRECTOS					
a. MANO DE OBRA					16
aplicación de fertilizantes	jornal/día	8	2	16	
b. MAQUINARIA AGRÍCOLA					45
máquina cortadora	hora/máquina	15	3	45	
c. INSUMOS					190
nitro foska	saco (50kg)	54	1	54	
15-30-15	saco (50kg)	32	1	32	
Urea	saco (50kg)	28	1	28	
silicato de magnesio	saco (50kg)	19	4	76	
materia orgánica	tonelada	20		0	
TOTAL COSTOS DIRECTOS					251

ANEXO 7

COSTOS DE IMPLANTACIÓN DEL TRATAMIENTO 6 POR HECTÁREA DE UNA MEZCLA FORRAJERA ESTABLECIDA					
RUBRO O ACTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD/ HECTAREA	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1. COSTOS DIRECTOS					
a. MANO DE OBRA					16
aplicación de fertilizantes	jornal/día	8	2	16	
b. MAQUINARIA AGRÍCOLA					45
máquina cortadora	hora/máquina	15	3	45	
c. INSUMOS					228
nitro foska	saco (50kg)	54	1	54	
15-30-15	saco (50kg)	32	1	32	
Urea	saco (50kg)	28	1	28	
silicato de magnesio	saco (50kg)	19	6	114	
materia orgánica	tonelada	20		0	
TOTAL COSTOS DIRECTOS					289

ANEXO 8

COSTOS DE IMPLANTACIÓN DEL TRATAMIENTO 7 POR HECTÁREA DE UNA MEZCLA FORRAJERA ESTABLECIDA					
RUBRO O ACTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD/ HECTAREA	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1. COSTOS DIRECTOS					
a. MANO DE OBRA					16
aplicación de fertilizantes	jornal/día	8	2	16	
b. MAQUINARIA AGRÍCOLA					45
máquina cortadora	hora/máquina	15	3	45	
c. INSUMOS					100
nitro foska	saco (50kg)	54		0	
15-30-15	saco (50kg)	32		0	
Urea	saco (50kg)	28		0	
silicato de magnesio	saco (50kg)	19		0	
materia orgánica	tonelada	20	5	100	
TOTAL COSTOS DIRECTOS					161

ANEXO 9

COSTOS DE IMPLANTACIÓN DEL TRATAMIENTO 8 POR HECTÁREA DE UNA MEZCLA FORRAJERA ESTABLECIDA					
RUBRO O ACTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD/ HECTAREA	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1. COSTOS DIRECTOS					
a. MANO DE OBRA					16
aplicación de fertilizantes	jornal/día	8	2	16	
b. MAQUINARIA AGRÍCOLA					45
máquina cortadora	hora/máquina	15	3	45	
c. INSUMOS					176
nitro foska	saco (50kg)	62		0	
15-30-15	saco (50kg)	32		0	
Urea	saco (50kg)	28		0	
silicato de magnesio	saco (50kg)	19	4	76	
materia orgánica	tonelada	20	5	100	
TOTAL COSTOS DIRECTOS					237

ANEXO 10

COSTOS DE IMPLANTACIÓN DEL TRATAMIENTO 9 POR HECTÁREA DE UNA MEZCLA FORRAJERA ESTABLECIDA					
RUBRO O ACTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD/ HECTAREA	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1. COSTOS DIRECTOS					
a. MANO DE OBRA					16
aplicación de fertilizantes	jornal/día	8	2	16	
b. MAQUINARIA AGRÍCOLA					45
máquina cortadora	hora/máquina	15	3	45	
c. INSUMOS					214
nitro foska	saco (50kg)	54		0	
15-30-15	saco (50kg)	32		0	
Urea	saco (50kg)	28		0	
silicato de magnesio	saco (50kg)	19	6	114	
materia orgánica	tonelada	20	5	100	
TOTAL COSTOS DIRECTOS					275

ANEXO 11

COSTOS DE IMPLANTACIÓN DEL TRATAMIENTO 10 POR HECTÁREA DE UNA MEZCLA FORRAJERA ESTABLECIDA					
RUBRO O ACTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA	COSTO UNITARIO	CANTIDAD/ HECTAREA	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1. COSTOS DIRECTOS					
a. MANO DE OBRA					32
aplicación de fertilizantes	jornal/día	8	2	16	
b. MAQUINARIA AGRÍCOLA					45
máquina cortadora	hora/máquina	15	3	45	
c. INSUMOS					214
nitro foska	saco (50kg)	54	1	54	
15-30-15	saco (50kg)	32	1	32	
Urea	saco (50kg)	28	1	28	
silicato de magnesio	saco (50kg)	19	0	0	
materia orgánica	tonelada	20	5	100	
TOTAL COSTOS DIRECTOS					275