

PRESENTACIÓN

Las ideas, conceptos, tablas, datos, resultados, discusiones, conclusiones y recomendaciones e incluso omisiones son de absoluta responsabilidad de los autores.

AGRADECIMIENTO.

Al Director de tesis: Ingeniero Franklin Valverde por su importante apoyo en el proceso de esta investigación quien aportó con sus conocimientos para la ejecución y culminación de este trabajo.

A cada uno de los asesores: Dr. Luis Nájera, Ing. Oswaldo Romero, Ing. Reney Cadena; ya que fueron de gran importancia por sus aportes en el transcurso de la investigación.

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres: Jaime Reina y Fabiola Palma por su apoyo económico y moral ante los desafíos en la trayectoria estudiantil.

Dedicado a mis hermanas: Betty y Mónica porque supieron brindar una palabra de aliento en los momentos difíciles.

También dedicado a mis familiares y amigos.

CRISTIAN

Dedicado a mi madre Gladis Martínez porque mediante su esfuerzo y sacrificio me dió la oportunidad de superarme académicamente.

Dedicado a mi abuelita y a mi hermana por su apoyo incondicional en la culminación de mi carrera.

Dedicado también a mis tíos y amigos.

JAIRO

INDICE GENERAL

	Pag.
Presentación	iii
Agradecimiento	iv
Dedicatoria	v
Indice general	vi
I INTRODUCCIÓN	1
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
Generalidades	4
Nutrición de la mezcla forrajera	4
Hierro y Aluminio	5
Encalado en pastos	5
Efectos del encalado	6
Factores que afectan el pH	6
El porque se debe encalar los suelos ácidos	7
Reducción de la acidez del suelo por la adición de cal	9
Epoca y frecuencia de las aplicaciones de cal	10
Forma de aplicación de cal	12
Materiales de encalado	12
III MATERIALES Y MÉTODOS	14
Caracterización del área de estudio	14
Características edáficas del suelo	15
Materiales y equipos	15
Métodos	16
Factores en estudio	16
Tratamientos	16
Diseño experimental	17
Características del ensayo	17
Características de la unidad experimental	18
Variables evaluadas	18
Altura de plantas al corte	18
Rendimiento de forraje en fresco	18
Rendimiento de materia seca	18
Composición botánica	19
Variación de pH del suelo	19
Diferencia de nodulación	19
Manejo específico del experimento	20

Identificación del lugar	20
Preparación del terreno	20
Delimitación	20
Aplicación de cal	20
Mezclado de semillas	20
Siembra	20
Riego	21
Cosecha	21
Análisis de pH del suelo	21
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
Altura de plantas al primer corte	22
Altura de plantas al segundo corte	26
Altura de plantas al tercer corte	27
Rendimiento de forraje en fresco al primer corte	28
Rendimiento de forraje en fresco al segundo corte	33
Rendimiento de forraje en fresco al tercer corte	37
Rendimiento total de forraje en fresco	42
Porcentaje de materia seca al primer corte	47
Porcentaje de materia seca al segundo corte	51
Porcentaje de materia seca al tercer corte	54
Composición botánica al primer corte	55
Composición botánica al segundo corte	57
Composición botánica al tercer corte	59
Variación de pH del suelo al primer corte	61
Variación de pH del suelo al segundo corte	62
Variación de pH del suelo al tercer corte	64
Nodulación por planta al primer corte	66
Nodulación por planta al segundo corte	70
Nodulación por planta al tercer corte	74
Rendimiento de materia seca al primer corte	79
Rendimiento de materia seca al segundo corte	84
Rendimiento de materia seca al tercer corte	88
Rendimiento total de materia seca en los tres corte	91
Determinación de la dosis óptima económica	96
V CONCLUSIONES	97
VI RECOMENDACIONES	99
VII RESUMEN	100

VIII SUMMARY	104
IX BIBLIOGRAFÍA	108
X ANEXOS	110
XI ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL	135

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS .

	Pag.
Reacciones del encalado	10
Valores de neutralización relativa de algunos materiales de encalado	11
Descripción de los tratamientos evaluados	17
ADEVA para altura de plantas al primer corte	22
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Altura de plantas al primer corte.	23
Prueba de DMS al 5% para Fuentes de cal, variable Altura de plantas al primer corte.	24
Prueba de Tukey al 5% para Interacción (FxN), variable Altura de plantas al primer corte	24
Fig. Interacción Fuentes y Niveles de cal, variable Altura de plantas al primer corte.	25
ADEVA, variable Altura de plantas al segundo corte	26
ADEVA, variable, Altura de plantas al tercer corte	27
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Altura de plantas al tercer corte	27
ADEVA, variable Rendimiento de forraje en fresco al primer corte	28
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Rendimiento	

de forraje en fresco al primer corte	29
Prueba de DMS al 5% para Fuentes de cal, variable Rendimiento de forraje en fresco al primer corte.	30
Fig. Efecto de niveles de cal sobre el Rendimiento de forraje en fresco al primer corte.	30
Prueba de Tukey al 5% para Interacción, variable Rendimiento de forraje en fresco al primer corte.	31
Fig. Interacción de las fuentes y niveles de cal en base al rendimiento de forraje en fresco.	32
ADEVA, variable Rendimiento de forraje en fresco al segundo corte	33
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Rendimiento de forraje en fresco al segundo corte.	34
Prueba de DMS al 5% para Fuentes, variable Rendimiento de forraje en fresco al segundo corte	34
Fig. Efecto de niveles de cal sobre el Rendimiento de forraje en fresco al segundo corte.	35
Prueba de Tukey al 5% para Interacción de Fuentes con Niveles, variable Rendimiento de forraje en fresco al segundo corte.	36
Fig. Interacción de las Fuentes y Niveles de cal en base al Rendimiento de forraje en fresco	36
ADEVA, variable Rendimiento de forraje en fresco al tercer corte	37
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Rendimiento de forraje en fresco al tercer corte.	38
Prueba de DMS al 5% para Fuentes de cal, variable Rendimiento de forraje en fresco al tercer corte	39
Fig. Efecto de niveles de cal sobre el Rendimiento de forraje en fresco al tercer corte.	39
Prueba de Tukey al 5% para Interacción de Fuentes con Niveles, variable Rendimiento de forraje en fresco al tercer corte	40
Fig. Interacción de las Fuentes y Niveles de cal en base al Rendimiento de forraje en fresco.	41
ADEVA, variable Rendimiento de forraje en fresco total de los tres cortes	42
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Rendimiento de forraje en fresco total en los tres cortes	43

Prueba de DMS al 5% para Fuentes de cal, variable Rendimiento de forraje en fresco total	44
Fig. Efecto de dosis de cal sobre el rendimiento de forraje en fresco total.	44
Prueba de Tukey al 5% para Interacción de Fuentes de cal con Niveles, variable Rendimiento de forraje en fresco total en los tres cortes.	45
Fig. Interacción de las Fuentes y Niveles de cal en base al Rendimiento de Forraje en fresco total	46
ADEVA, variable Porcentaje de materia seca al primer corte	47
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Porcentaje de materia seca al primer corte de la mezcla forrajera	48
Prueba de DMS al 5% para Fuentes de cal, variable Porcentaje de materia seca al primer corte	48
Fig. Efecto de los Niveles de cal sobre el Porcentaje de materia seca al primer corte.	49
Prueba de Tukey al 5% para Interacción de Fuentes de cal por Niveles, variable Porcentaje de materia seca al primer corte	49
Fig. Interacción de las Fuentes y Niveles de cal en base al Porcentaje de forraje en seco	50
ADEVA, variable Porcentaje de materia seca al segundo corte	51
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Porcentaje de materia seca al segundo corte.	52
Prueba de DMS al 5% para Fuentes de cal, variable Porcentaje de materia seca al segundo corte.	52
Prueba de Tukey al 5% para Interacción de Fuentes de cal con Niveles, variable Porcentaje de materia seca al segundo corte	53
Fig. Interacción de las Fuentes y Niveles de cal en base al Porcentaje de materia seca al segundo corte	53
ADEVA, variable Porcentaje de materia seca al tercer corte	54
ADEVA, variable Composición botánica en gramíneas al primer corte.	55
ADEVA, variable Composición botánica en leguminosas en el primer corte.	56
ADEVA, variable Composición botánica en gramíneas en el segundo corte.	57

ADEVA, variable Composición botánica en leguminosas en el segundo corte	57
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Composición botánica en leguminosas al segundo corte	58
ADEVA, variable Composición botánica en gramíneas al tercer corte	59
ADEVA, variable Composición botánica en leguminosas al tercer corte	60
ADEVA, variable Variación de pH al primer corte de la mezcla forrajera	61
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Variación de pH al primer corte de la mezcla forrajera.	61
ADEVA, variable Variación de pH al segundo corte de la mezcla forrajera	62
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Variación de pH al segundo corte de la mezcla forrajera.	63
Fig. Efecto de los Niveles de cal sobre la Variación de pH al segundo corte.	64
ADEVA, variable Variación de pH al tercer corte de la mezcla forrajera.	64
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Variación de pH al tercer corte.	65
ADEVA, variable Nodulación por planta al primer corte de la mezcla forrajera	66
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Nodulación por planta al primer corte	67
Prueba de DMS al 5% para Fuentes de cal, variable Nodulación por planta al primer corte	67
Fig. Efectos de los Niveles de cal sobre la Nodulación por planta al primer corte	68
Prueba de Tukey al 5% para la Interacción de Fuentes de cal con Niveles, variable Nodulación por planta al primer corte	69
Fig. Interacción de las Fuentes y Niveles de cal en base a la cantidad de Nódulos por planta de trébol rojo	69
ADEVA, variable Nodulación por planta al segundo corte	70
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Nodulación por planta al segundo corte	71
Prueba de DMS al 5% para Fuentes de cal, variable nodulación por planta al segundo corte	71

Fig. Efecto de los niveles de cal sobre la Nodulación por planta al segundo corte.	72
Prueba de Tukey al 5% para la Interacción de Fuentes de cal con Niveles, variable Nodulación por planta al segundo corte	73
Fig. Interacción de las Fuentes y Niveles de cal en base a la cantidad de Nódulos por planta de trébol rojo.	73
ADEVA, variable Nodulación por planta al tercer corte de la mezcla forrajera	74
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Nodulación por planta al tercer corte	75
Prueba de DMS al 5% para Fuentes de cal, variable Nodulación por planta al tercer corte	75
Fig. Efecto de los Niveles de cal sobre la Nodulación de trébol rojo al tercer corte.	76
Prueba de Tukey al 5% para la Interacción de Fuentes de cal con Niveles, variable Nodulación por planta al tercer corte	77
Fig. Interacción de las Fuentes y Niveles de cal en base a la cantidad de Nódulos por planta de trébol rojo	78
ADEVA, variable Rendimiento de materia seca en Tm/ha al primer corte	79
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Rendimiento de materia seca al primer corte	80
Prueba de DMS al 5% para Fuentes de cal, variable Rendimiento de materia seca al primer corte	81
Fig. Efecto de los Niveles de cal sobre el Rendimiento de materia seca (Tm/ha) al primer corte	81
Prueba de Tukey al 5% para Interacción de Fuentes de cal por Niveles, variable Rendimiento de materia seca al primer corte	82
Fig. Interacción de las Fuentes y Niveles de cal en base al Rendimiento de materia seca en Tm/ha.	83
ADEVA, variable Rendimiento de materia seca al segundo corte de la mezcla forrajera en Tm/ha	84
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Rendimiento de materia seca al segundo corte.	85

Fig. Efecto de los Niveles de cal sobre el Rendimiento de materia seca (Tm/ha) al segundo corte	86
Prueba de Tukey al 5% para Interacción de Fuentes de cal por Niveles, variable Rendimiento de materia seca al segundo corte	86
Fig. Interacción de las Fuentes y Niveles de cal en base al Rendimiento de materia seca en Tm/ha.	87
ADEVA, variable Rendimiento de materia seca en Tm/ha. al tercer corte de la mezcla forrajera	88
Prueba de DMS al 5% para Fuentes de cal, variable Rendimiento de materia seca al tercer corte	89
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Rendimiento de materia seca al tercer corte	89
Prueba de Tukey al 5% para Interacción, variable Rendimiento de materia seca al tercer corte.	90
Fig. Interacción de las Fuentes y Niveles de cal en base al Rendimiento de forraje en seco	90
ADEVA, variable Rendimiento de materia seca total en los tres cortes de la mezcla forrajera en Tm/ha	91
Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos, variable Rendimiento de materia seca total en los tres cortes	92
Prueba de DMS al 5% para Fuentes de cal, variable Rendimiento de materia seca total en los tres cortes	92
Fig. Efecto de la cal sobre el rendimiento de materia seca total en (Tm/ha).	93
Prueba de Tukey al 5% para Interacción de Fuentes de cal con Niveles, variable Rendimiento de materia seca total en los tres cortes	94
Fig. Interacción de las Fuentes y Niveles de cal en base al Rendimiento de materia seca en los tres cortes.	95
Dosis óptima económica	96
Matriz de identificación de Impactos Ambientales	140
Matriz de evaluaciones de Impactos Ambientales	141

INDICE DE ANEXO

	Pag.
Altura de plantas al primer corte	110
Altura de plantas al segundo corte	110
Altura de plantas al tercer corte	111
Rendimiento de forraje fresco al primer corte	111
Rendimiento de forraje fresco al segundo corte	111
Rendimiento de forraje fresco al tercer corte	112
Rendimiento de forraje en fresco total en los tres cortes	112
Porcentaje de materia seca al primer corte	112
Porcentaje de materia seca al segundo corte	113
Porcentaje de materia seca al tercer corte	113
Rendimiento de materia seca al primer corte	113
Rendimiento de materia seca al segundo corte	114
Rendimiento de materia seca al tercer corte	114
Rendimiento de materia seca total en los tres cortes	114
Composición botánica de gramíneas primer corte	115
Composición botánica de leguminosas primer corte	115
Composición botánica de gramíneas segundo corte	115
Composición botánica de leguminosas segundo corte	116
Composición botánica de gramíneas tercer corte	116
Composición botánica de leguminosas tercer corte	116
Variación de pH al primer corte	117
Variación de pH al segundo corte	117

Variación de pH al tercer corte	117
Nodulación por planta al primer corte	118
Nodulación por planta al segundo corte	118
Nodulación por planta al tercer corte	118
Fotografías del ensayo	119
Análisis de suelo	126
Costos por hectárea para el tratamiento F1N1	127
Costos por hectárea para el tratamiento F1N2	128
Costos por hectárea para el tratamiento F1N3	129
Costos por hectárea para el tratamiento F1N4	130
Costos por hectárea para el tratamiento F2N1	131
Costos por hectárea para el tratamiento F2N2	132
Costos por hectárea para el tratamiento F2N3	133
Costos por hectárea para el tratamiento F2N4	134
Costos por hectárea para el tratamiento TESTIGO (sin cal)	135