

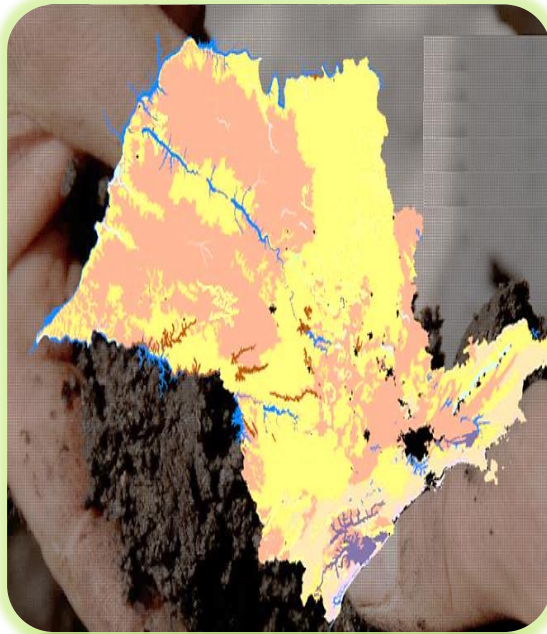


UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES.

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA.

“EFECTO DE LA CORRECCIÓN DE LA ACIDEZ DEL SUELO, Y
LA APLICACIÓN DE HERBICIDAS EN LA ERRADICACIÓN
DE LA LLASHIPA “*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon”.



TESISTA: Miguel Alexis Vélez Espinoza.

Tesis de grado previo a la
obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo.

DIRECTOR: Ing. Agr. Pablo Alvarez Figueroa. Mg. Sc.

LOJA- ECUADOR

2015



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

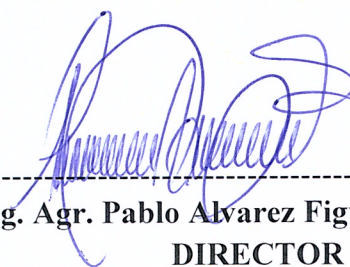
CERTIFICACIÓN.

Ing. Agr. Pablo Álvarez Figueroa. Mg. Sc.
Docente investigador de la Universidad Nacional de Loja.

Certifica:

Que el presente trabajo de investigación titulado “**EFEECTO DE LA CORRECCIÓN DE LA ACIDEZ DEL SUELO, Y LA APLICACIÓN DE HERBICIDAS EN LA ERRADICACIÓN DE LA LLASHIPA “*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon”**”, presentado por el aspirante Miguel Alexis Vélez Espinoza, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, culminó dentro del cronograma aprobado, ha sido dirigido y prolijamente revisado, por lo que se autoriza su presentación.

Loja, 16 de noviembre de 2015



Ing. Agr. Pablo Álvarez Figueroa. Mg. Sc.
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

APROBACIÓN

Una vez cumplida la reunión del tribunal de calificación del trabajo de tesis “EFECTO DE LA CORRECCIÓN DE LA ACIDEZ DEL SUELO, Y LA APLICACIÓN DE HERBICIDAS EN LA ERRADICACIÓN DE LA LLASHIPA “*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon.” De la autoría del Señor Miguel Alexis Vélez Espinoza, Egresado de la Carrera de Ingeniería Agronómica, se propuso algunas correcciones de forma, las mismas que han sido incluidas en el documento final.

En virtud, nos permitimos certificar el trabajo final consolidado de investigación está acorde a los requerimientos de la carrera de Ingeniería Agronómica del Área agropecuaria de Recursos Naturales Renovables, por lo tanto se autoriza continuar con los trámites correspondientes.

Loja, 07 de diciembre del 2015.

.....
Dra. Ing. Agr. Zoila Zaruma Hidalgo Mg. Sc.
PRESIDENTE

.....
Ing. Agr. Patricio Aguirre Mg. Sc.
VOCAL

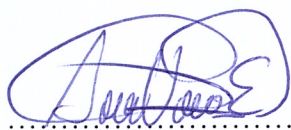
.....
Ing. Agr. Bolívar Cueva Mg. Sc.
VOCAL

AUTORÍA

Yo, **Miguel Alexis Vélez Espinoza** declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Miguel Alexis Vélez Espinoza.

Firma: 

Cedula: 1105122418

Fecha: 07 de diciembre del 2015

CARTA DE AUTORIZACIÓN.

Yo **Miguel Alexis Vélez Espinoza** declaro ser autor de la tesis titulada “**EFFECTO DE LA CORRECCIÓN DE LA ACIDEZ DEL SUELO, Y LA APLICACIÓN DE HERBICIDAS EN LA ERRADICACIÓN DE LA LLASHIPA “*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon**”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Agrónomo, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a los nueve días del mes de diciembre del dos mil quince.

Firma: 

Autor: Miguel Alexis Vélez Espinoza.

Numero de cedula: 1105122418

Dirección: España entre Chile y Bolivia.

Correo electrónico: alexis92_64@hotmail.com

Teléfono: 073101280

Celular: 0989564048

DATOS COMPLEMENTARIOS.

Director de Tesis: Ing. Agr. Pablo Alvarez Figueroa Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Dra. Ing. Agr. Zoila Zaruma Hidalgo Mg. Sc.

Ing. Agr. Patricio Aguirre Mg. Sc.

Ing. Agr. Bolívar Cueva Mg. Sc.

PRESIDENTA

VOCAL

VOCAL

AGRADECIMIENTOS:

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento, a esta prestigiosa alma mater Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica por haberme brindado la formación como profesional para el servicio del país.

Agradezco al señor Ingeniero Pablo Alvarez Figueroa, Director de tesis, por su brillante asesoramiento para la culminación de la presente investigación, también expreso mi agradecimiento a los miembros del tribunal calificador por su aporte para el mejoramiento del presente trabajo. Así mismo resalto el agradecimiento al prestigioso grupo de docentes quienes impartieron sus excelentes conocimientos y apoyo durante todo el proceso de formación en vuestra universidad.

También recalco el agradecimiento a la Empresa Pública de Desarrollo Productivo y Agropecuario del Sur DEPROSUR EP, a su Gerente General Ing. Agr. Jean Ojeda, sus técnicos Dr. Vet. William Abad, Dr. Vet. Pablo Almeida, Ing. Agr. Sergio Valverde y a todo su stock de trabajo por el apoyo brindado durante todo el proceso de investigación.

A todos muchas gracias.

EL AUTOR.

DEDICATORIA

A mis padres Miguel Artidoro Vélez y Magna Albertina Espinoza, quienes fueron mis guías y el soporte para poder llevar a cabo esta meta, también dedico esto a mis hermanas Tatiana, Karina, Reina, Erika y mi hermano Paul Vélez, quienes me brindaron todo su apoyo y aliento durante todo el proceso de formación, además a mi sobrino y sobrinas quienes son la alegría de vuestro hogar.

A todos mis familiares, amigos y docentes que estuvieron allí brindándome su apoyo y ánimo para culminar con éxito este proyecto de vida.

A todos os agradezco de corazón por formar parte de este logro.

Miguel Alexis Vélez.

INDICE GENERAL.

CONTENIDO	Pàg
PORTADA.	I
CERTIFICACIÒN.....	II
APROBACIÒN	III
AUTORÍA	IV
CARTA DE AUTORIZACIÒN.....	V
AGRADECIMIENTOS:.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
INDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE CUADROS.....	XI
INDICE DE FIGURAS.....	XIV
INDICE DE ANEXOS.....	XVII
RESUMEN.....	XX
SUMMARY	XXI
TÍTULO.....	XXII
1. INTRODUCCIÒN.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. ACIDEZ DEL SUELO.....	3
2.1.1. Origen de la acidez.....	3
2.1.2. Clasificaciòn de la acidez del suelo.....	4
2.1.3. Capacidad tampòn de los suelos y su importancia.....	5
2.1.4. Potencial hidrogeno (pH) de los suelos.....	5
2.1.5. Efectos de la acidificaciòn de suelos.....	7
2.1.6. Relaciones entre la CIC, porcentaje de saturaciòn de bases y pH.....	8
2.1.7. La materia orgànica en el proceso de acidez del suelo.....	9
2.1.8. Disponibilidad de nitrògeno (N).....	10
2.1.9. Disponibilidad de fòsforo (P ₂ O ₅).....	10

2.1.10.	Disponibilidad de potasio, calcio y magnesio.	11
2.1.11.	Disponibilidad de micronutrientes.....	12
2.2.	MANEJO DE SUELOS ÁCIDOS.....	12
2.2.1.	Encalado.	13
2.2.1.1.	<i>Métodos para determinar las necesidades de enmiendas cálcicas.</i>	14
2.2.1.2.	<i>Corrección de la acidez mediante cal agrícola.</i>	16
2.2.1.3.	<i>Valor de neutralización de la enmienda.</i>	17
2.3.	CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS.	18
2.3.1.	Malezas.....	18
2.3.1.1.	<i>La interferencia de las malezas con el cultivo.</i>	19
2.3.1.2.	<i>Competencia por nutrientes.</i>	20
2.3.2.	Control con herbicidas.....	20
2.3.2.1.	<i>Formulación</i>	21
2.3.2.2.	<i>Mezclas.</i>	21
2.4.	EL CONTROL MECÁNICO.....	21
2.5.	LLASHIPA “PTERIDIUM ARACHNOIDEUM (KAULF.) MAXON.....	22
2.5.1.	Clasificación científica:	22
2.5.2.	Requerimientos edafo-climáticos.	23
2.6.	TRABAJOS REALIZADOS EN EL MEDIO.....	24
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1.	LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
3.1.1.	Ubicación geográfica.....	25
3.1.2.	Ubicación ecológica.	25
3.2.	MATERIALES.	26
3.2.1.	Materiales de campo.....	26
3.2.2.	Materiales de laboratorio.....	26
3.2.3.	Materiales de oficina.	26
3.3.	DISEÑO EXPERIMENTAL.	26
3.3.1.	Tratamientos.....	26
3.3.2.	Hipótesis.....	27
3.3.3.	Modelo matemático.....	27
3.3.4.	Variables a evaluar.	28
3.3.5.	Verificación de hipótesis.	28

3.3.6.	Especificaciones técnicas del diseño	28
3.4.	METODOLOGÍA.....	29
3.4.1.	Antecedente.	29
3.4.2.	Técnica artesanal.	30
3.4.3.	Control orgánico (Encalado).	33
3.4.4.	Control químico.....	39
3.4.5.	Registro de las variables a evaluar.	41
3.4.5.1.	<i>Propiedades físicas y químicas del suelo.</i>	41
3.4.5.2.	<i>Prueba del herbicida Mapkill y la mezcla con Pastar.</i>	41
3.4.5.3.	<i>Rangos de eliminación de la llashipa y comparación c/u de los tratamientos.</i>	41
3.4.5.4.	<i>Comparación de los tratamientos en relación al beneficio/costo y efectividad.</i>	43
3.4.5.5.	<i>Difusión de los resultados. de la investigación.</i>	43
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1.	PROPIEDADES FISICAS-QUIMICAS DEL SUELO.	44
4.1.1.	Clase textural del suelo.....	44
4.1.2.	Comportamiento del pH.	45
4.1.3.	Acidez cambiante del suelo.	50
4.1.4.	Disponibilidad de nutrientes.....	56
4.2.	CONTROL QUIMICO DEL ARVENSE.	59
4.3.	COMPARACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	63
4.4.	ANÁLISIS ECONÓMICO.	68
4.5.	DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	69
5.	CONCLUSIONES.....	70
6.	RECOMENDACIONES.....	71
7.	BIBLIOGRAFIA.....	72
8.	ANEXOS.....	82

INDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Clasificación de los suelos según su valor de pH.....	7
Cuadro 2. Rangos Deseables de cationes intercambiables.....	9
Cuadro 3. Toneladas de cal/ha para lograr el cambio de pH.....	15
Cuadro 4. Valor de neutralización de las principales especies químicas presentes en diversos materiales correctores de acidez del suelo.....	18
Cuadro 5. Descripción de los tratamientos utilizados en la investigación.	26
Cuadro 6. Matriz de ADEVA del ensayo.....	28
Cuadro 7. Descripción de cada paso que se llevó a cabo dentro de la investigación.....	29
Cuadro 8. Resultado de análisis de suelo previo a la ejecución del proyecto.....	30
Cuadro 9. Cantidad de material encalante aplicar por hectárea y por parcela.	33
Cuadro 10. Métodos aplicar en la determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo en estudio, realizado en el Laboratorio de suelos, foliares y aguas de Tumbaco-Quito “AGROCALIDAD”. Loja 2015.....	38
Cuadro 11: Dosis de herbicida a aplicar por hectárea y por parcela de estudio..	39
Cuadro 12. Parámetros de análisis semi-cuantitativo sobre abundancia de malezas por potreros, (adaptado).....	42
Cuadro 13. Rango promedios del % partículas presentes en la clase textural del suelo en estudio, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015	44
Cuadro 14. Medias de los tres bloques de la medición del pH por un lapso de 10 semanas, sector “Carigan Alto”, Loja, octubre 2015.	46

Cuadro 15. Agrupación de las medias utilizando el método de Tukey. Loja, octubre 2015.	47
Cuadro 16. Resultados de la acidez cambiante, frente al encalado del suelo, sector "Carigàn Alto" Loja, octubre 2015.	50
Cuadro 17. Promedio de las bases de cambio (cmol/kg). Análisis laboratorio Agrocalidad, Loja, octubre 2015.	53
Cuadro 18. Resultados promedios de materia orgánica y macro elementos presentes en el suelo a posterior al encalado, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.	56
Cuadro 19. Promedios de micro nutrientes presentes el área de investigación, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.	58
Cuadro 20. Porcentaje de llashipa antes de la aplicación de los agroquímicos, Loja, octubre 2015.	60
Cuadro 21. Promedios del porcentaje de arvense presente por parcela en cuanto al efecto de los agroquímicos, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.	61
Cuadro 22. Agrupación de medias del efecto de la aplicación de los herbicidas para la eliminación de la maleza (llashipa), utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%, Loja, octubre 2015.	62
Cuadro 23. Promedios de porcentaje de malezas en el área de investigación, evaluación de las técnicas empeladas para el control del arvense, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.	64
Cuadro 24. Análisis semi-cuantitativo de número de plantas de llashipa, en el área de investigación, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.	66
Cuadro 25. Evaluación del porcentaje pérdida de biomasa de pasto por la incidencia de llashipa, sector "Carigan Alto", Loja, noviembre 2015.	67

Cuadro 26. Análisis económico de cada técnica con la frecuencia de aplicación de cada una en el lapso de un año. Loja, noviembre 2015.	68
Cuadro 27. Evaluación de la aptitud de cada técnica para la inserción de pastoreo rotativo, Loja, noviembre 2015.	69

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Proceso de acidificación del suelo. (Fuente: Brady & Weil. 2008).	4
Figura 2. Gama extrema de pH para la mayoría de los suelos minerales y los rangos donde encontramos mayor disponibilidad de nutrientes (Fuente: Brady & Weil, 2008).	6
Figura 3. Influencia del pH del suelo sobre la disponibilidad del fósforo. (Fuente: Crop Nutrition, 2015).	10
Figura 4. Esquema de la reacción de desplazamiento y neutralización del aluminio de intercambio por efecto del encalado. (Fuente: Brady & Weil 2008).	13
Figura 5. Proceso de degradación en los ecosistemas tropicales de montaña, desde el bosque natural hacia matorrales con llashipales (Fuente: Aguirre <i>et al.</i> 2007).	19
Figura 6. Ubicación espacial del sitio del ensayo, sector “Carigan Alto”, Loja, 2015.	25
Figura 7. Área de ensayo antes de la ejecución de la técnica artesanal (a); corte artesanal de la llashipa 5cm del nivel del suelo (b) sector “Carigan Alto”, Loja, abril 2015.	30
Figura 8. Medición de las parcelas (c); parcelas delimitadas Bloque 1 y 2 (d) sector “Carigan Alto”, Loja, abril 2015.	31
Figura 9: Recorrido por el bloque para realizar la muestra, sector “Carigan Alto”, Loja, abril 2015.	31
Figura 10. Limpieza de la capa superficial, sector “Carigan Alto”, Loja, abril 2015.	32
Figura 11: Muestreo de suelo y preparación de la muestra (a); muestra lista para su posterior análisis (b) sector “Carigan Alto”, Loja, abril 2015.	32

Figura 12: Remoción del sustrato por parcela (a) ; aplicación al voleo del material encalante CaCO_3 (b y c) sector “Carigan Alto”, Loja, mayo 2015.	34
Figura 13: Tamizado de suelo (a) , pesado del suelo (b) , "Laboratorio de sanidad vegetal" Loja, junio 2015.	35
Figura 14: Colocación de agua destilada (a) , mezcla de la solución (b) , "Laboratorio de sanidad vegetal" Loja, junio 2015.	36
Figura 15: Medición y toma de dato del pH, "Laboratorio de sanidad vegetal" Loja, junio 2015.	36
Figura 16: Colecta de cinco sub-muestras: una muestra central (C) y 4 en la dirección de los puntos cardinales, sector “Carigan Alto”, Loja, julio 2015.	37
Figura 17: Preparación de las dosis de herbicidas (a y b) , sector "Carigan Alto" Loja, junio 2015.	40
Figura 18: Aplicación localizada de los herbicidas (a y b) , sector "Carigan Alto" Loja, junio 2015.	40
Figura 19. Técnica para evaluar el porcentaje de maleza por parcela, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.	42
Figura 20: Curva de pH frente al tiempo, efecto del encalado del suelo, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.	48
Figura 21. Gráfica de residuos cuatro en uno, a la distribución del pH frente al tiempo .Modelo lineal general. (GLM), Loja, octubre 2015.	49
Figura 22. Interacción entre el pH frente al aluminio, hidrogeno hiero y manganeso, Loja, octubre 2015.	52
Figura 23. Cationes intercambiables, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.	54

Figura 24. Interacción % saturación de bases y el pH del suelo encalado, Loja, octubre 2015.	55
Figura 25. Incidencia del porcentaje de llashipa frente al tiempo del efecto de los herbicidas, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.....	63
Figura 26. Incidencia en el control de llashipa en cada uno de los tratamientos, sector "Carigan Alto" Loja, octubre 2015.	65

INDICE DE ANEXOS.

Anexo 1. Esquema del Diseño Experimental en Bloques completamente al Azar (BCA) utilizado en el proyecto, sector “Carigan Alto”, Loja, marzo 2015.	82
Anexo 2. Zonas de muestreo del suelo previo a la implementación del experimento, sector "Carigan Alto", Loja, mayo 2014.	83
Anexo 3. Resultado de análisis de suelo preliminar a la ejecución del proyecto, Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Suelos, Aguas y Bromatología (AARNR), Loja, julio 2014.....	84
Anexo 4. Calculo de las dosis de encalado aplicar en el área de investigación en base al análisis preliminar.....	85
Anexo 5. Formato de los análisis de suelos entregados por el Laboratorio de Suelos, Foliare y Aguas (AGROCALIDAD) Tumbaco, sector "Carigan Alto", loja, octubre 2015.	86
Anexo 6. Resultados del análisis de laboratorio “ AGROCALIDAD ” de la clase textural de los tratamientos en los diferentes bloques, sector “Carigan Alto”, Loja octubre, 2015.	87
Anexo 7. Datos del laboratorio “Sanidad Vegetal” del proceso de incremento en el pH frente al encalado del suelo, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.....	87
Anexo 8. Resultado final del análisis de suelo respecto al pH, realizado en los laboratorios de “ AGROCALIDAD ” (Tumbaco), Loja, octubre 2015.....	88
Anexo 9. Análisis de varianza para pH, utilizando SC ajustada para pruebas, Loja, octubre 2015.	88
Anexo 10. Resultados obtenidos de la acidez del suelo en los diferentes bloques, análisis realizado por “ AGROCALIDAD ” (Tumbaco). Loja, octubre 2015.....	89
Anexo 11. Resultado de las bases de cambio (cmol/kg). Análisis laboratorio “ AGROCALIDAD ” (Tumbaco), Loja, octubre 2015.....	89

Anexo 12. Promedio de porcentaje y relación entre los diferentes cationes de intercambio (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , y Al^{3+}), Loja, octubre 2015.....	90
Anexo 13. Resultados de MO, macro y micro nutrientes presentes en el área de investigación, Análisis en laboratorio de “AGROCALIDAD” (Tumbaco), Loja, octubre 2015.	91
Anexo 14. Parámetros para la interpretación de los análisis de suelos para el régimen sierra, laboratorio de Suelos, Foliare y Aguas, “AGROCALIDAD” (Tumbaco), Loja, octubre 2015.	91
Anexo 15. Agrupación de las medias del efecto del encalado frente a los macro y micro nutrientes presentes en el suelo, utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%, Loja, octubre 2015.	92
Anexo 16. Promedio en porcentaje de llashipa presente posterior a la aplicación de los herbicidas, sector "Carigan Alto", Loja octubre 2015.	92
Anexo 17. Análisis de varianza sobre el efecto de los herbicidas. Ajustando al error del sub-muestreo, Loja, octubre 2015.....	93
Anexo 18. Dato de campo del porcentaje de llashipa inicial en cada uno de las parcelas/Bloque, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.	93
Anexo 19. Gráfica de Porcentaje de llashipa iniciales, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.	94
Anexo 20. Datos de campo promedios de los porcentajes de llashipa presente a efecto de la implementación de cada técnica en el área de investigación, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.....	94
Anexo 21. Análisis de varianza de la comparación de los tratamientos con respecto al porcentaje de llashipa presente a efecto de cada técnica implementada, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.	95

Anexo 22. Agrupación de medias, mediante la utilización del método Tukey, comparación de los resultados de porcentajes de llashipa con un nivel de confianza de 99%, sector “Carigan Alto”, Loja, octubre 2015.	96
Anexo 23. Datos de campo del promedio de número de plantas de llashipa por parcela/cada 30 días, sector “Carigan Alto”, Loja, octubre 2015.....	96
Anexo 24. Ficha técnica del pasto "Ray grass" referencial en el análisis comparativo y económico de cada una de las técnicas implementadas, sector "Carigan Alto", Loja, noviembre 2015.....	97
Anexo 25. Determinación de los requerimientos para realizar los costos de producción de cada técnica con la inserción de una pastura, sector "Carigan Alto", Loja, noviembre 2015.....	98
Anexo 26. Ejemplo de cálculo de costos de inversión real en la implementación de la técnica (4,5 t ha-1), Loja, noviembre 2015.....	99
Anexo 27. Resumen del análisis de costo de producción de cada técnica ampliado a una hectárea, Loja noviembre 2015.....	100
Anexo 28. Técnica pastoreo en una hectárea subdividida en 4 potreros. Loja, 2015.....	100
Anexo 29. Ficha técnica del agroquímico Mapkill, Loja, abril 2015.....	101
Anexo 30. Ficha técnica del agroquímico Pastar, Loja abril 2015.	102
Anexo 31. Hoja técnica entregada en la socialización de resultados de tesis, Loja, noviembre 2015.....	103

RESUMEN.

Esta investigación evaluó el efecto del encalado en la corrección de la acidez del suelo y el uso de herbicidas en la erradicación de la llashipa “*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon”, para lo cual se realizó un análisis de suelo preliminar dando como resultado un pH de 4,27 (extremadamente ácido) y acidez intercambiable 1,9 meq de Al^{3+} (Toxico), se observó que el área presente un grado de infestación de maleza > 30%, por ende se calculó las dosis de cal agrícola aplicar (4,5, 3 y 1,5 t ha⁻¹), la aplicación de la dosis comercial de los agroquímicos Mapkill y la mezcla del mismo con Pastar. Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con tres replicas, monitoreando el efecto del encalado durante el lapso de encubado de la cal agrícola y la efectividad del encalado y de los agroquímicos en la erradicación de la maleza, teniendo como variable de introducción la técnica artesanal (Testigo o Macheteo) en todas las parcelas. En la aplicación de cal agrícola la dosis de 4.5 t ha⁻¹ obtuvo mejor respuesta incrementado el pH de 4,27 iniciales a 5,91, corrigiendo la acidez cambiante de 1,9 meq de Al^{3+} a cero, apto para la mayoría de los cultivos, aportando cantidades óptimas de macronutrientes como el Ca y disminuyendo la toxicidad de Fe que estuvo presente en condiciones tóxicas en las parcelas. En cuanto a los herbicidas la mezcla de Mapkill y Pastar redujo la infestación de la maleza por debajo del umbral permitido (> 25%) igual resultado la dosis de 4,5 t ha⁻¹. El mayor ingreso económico y beneficio neto más alto (calculados por pérdida de biomasa de pasto) se obtuvo con la dosis de 4,5 t ha⁻¹. El tratamiento de 1,5 t ha⁻¹ fue el que generó mayor relación beneficio costo y redistribución neta al capital invertido de 4,29 unidades de inversión. El tratamiento con la dosis de encalado de 4.5 t ha⁻¹ y mezcla de herbicidas (Pastar y Mapkill) son los únicos que mejor se adaptaron a la inserción de una técnica de pastoreo rotativo para la implementación dentro del sector agropecuario.

Palabras claves; Toxicidad de aluminio, Suelos ácidos, Encalado, Maleza.

SUMMARY

This research evaluated the effect of liming in the correction of the acidity of the soil and the use of herbicides in the eradication of the llashipa “*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon”, for which an previous analysis of soil was realized giving like proved a pH of 4,27 (extremely acidic) and interchangeable acidity 1,9 meq of Al^{3+} (Toxic), it was observed that area should present a grade of infestation of the weed $> 30 \%$, therefore he was calculating the dose of agricultural lime apply (4.5 , 3 and 1.5 t ha⁻¹), the application of the commercial dose of the agrochemicals Mapkill and the mixture of the same with Pastar, a design was used in a randomized complete block with three replications, monitoring the liming effect during the period of barreling of agricultural lime and the effectiveness of the liming and the agrochemicals in the eradication of the weed, taking as a variable of introduction the technical craft (witness or Macheteado) in all the plots. In the application of agricultural lime the dose of 4.5 t ha⁻¹ obtained better response increased the initial pH of 4.27 to 5.91, correcting the exchangeable acidity of 1.9 meq of Al^{3+} to zero, suitable for the majority of the crops, providing optimal quantities of nutrients such as Ca and decreasing the toxicity of faith that was present in toxic conditions in the plots. In regard to the herbicides the mixture of Mapkill and Pastar reduced the infestation of the weeds below the permitted threshold ($> 25 \%$) equal turned out the dose of 4.5 t ha⁻¹. The largest single source of income and net profit more high (calculated by loss of biomass grass) was obtained with a dose of 4.5 t ha⁻¹. The treatment of 1.5 t ha⁻¹, was the one that generated the greatest cost benefit ratio and redistribution to net capital invested of 4.29 units of investment. The treatment with a dose of liming of 4.5 t ha⁻¹ and mixture of herbicide (Pastar and Mapkill) are the only ones who best is adapted to the insertion of a technique of rotational grazing for deployment within the agricultural sector.

Index words: Aluminum toxicity, Acidic soils, Liming, Weed

**“EFECTO DE LA CORRECCIÓN DE LA ACIDEZ DEL SUELO, Y LA
APLICACIÓN DE HERBICIDAS EN LA ERRADICACIÓN DE LA
LLASHIPA “*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon”.**

1. INTRODUCCIÓN.

Las altas concentraciones de Al intercambiable (Al^{3+}) en suelos ácidos afecta el crecimiento radicular y el rendimiento de los cultivos (Brady & Weil, 2008) por lo que la acidez en la mayoría de los suelos de la Sierra y de la Amazonia provoca que se creen condiciones favorables para ciertas malezas (llashipa) que son dañinas para el ganado ocasionando grandes pérdidas económicas, las mismas que son demasiadas agresivas cubriendo toda el área de los pastizales y a su vez eliminando al mismo, haciendo estas zonas infértiles e inservibles (Spain, & Gualdrón, 1991). Debido a la alta concentración de iones de hidronio en los suelos, provoca que los minerales esenciales para el desarrollo del cultivo (pastos) no estén asimilables para su apto desarrollo, por lo cual la proliferación del arvense ocurre con mayor rapidez (Autor, 2015).

Según reportes del SICA (2002), la superficie destinada a pastizales constituye cerca del 41% de la superficie total del país con uso agropecuario. El área aproximada del país apta para el desarrollo de potreros es de 509'200.000 has correspondiéndole a la sierra el 37%, a la costa el 46,56% y al oriente el 16,44%.

La rápida expansión de la maleza sobre los pastizales genera un enorme problema en el Sur del Ecuador solamente después de unos pocos años de uso, los pastizales deben ser abandonados o renovados, porque la maleza los invade con rapidez, esto ocasiona que nuevas áreas de bosque deben ser desmontadas constantemente y plantadas con pastos provocando además que la biodiversidad también sea destruida (Kiss & Bräuning, 2008).

La base de la economía rural actual en este tipo de cobertura es la conversión continua del bosque y matorral de montaña en pastizales, los mismos que requieren mayor inversión para su mantenimiento, especialmente cuando se generan condiciones específicas de suelo (acidez) y emergen vigorosamente helechos agresivos como la "llashipa" (*Pteridium arachnoideum*) que reemplazan a los pastos y en la mayoría de los casos deben ser controlados a través del fuego. Cuando ya no es posible controlar los helechos, los agricultores abandonan estas áreas para colonizar y deforestar otras (Hartig y Beck, 2003).

El manejo de los suelos ácidos, es muy complejo ya que conlleva una serie de procesos para corregirlos, y a su vez lograr hacerlos fértiles con la mayor disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de los cultivos (Espinosa & Molina, 1999), evitando así la

proliferación excesiva de la llashipa, debido a la excesiva infestación de la maleza anteriormente mencionada en suelos ácidos, se evaluó unas técnicas de corrección de la acidez del suelos y control químico para la eliminación de la llashipa, orientándonos a obtener una técnica alternativa para la inserción dentro del sector agropecuario, poniendo en evidencia la eficacia y rentabilidad del control técnico mediante el uso de cal agrícola en comparación con el control con agroquímicos, de tal manera que beneficie y esté al alcance del sector agropecuario de la provincia y del país (Autor, 2015).

Los objetivos planteados en la presente investigación fueron:

- Determinar el efecto de la corrección la acidez del suelo mediante la aplicación de tres dosis de cal agrícola (CaCO_3), en la erradicación de la llashipa.
- Evaluar el efecto del herbicida Mapkill y la mezcla del mismo con Pastar en la eliminación de la llashipa, probando la efectividad de la dosis comercial.
- Determinar la relación beneficio-costos de cada una de las variables de investigación, mediante la aplicación del índice RNCI (Redistribución Neta del Capital Invertido).

El desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo en el Sector de Carigàn Alto, en el Cantón y Provincia de Loja, en la finca del Sr. Braulio Benjamín Vanegas.

2. REVISION DE LITERATURA.

2.1. ACIDEZ DEL SUELO.

2.1.1. Origen de la acidez.

La acidificación es un proceso natural que ocurre por: lixiviación de proporciones considerables de bases cambiables que inicialmente estaban retenidas en la matriz del suelo y son reemplazados por hidrógenos (Brady & Weil 2008), hidrólisis de cationes metálicos (Al^{3+}), CO_2 proveniente de la respiración microbiana que pasa a H_2CO_3 generando hidrogeniones, presencia de grupos ácidos orgánicos provenientes de la materia orgánica que también son fuentes de H^+ , lluvia ácida (Sposito, 2008) y por actividades agrícolas como el uso de fertilizantes amoniacales (Bohn, 2001) (**Figura 1**).

La acidez por sí misma no constituye un factor limitante para el desarrollo de las plantas, sino que en realidad es el efecto tóxico del aluminio en la solución suelo cuando la concentración de éste es mayor a 1 ppm el que ocasiona serios problemas ecológicos (Johnson 2002; Huang 1990; Tan 1994; Gensemer & Playle 1999).

En suelos de zonas tropicales se pierden por lixiviación proporciones considerables de bases cambiables que inicialmente estaban retenidas en la matriz del suelo y son reemplazados por hidrógenos, lo que conducen a la disminución del pH. Cuando éste último es menor a 5,5 se produce toxicidad por Al^{3+} (Brady & Weil, 2008).

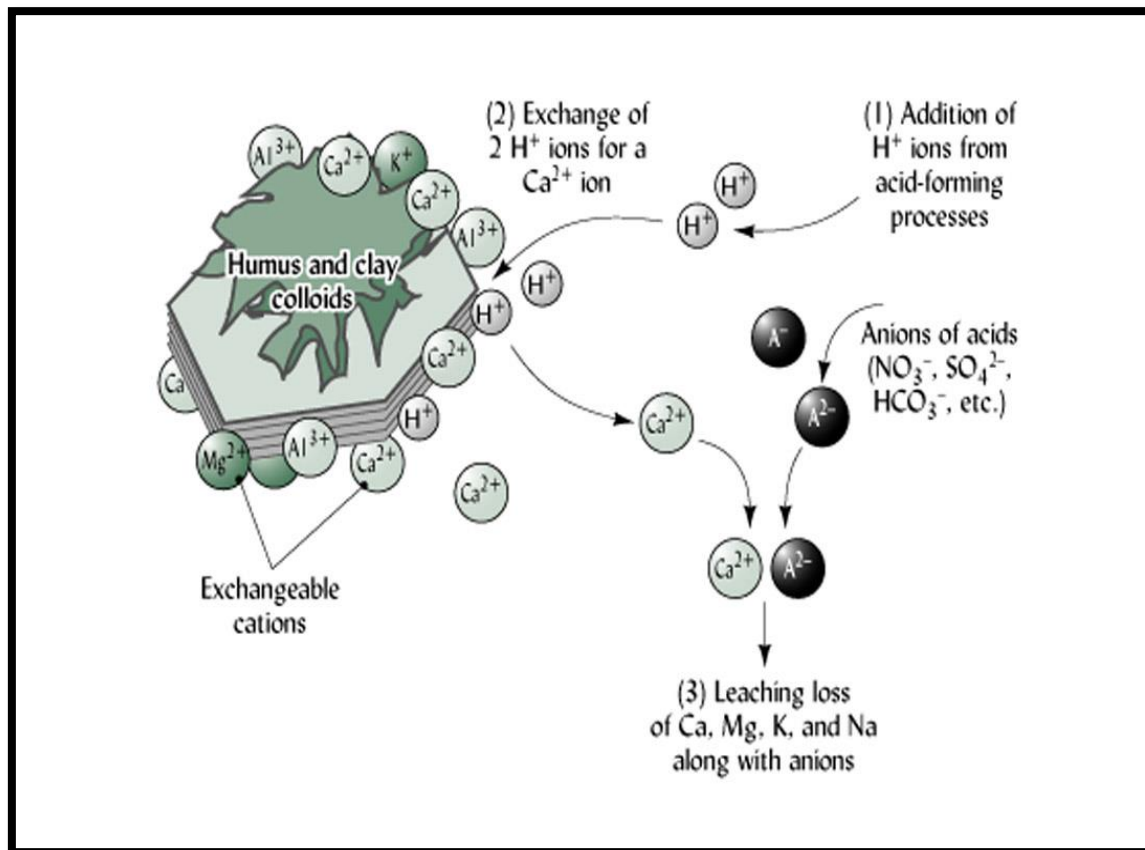


Figura 1. Proceso de acidificación del suelo (Fuente: Brady & Weil, 2008).

2.1.2. Clasificación de la acidez del suelo.

Se clasifica en las siguientes categorías:

- **Acidez activa:** son los iones H^+ presentes en una solución. Se mide con el potenciómetro selectivo de H^+ .
- **Acidez intercambiable:** suma de H^+ y Al^{3+} intercambiables retenidos en los coloides al pH del suelo. Se mide en meq/100g ó cmol_c/kg
- **Acidez no intercambiable o residual:** H^+ y Al^{3+} en enlace covalente en la estructura de los cristales filosilicatos o la materia orgánica.
- **Acidez titulable:** Corresponde a la cantidad de base fuerte requerida para llevar el pH a un valor determinado. Se mide en meq/100g ó cmol_c/kg.

La suma de la acidez intercambiable y la acidez no intercambiable corresponde a la acidez titulable (Espinosa & Molina, 1999; Amabelia, 2012).

2.1.3. Capacidad tampón de los suelos y su importancia.

La capacidad tampón de los suelos se manifiesta por la resistencia que ofrece la solución del suelo a todo cambio del pH, debido a la adición de iones H^+ u OH^- (Brady & Weil, 2008).

La capacidad tampón de los suelos es importante porque se encarga de mantener la estabilidad de pH del suelo, evitando cambios bruscos de su reacción que pueden causar modificaciones radicales en la disponibilidad de los nutrientes y la vida de los microorganismos del suelo, lo cual repercutirá en daños difíciles de reparar. La aplicación práctica final de la capacidad tampón del suelo determina la cantidad de cal o azufre que deben agregarse a un suelo para producir un cambio dado en el pH (Brady & Weil, 2008; Iñiguez, 2001).

Está relacionada con:

- La existencia de coloides en su composición (suelos con > contenido coloidal tendrán > CT)
- Con su capacidad e intercambio; a mayor CIC mayor poder de amortiguador.
- La CT es distinta según el tipo de suelo: suelos húmicos > suelos arcillosos > suelos francos > suelos arenosos.

2.1.4. Potencial hidrogeno (pH) de los suelos.

El pH del suelo se refiere a la actividad de los iones H^+ en la solución suelo. El rango de pH en la mayoría de suelos minerales va de 3,6 a 10,4 (**Figura 2**).

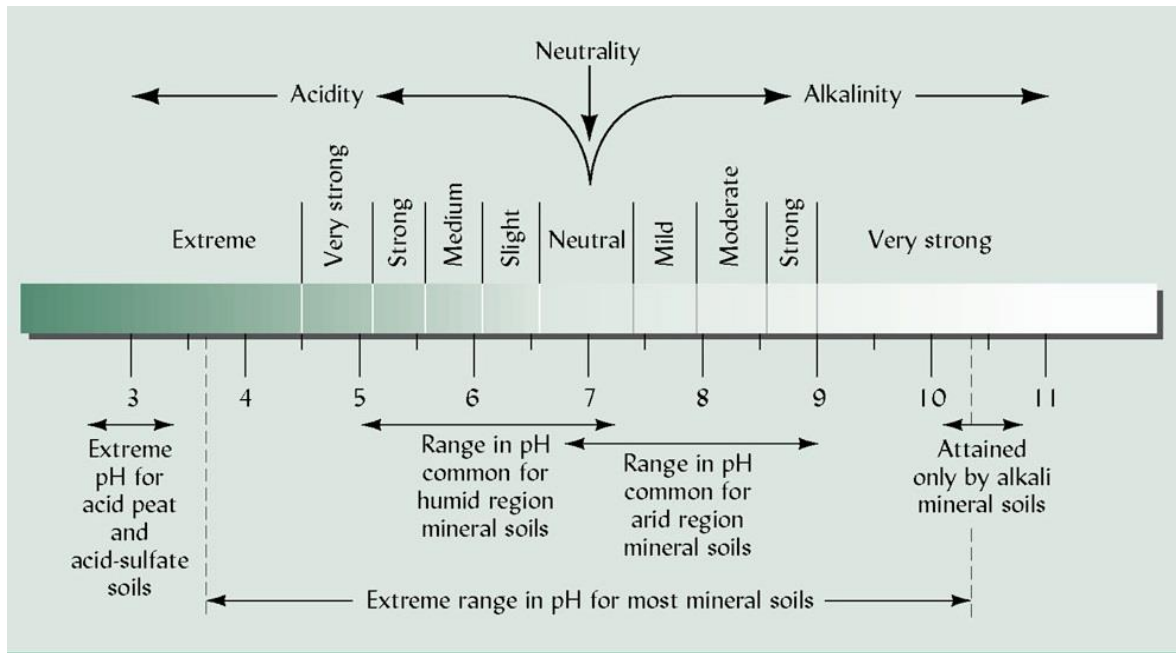


Figura 2. Gama extrema de pH para la mayoría de los suelos minerales y los rangos donde encontramos mayor disponibilidad de nutrientes (**Fuente:** Brady & Weil, 2008).

La asimilación de nutrientes del suelo está influenciada por el pH, ya que determinados nutrientes se pueden bloquear en determinadas condiciones de pH y no son asimilables para las plantas. Alrededor de pH 6-7,5 son las mejores condiciones para el desarrollo de las planta (**Cuadro 1**). Cuando el pH de los suelos ácidos se eleva de 5 hacia la neutralidad, nutrientes como el hierro, manganeso y zinc no están disponibles; mientras que el molibdeno aumento de la disponibilidad. El fósforo tiende a ser deficiente en la mayor parte de suelos, aunque una mayor disponibilidad se observa alrededor de pH 6.5 (Ibáñez, 2007; Brady & Weil, 2008).

Cuadro 1. Clasificación de los suelos según su valor de pH.

pH	Evaluación	Efectos
Menor de 4,5	Extremadamente ácido	Condiciones muy desfavorables
4,5 – 5	Muy fuertemente ácido	Posibles efectos de toxicidad
5,1 - 5,5	Fuertemente ácido	Deficiente asimilación de algunos elementos
5,6 – 6	Medianamente ácido	Adecuado para la mayoría de los cultivos
6,1 - 6,5	Ligeramente ácido	El más adecuado para la asimilación de nutrientes
6,6 - 7,3	Neutro	Efectos tóxicos mínimos
7,4 - 7,8	Medianamente básico	Existencia de carbonato cálcico
7,9 - 8,4	Básico	Deficiente asimilación de algunos nutrientes
8,5 – 9	Ligeramente alcalino	Problemas de clorosis
9,1 – 10	Alcalino	Presencia de carbonato sódico
> 10	Fuertemente alcalino	Poca asimilación de algunos nutrientes

Fuente: (USDA, 2004).

En suelos cultivados, cuando existentes condiciones adecuadas para los organismos vivos, el pH disminuye como consecuencia de los ácidos producidos por microorganismos y los exudados producidos por las plantas (Brady & Weil, 2008).

2.1.5. Efectos de la acidificación de suelos.

Los efectos que se producen cuando nos encontramos en un suelo ácido son los siguientes (Zapata, 2004):

- Disminución de la disponibilidad de nutrientes (P^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) por haber sido intercambiados por otros cationes como H^+ o Al^{3+} .
- Riesgo de encontrar niveles tóxicos de Al^{3+} , Mn^{2+} y otros metales que en condiciones ácidas pueden llegar a ser muy móviles.

- El Al^{3+} produce un descenso en el crecimiento en longitud de las plantas actuando a dos niveles: inhibiendo el crecimiento y división celular, el Mn^{2+} provoca daños en las partes aéreas de las plantas: manchas necróticas en los tallos y manchas rodeadas de un halo de necrosis en las hojas, además van a aparecer arrugadas.
- Agotamiento de la capacidad de amortiguamiento del suelo.
- Disminución del crecimiento de plantas y de los procesos microbiológicos, especialmente si el pH es < 4 , perdiendo aporte de materia orgánica ($<$ biomasa y la nitrificación esta desfavorecida), conllevando a una debilitación de la estructura de agregados que favorecía la aireación y el movimiento de agua, formando costras superficiales que aumentan la escorrentía y disminuyen la lixiviación.

2.1.6. Relaciones entre la CIC, porcentaje de saturación de bases y pH.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se expresa en términos de moles de carga positiva por unidad de masa. Así, si un suelo tiene una capacidad de intercambio catiónico de 10 cmol/kg, 1 kg de este suelo es capaz de adsorbente 10 cmol de ion H, y de intercambiar con 10 cmol de otra iones, como K^+ o Na^+ , o con 5 cmol de un ion con dos cargas, como Ca^{2+} o Mg^{2+} . En cada caso, los 10 cmol de carga negativa asociada a 1 kg de suelo atraen 10 cmol de cargas positivas, si vienen de H^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} o cualquier otro catión. Esto acentúa de nuevo el hecho de que cationes son adsorbidos e intercambiaron de manera químicamente equivalente (Brady & Weil, 2008).

La suma de las bases cambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) expresados como porcentaje de la capacidad total de intercambio catiónico, constituye el porcentaje de saturación para lo cual se deben tener unos rangos en el sustrato (**Cuadro 2**). El porcentaje de acidez cambiables (Al^{3+} e H^+) sería el complemento hasta 100 (Iñiguez, 2001). Es evidente que a bajo porcentaje de saturación de bases se tendrá presencia de acidez, mientras que a medida que el porcentaje de saturación de bases se aproxima al 100 % se alcanzara una neutralidad o alcalinidad en el suelo (Brady & Weil, 2008).

En consecuencia, bases que se han sustituido del complejo coloidal o disuelto por filtración de ácidos permanecen en las aguas de drenaje. Este proceso fomenta el desarrollo

de la acidez en forma indirecta mediante la eliminación de los cationes metálicos que podrían competir con hidrógeno y aluminio en el complejo de intercambio (Brady & Weil, 2008).

Cuadro 2. Rangos Deseables de cationes intercambiables

Catión	Rango (CIC)
Calcio (Ca ²⁺)	65%-80%
Magnesio (Mg ²⁺)	10%-20%
Potasio (K ⁺)	2-8%
Sodio (Na ⁺)	<3%
Aluminio (Al ³⁺)	<1%

Fuente: (Bascones, 2005).

2.1.7. La materia orgánica en el proceso de acidez del suelo.

En el proceso de la descomposición de la materia orgánica, tanto ácidos orgánicos como inorgánicos son formados. El más simple y quizás el más extensamente encontrado es el ácido carbónico (H₂CO³), que resulta de la reacción de dióxido de carbono y agua, (Ratto, 2006). Los efectos de este ácido han sido responsables de la pérdida de cantidades grandes de bases por solución y lixiviación (Sposito, 2008) La acción solvente de H₂CO³ en los componentes minerales del suelo es ejemplificada por disolución de CaCO₃. Otros ácidos inorgánicos como el H₂SO₄ y HNO³ son proveedores potentes de iones de hidrógeno en el suelo, ya que junto con ácidos orgánicos fuertes, son responsables del desarrollo de condiciones moderadamente y fuertemente ácidas del suelo (Bohn, 2001), Aparentemente, la materia orgánica se une el aluminio en una forma cambiante (Brady & Weil, 2008).

La materia orgánica funciona como un "molino" de las partículas minerales, siendo en gran parte responsable por la condición suelta y fácil administración de suelos productivos, también, es una fuente importante de dos importantes elementos minerales, fósforo, azufre y esencialmente la fuente de suelo única de nitrógeno, finalmente, la materia orgánica es la principal fuente de energía para organismos del suelo, plantas y animales. Sin esta la actividad bioquímica llegaría casi a un punto muerto (Merino, 2005).

2.1.8. Disponibilidad de nitrógeno (N).

El N puede perderse por lavado, volatilización, erosión y extracción de las cosechas. El N presente en el suelo bajo formas orgánicas tampoco está disponible como tal para las plantas, sino que para ser absorbido tiene que pasar a formas inorgánicas. El N inorgánico representa un 2% del N total del suelo, encontrándose en formas de nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+) y nitrito (NO_2). Estas formas inorgánicas son transitorias en el suelo, por lo cual las cantidades de N inorgánico del suelo son extremadamente variables, pudiendo existir desde unos pocos gramos hasta más de 100 kg ha^{-1} (Brady & Weil, 2008).

2.1.9. Disponibilidad de fósforo (P_2O_5).

La actividad del fósforo está relacionada directamente con el pH. La máxima disponibilidad se encuentra entre los valores de pH 6,0 y 7,0 (Figura 3). Cuando la acidez aumenta, hay una mayor actividad de los óxidos libres de hierro y aluminio, los cuales contribuyen a la fijación del fósforo en forma de fosfatos de hierro y aluminio, ya que existe una proporción directa entre la fijación de este elemento y el porcentaje de óxidos libres presentes. Cuando el pH pasa de 7,5 a 8,5 vuelve a ser retenido en forma lentamente asimilable por encontrarse formando fosfatos de calcio insolubles (Iñiguez, 2001).

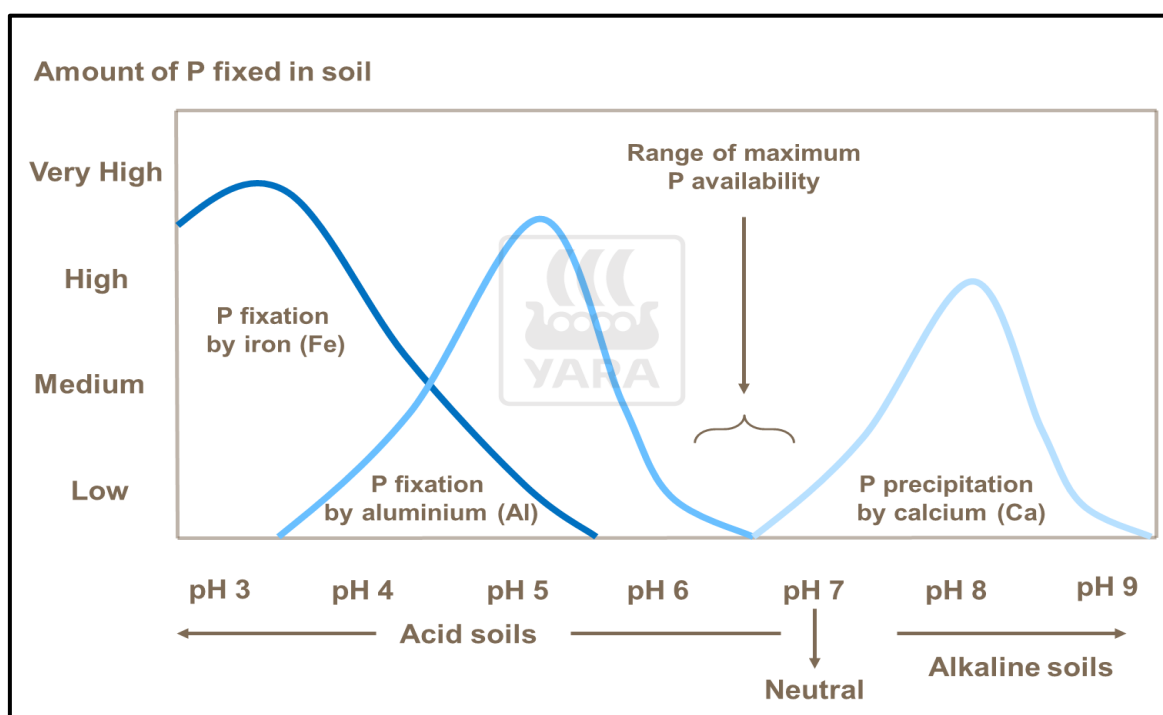


Figura 3. Influencia del pH del suelo sobre la disponibilidad del fósforo. (Fuente: Crop Nutrition, 2015).

El fósforo en el suelo, funcionalmente se presenta como tres fracciones. La fracción en solución, la cual es inmediatamente disponible para la absorción de las plantas. La fracción lábil, la que representa la cantidad de P que puede pasar a la solución en una temporada de cultivo y la fracción no lábil que representa todos aquellos compuestos fosforados en el suelo que no salen a la solución del suelo durante la temporada del cultivo (Navarro, 2013).

El paso del fósforo asimilable a sus formas insolubles y no asimilables se conoce como "Fijación de fósforo" o sea su inmovilidad como nutriente vegetal. Esta inmovilidad la determinan las distintas reacciones químicas que se producen según el pH del suelo. En suelos ácidos los fosfatos asimilables (monobásico HPO_4^{2-} y dibásico H_2PO_4^- se combinan con el Fe^{2+} y el Al^{3+} y con los distintos hidróxidos (de Fe^{2+} , Al^{3+} , etc.), formándose sales y complejos químicos insolubles (Brady & Weil, 2008).

2.1.10. Disponibilidad de potasio, calcio y magnesio.

De manera general el calcio, magnesio y potasio son lixiviados en suelos ácidos, especialmente en aquellos de pH menor a 5,0, alto contenido de materia orgánica y textura arenosa. Generalmente se dan suficientes cantidades de potasio, calcio y magnesio entre pH 6,0 y 8,5. Por encima de pH 8,5 la alcalinidad del sodio disminuye la solubilidad. Con porcentajes de sodio progresivamente elevados, la disponibilidad de calcio decrece para las plantas; los porcentajes de calcio y potasio decrecen en forma menos notoria que el magnesio (Iñiguez, 2001).

El potasio añadido es adsorbido sobre los coloides y reemplaza una cantidad equivalente de calcio, hidrógeno y otros elementos que aparecen en la solución del suelo. La adsorción del potasio agregada se considera ventajosa porque un nutriente así que restos en gran parte en estado disponible pero es menos sujeto a lixiviación de fertilizantes más sales (Bohn, 2001).

La mayoría de suelos bajos en magnesio son usualmente ácidos y bajos en calcio, ya que las concentraciones óptimas para la mayoría de los cultivos está entre 1-2 cmol (+) kg^{-1} (Fageria, 2001b, 2001b).

2.1.11. Disponibilidad de micronutrientes.

Cu, Fe, Mn y Zn son 4 metales esenciales para el crecimiento vegetal. A pesar de las pequeñas cantidades requeridas por las plantas, un problema ampliamente extendido en suelos carbonatados es la clorosis férrica, causada por deficiencias de hierro. Las deficiencias de Cu y Mn en cultivos han tomado mayor relevancia a partir de los estudios sobre los parámetros que controlan su solubilidad en el suelo. (Martínez, 2000). Las deficiencias de Fe y Zn son el mayor problema a escala global, Cu y Zn son afectados de la misma manera por un aumento en el pH, el punto crítico está entre pH 6 y 7 (Alloway, 2008). La baja disponibilidad de los micronutrientes puede deberse a que la mayoría del metal se encuentre atrapado en las estructuras cristalinas, o bien, adsorbido en los coloides del suelo sin posibilidad de disponibilidad para las plantas (Roca *et al.* 2007). Para la mayoría de autores el principal factor de la baja concentración de los microelementos en la solución del suelo es la adsorción.

La presencia de considerables cantidades de carbonatos, el Ca^{2+} establece una fuerte competencia con el Cd^{2+} y el Zn^{2+} en los ácidos fúlvicos y húmicos. Esta fuerte sustitución podría ser una de las causas del déficit de este micronutriente (Sparks, 2013), el Mn en forma iónica aumenta su disponibilidad al disminuir el pH (White 2009; Vilaseca *et al.* 1996), ya que este no es el único factor también influye la concentración de materia orgánica del suelo y las reacciones de oxidación-reducción (Fageria, 2009).

2.2. MANEJO DE SUELOS ÁCIDOS.

Al ser las deposiciones atmosféricas una de las principales causas de la acidificación de suelos, una de las técnicas paliativas consistiría en reducir las emisiones de SO_2 y NO_2 limitando el uso y quema de los combustibles fósiles que los generan, Si esta no es excesiva o es causada de forma natural es recomendable el uso de cultivos tolerantes que puedan desarrollarse sin problemas en estos terrenos, o a su vez la corrección de la misma mediante técnicas como el encalado con enmiendas (Amabelia, 2012).

Las prácticas de manejo que conllevan al mejoramiento químico de estos suelos deben contemplar el uso de materiales de encalado, ensayos de incubación en laboratorio y la medición de parámetros químicos que intervienen en el manejo de la acidez con el fin de definir dosis óptimas de neutralización (Castro, 2008).

2.2.1. Encalado.

El encalado consiste en la aplicación masiva de sales básicas con el objeto de neutralizar la acidez del suelo causada por hidrógeno y aluminio. Los productos que se utilizan como alcalinizantes o correctivos de la acidez del suelo son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio y/o magnesio. Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales presentan una capacidad de neutralización variable (Molina, 2008).

La acción neutralizante de los materiales de encalado no se debe en forma directa al calcio y el magnesio, sino más bien a las bases químicas a la cual están ligados estos cationes: CO_3^{-2} , OH^- , y SiO_3^{-2} . Los cationes reemplazan a los iones ácidos de las posiciones intercambiables y los ponen en solución, y al entrar en contacto la cal con el agua del suelo las sales básicas se disocian y generan cationes y OH^- (Espinosa 1995). Los OH^- generados por los carbonatos, hidróxidos y silicatos son los que neutralizan la acidez del suelo al propiciar la precipitación del aluminio como $\text{Al}(\text{OH})_3$ y la formación de agua. Las reacciones de la neutralización de la acidez del suelo se pueden ilustrar de la siguiente forma (Figura 4) (Murillo, 2010).

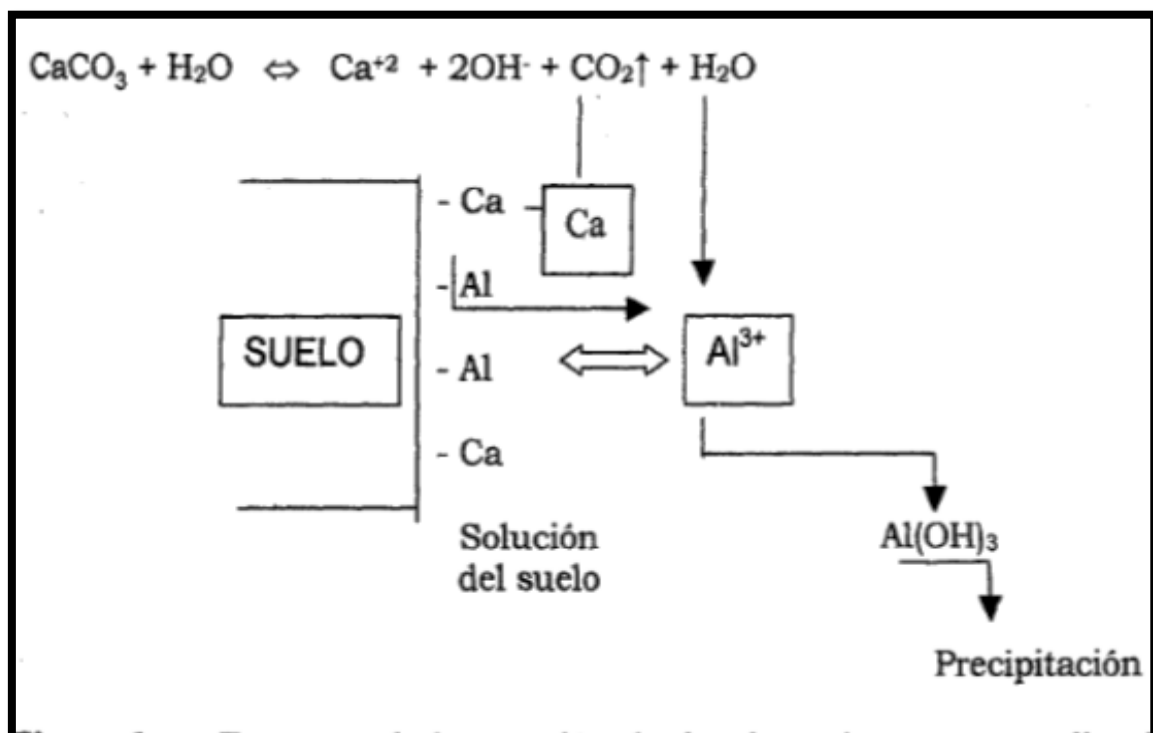


Figura 4. Esquema de la reacción de desplazamiento y neutralización del aluminio de intercambio por efecto del encalado (Fuente: Brady & Weil 2008).

En el esquema anterior se deduce que el Ca^{2+} no interviene en la neutralización de la acidez, sino más bien es el anión CO_3^{2-} el que al hidrolizarse produce iones OH^- que neutralizan los iones H^+ provenientes de la hidrólisis del Al^{3+} y precipitan al mismo (Brady & Weil, 2008). El proceso reverso también puede ocurrir, debido a que los iones básicos como Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ pueden ser removidos del suelo por la absorción de las plantas o lixiviación, siendo reemplazados por Al^{3+} . A medida que ocurre este proceso, se incrementa la actividad del H^+ y se reduce el pH del suelo. La acidificación progresiva del suelo es favorecida cuando se utilizan dosis altas de fertilizantes nitrogenados o amoniacales (Molina, 2008).

Con el incremento de pH algunos iones H^+ que han sido retenidos fuertemente a través del enlace covalente con las arcillas y la materia orgánica pueden ser liberados (Brady & Weil, 2008).

Los efectos directos e indirectos del encalado en las propiedades físicas, químicas y biológicas se detallan a continuación:

- Mejora la agregación de las partículas que inciden en un buen desarrollo de la estructura, permitiendo favorables condiciones de aeración y movimiento del agua, favoreciendo el desarrollo radicular e incrementando la actividad biológica, especialmente bacterias, con lo cual se aumenta la mineralización de la materia orgánica y disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre.
- Incorpora al suelo Ca^{2+} y Mg^{2+} para neutralizar la acidez, y al mismo tiempo reduce el contenido del Al^{3+} y Mn^{2+} tóxico.
- Aumenta del porcentaje de saturación de bases.
- Influye sobre la efectividad de los fertilizantes, ya que encalando se estabiliza la reacción del suelo (Molina, 2008).

2.2.1.1. Métodos para determinar las necesidades de enmiendas cálcicas.

Las enmiendas son productos de naturaleza mineral u orgánica que al incorporarse al suelo modifican favorablemente sus propiedades físicas y/o químicas, sin tener en

cuenta su valor como fertilizantes. El término enmienda incluye a los correctivos de la acidez del suelo (Magra & Ausilio, 2004).

En términos generales se considera como suelo con problemas de acidificación aquel que presenta un índice de pH < 6. Existen varios métodos que permiten calcular la necesidad de correctivo a emplear para lograr la rehabilitación de suelos ácidos. Los más rudimentarios se basan en recomendaciones de producto comercial a aplicar por hectárea según el valor de pH medido en suelo (sea éste actual o potencial) y la textura. Estos parámetros no permiten un cálculo preciso del requerimiento de cal para modificar la acidez (Magra & Ausilio, 2004).

Cuadro 3. Toneladas de cal/ha para lograr el cambio de pH.

Δ en el pH	Franco	Franco Limoso	Franco Arcilloso
4,5 a 6,5	6,5	7,8	9,4
5,0 a 6,5	5,2	6,3	7,4
5,5 a 6,5	3,8	4,5	5,2

Fuente. Facultad de Ciencias Agrarias (UNR).

De mayor precisión son los métodos basados en el poder tampón (buffer) del suelo. El requerimiento teórico de correctivo puede ser determinado titulando la muestra de suelo con una base valorada para determinar la cantidad de producto requerido para elevar el índice de pH hasta un valor especificado. Ello explica por qué los suelos arenosos que poseen una débil capacidad reguladora requerirán menor cantidad de cal para cambiar el índice de pH (Murillo, 2010).

Otro método de diagnóstico de la necesidad de encalado, de uso frecuente, es aquel que evalúa el estado de saturación del complejo de cambio. Este método se basa en que para cada suelo existe una curva característica que permite relacionar el porcentaje de saturación de bases (valor V) con su valor de pH. Dicha relación depende del contenido y naturaleza de los coloides que posee, y determina las características particulares del complejo de intercambio (Magra & Ausilio, 2004).

Conociendo el valor de pH actual del suelo en estudio y el valor de pH deseado es factible determinar cuál será el valor V objetivo, (Magra & Ausilio, 2004). Los cálculos de encalado pueden hacerse en función del pH y para lo cual se aplican aproximadamente 4000 kg de cal, para elevar en una unidad el valor del pH (Iñiguez, 2001).

Se utilizan para este efecto, correctivos tales como: hidróxidos, carbonatos y óxidos de Calcio y Magnesio. Como los más frecuentes son los primeros, es de uso corriente el término encalado (Magra & Ausilio, 2004).

2.2.1.2. Corrección de la acidez mediante cal agrícola.

Conocida en forma natural como piedra caliza o piedra de cal, contiene un mínimo de 70% de carbonato de calcio (CaCO_3): Al aplicarla al suelo deberá estar finamente molida, para que se produzca una buena absorción.

La cal agrícola es la más recomendada, pues su reacción con el suelo es lenta comparado con otros tipos de cal. Esta reacción lenta disminuye el riesgo de que otros nutrientes se desplacen del suelo en forma masiva (Manual Agropecuario, 2002).

La composición química y la pureza de la cal agrícola determinan la cantidad de ácido que se puede neutralizar por una cantidad dada de dicho material. La propiedad física conocida como "fineza de partícula" determina la velocidad de reacción y de neutralización de la acidez de la cal agrícola. La cantidad de humedad indica la cantidad de cal reactiva que ha sido remplazada por agua. Por eso es importante analizar el material encalante (Lazcano, 2005).

La duración del efecto de la cal es muy variable y depende de la dosis de aplicación, del tipo de suelo (textura suelos arenosos retienen menos a diferencia de suelos más arcillosos, capacidad Tampón, entre mayor sea más difícil será modificar el pH del suelo), el clima (a mayor precipitación, menos duración del efecto), topografía (suelos con mayor pendiente son susceptibles a mayor lavado) y depende del tipo de cultivo tal como las leguminosas que son exigentes en Ca^{2+} , acidifican el suelo (Osorno, 2012).

Generalmente se espera que los efectos benéficos del encalamiento de suelos ácidos duren varios años. Sin embargo, los efectos residuales por lo general duran menos en las regiones tropicales que en las templadas debido a la mayor precipitación y a las

temperaturas más altas. La estimación de los efectos residuales de encalamiento de suelos ácidos es un factor primordial de manejo de suelos de bosques tropicales y de sabana. La duración del efecto residual también dependerá del ecosistema. En general los suelos ácidos en los bosques húmedos tropicales presentarán efectos residuales más cortos que la sabana debido a la liberación más rápida de aluminio de los complejos de materia orgánica y a la mayor remoción de bases por las plantas en sistemas anuales de producción de cultivos y quizás a mayores pérdidas por lixiviación en los bosques húmedos (Sánchez & Salinas, 2008), citado por Osorno, 2012.

SOPROCAL (2006), menciona que no es necesario encalar el mismo suelo todos los años, pues el efecto del encalado correctivo tiene una duración de 6 a 8 años. Después de 3 a 6 años se ha perdido el 50 % del efecto inicial del encalado original y, por lo tanto, se deberá repetir la encaladura, pero con una dosis de tan sólo la mitad de la inicial.

2.2.1.3. Valor de neutralización de la enmienda.

El valor de neutralización (VN) del material correctivo está dado por la cantidad de ácido que es capaz de neutralizar, lo que depende de su composición química y grado de pureza. El carbonato de calcio puro se considera como patrón de referencia, siendo su poder de neutralización de un 100%. Por esta razón el valor de neutralización se expresa como “porcentaje equivalente en carbonato de calcio”. El peso equivalente del CaCO_3 es 50 (PM/2) y el del MgCO_3 es 42 (PM/2). Por lo tanto 42 gr de MgCO_3 neutraliza la misma cantidad de ácido que 50 gramos de CaCO_3 , de ahí que el porcentaje equivalente en carbonato de calcio del carbonato de magnesio puro sea 119%. De acuerdo al procedimiento indicado, en el **Cuadro 4** se señala el valor de neutralización de las principales especies químicas presenten en diversos materiales correctivos (Pinilla. 2010).

Cuadro 4. Valor de neutralización de las principales especies químicas presentes en diversos materiales correctores de acidez del suelo.

Especie química	Valor neutralización (%)	Kilogramos equivalentes a 1000kg de CaCO₃
CaCO₃	100	1000
MgCO₃	119	840
CaO	179	560
MgO	248	400
Ca(OH)₂	135	740
Mg(OH)₂	172	580
CaSiO₃	86	1160
MgSiO₃	100	1000

Fuente: ASTM (American Society for Testing Materials).

La eficiencia de los materiales encalantes va a depender del tamaño de las partículas, debido a que la velocidad de reacción está directamente relacionada con el área superficial de contacto de la partícula con el suelo. Cuanto menor es el diámetro de la partícula mayor va a ser su velocidad de reacción. Este factor es sumamente importante para los materiales calcáreos ya que el tamaño de las partículas es determinante en la elección de una enmienda (Pinilla. 2010).

2.3. CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS.

2.3.1. Malezas.

Son aquellas plantas que bajo determinadas condiciones causan daño económico y social al agricultor. En el contexto agro-ecológico, son producto de la selección interespecífica provocada por el propio hombre desde el momento que comenzó a cultivar, lo que condujo a alterar el suelo y el hábitat. El proceso de selección es continuo y dependiente de las prácticas que adopte el agricultor. El uso actual de los herbicidas químicos ha originado importantes cambios en la flora de plantas indeseables en las áreas

agrícolas, tanto en especies que predominan sobre el resto de la vegetación, como de biotipos de otras especies resistentes a los herbicidas químicos en uso (FAO, 2007).

2.3.1.1. *La interferencia de las malezas con el cultivo.*

Por interferencia se entiende todo el daño causado por las malezas a un cultivo determinado, el cual puede ser a través de la competencia de las malezas con la planta cultivable por el agua, los nutrientes y la luz, o a través de la alelopatía, consistente en la liberación de sustancias tóxicas de las raíces y el follaje de las plantas indeseables, que pueden dañar al cultivo (FAO, 2007).

Para comprender la competencia, es común estudiar el llamado “período crítico” de competencia de las malezas, el que se define como el período durante el cual las malezas deben ser controladas para prevenir las pérdidas de rendimiento (FAO, 2007).



Figura 5. Proceso de degradación en los ecosistemas tropicales de montaña, desde el bosque natural hacia matorrales con llashipales (Fuente: Aguirre *et al.* 2007).

El período crítico se determina experimentalmente mediante la inclusión de variantes desyerbadas durante determinados períodos a partir de la siembra o trasplante del cultivo y otras inversamente no desyerbadas en idénticos períodos de tiempo (FAO, 2007).

2.3.1.2. Competencia por nutrientes.

Las malezas, acumulan grandes cantidades de elementos nutricios en el interior de su biomasa, lo que reduce el rendimiento esperado de los cultivos, en especial cuando el elemento nutritivo escasea. Normalmente son más beneficiadas con las fertilizaciones, ya que tienen una mejor capacidad de absorción que otras plantas (Kogan, 1992). La competencia es más agresiva con iones móviles (aquellos solubles) que con inmóviles. Lo diferentes nutrientes tales como el K, N, P, tienen diferentes formas de entrar a la planta, ya sea por procesos de flujos de masas como es el caso de los iones de N, K, P, (los cuales se encuentran en bajas concentraciones), entran a la planta por procesos de difusión, forma en la cual también puede entrar el ión K (Nambiar & Sands, 1993). Por último cualquier tipo de déficit o estrés al que sea sometida la planta ocasiona un daño indirecto, ya que deja propensa la planta a ataques de diferentes parásitos, enfermedades o insectos (Gutiérrez, 2007).

2.3.2. Control con herbicidas.

Son productos químicos utilizados en la agricultura, elaborados para lesionar o eliminar a tipos específicos de plantas no deseadas en un cultivo determinado. Según estadísticas de nuestro país, existen registrados alrededor de 435 herbicidas, correspondiendo a 75 ingredientes activos diferentes. Su función puede ser selectiva, afectando a ciertas plantas y a otras no. Se pueden aplicar al follaje o al suelo (Caseley, 2012).

Atendiendo a los procesos fisiológicos y bioquímicos (que hacen), y a la forma en que realizan dicho proceso (como lo hacen), se han desarrollado diferentes clases de herbicidas especializados para cada función o tipo de planta. Entre estas clases encontramos:

- Según el mecanismo de acción, en su proceso fisiológico involucrado (enzimas).
- Según su modo acción: herbicidas de contacto y sistémicos.
- Según su época de aplicación: herbicidas pre-emergentes y post-emergentes.
- Por su estructura química: Triazinas, Carbamatos, etc.
- Por su selectividad, si hacen daño a unas plantas y a otras no.

2.3.2.1. *Formulación.*

Los herbicidas se fabrican en forma relativamente pura, que se denomina herbicida de grado técnico. Este puede ser sólido o líquido, y raramente es adecuado para ser usado así en el campo. El producto formulado de todos los herbicidas aplicados mediante asperjadoras tiene que ser soluble o miscible, en un vehículo conveniente, que es generalmente agua. Además de presentar buenos resultados en el campo, tiene que ser estable durante el transporte y almacenaje y ser capaz de soportar situaciones climáticas extremas (Caseley, 2012)

2.3.2.2. *Mezclas.*

Mientras que algunos productos son formulaciones de un solo ingrediente activo (por ej., glifosato), la mayoría de los productos formulados son mezclas de dos o más ingredientes activos. Las mezclas aumentan el espectro de malezas controladas y/o combinan la actividad de contacto o sistémica con la residual. En los productos formulados, los componentes de la mezcla han sido evaluados por su compatibilidad física y química, por efectos adversos sobre la fitotoxicidad contra las malezas y por su selectividad en los cultivos (Caseley, 2012).

Las mezclas consisten en la unión de dos o más productos herbicidas formulados independientemente y otros plaguicidas. Los beneficios son los ahorros que se pueden hacer en el tiempo consumido para la aplicación y menor cantidad necesaria del vehículo de la asperjada (agua). Además, a menudo dosis reducidas de los herbicidas individuales son efectivas. Sin embargo, algunas mezclas han resultado antagónicas (Caseley, 2012)

2.4. EL CONTROL MECÁNICO.

Este mecanismo reduce gran parte del volumen aéreo de las malezas, pero deja en el suelo una abundante masa radicular muy activa, que le permite recuperarse rápidamente. En un par de meses, nuevamente las malezas exhiben una frondosa biomasa aérea. Es necesario entonces volver a efectuar el control para mantener las malas hierbas con baja actividad metabólica. Esta estrategia es cara y poco efectiva (Pazmiño, 2013).

El control manual es una situación muy parecida a la anterior, elimina el componente aéreo de las plantas, las cuales se recuperan rápidamente. La ventaja de ambos

métodos radica en que el suelo puede mantener un capital importante de materia orgánica, como resultado del secuestro de carbono, algo extraordinariamente positivo para mejorar o mantener las propiedades que controlan la productividad del suelo, como son el contenido de materia orgánica, la vida microbiana, la estructura y la aireación del suelo y un aumento del capital nutritivo que se acumula en las plantas acompañantes, las cuales una vez que el liberan nutrientes para el uso de las plantaciones (Fisher & Binkley, 2000; Flores, 2012).

2.5. LLASHIPA “*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon.

Son plantas vivaces, originarias de zonas ecuatoriales y tropicales húmedas, de regiones tropicales y subtropicales y de regiones donde el clima es de tipo mediterráneo (Romero, 2008). Se calcula que en Ecuador existen alrededor de 1.300 especies de pteridofitas (helechos) (Jørgensen & León 1999), la mayoría de éstas se concentran en bosques nublados entre 1.000 y 3.000 m de altitud. Sin embargo, los bosques tropicales y los páramos, aunque en menor grado son también diversos en pteridofitas (Navarrete, 2001).

Es una planta perenne, rizomatosa, erecta y ramificada perteneciente al género *Pteridium*, grupo ampliamente distribuido en el mundo, poseen células conductoras de agua muy eficientes (vasos de conducción en su xilema), un conjunto rizomatoso subterráneo que se ramifica indefinidamente en elementos largos y cortos, que pueden albergar depósitos energéticos y/o dar origen a nuevas plantas; esporas que permanecen viables por mucho tiempo después de ser dispersadas, hojas jóvenes ricas en sustancias carcinogénicas y hojas maduras de consistencia dura, con ejes fuertes y tejido rígido, lo que en conjunto les permite alcanzar hasta casi dos metros de altura (Sánchez, 2006).

2.5.1. Clasificación científica:

- **Reino:** Plantae
- **División:** Pteridophyta
- **Clase:** Filicopsida
- **Orden:** Dennstaedtiaceae
- **Familia:** Hypolepidaceae
- **Género:** *Pteridium*

- **Especie:** *P. arachnoideum* (Kaulf.) Maxon.
- **Subespecie aquilinum:** *aquilinum*, *decompositum*, *pubescens*, (Grant, 2007). *feel latiusculum*, *wrightianum*, *pseudocaudatum* y *africanum*. (Marín et al, 2004)

Entre las especies presentes en la zona 7 (Loja- Zamora y El Oro) tenemos; *arachnoideum*, *aquilium*, y *Thelypteris rudis* (Kunze) Proctor (Herbario UNL, 2015).

El helecho común contiene varios agentes potencialmente perjudiciales tales como: **Tiaminasa** es responsable de la intoxicación en monogástricos (Guzmán, 2010), **Glucósidos cianogénicos, Ptaquilosidos** responsables de la Hematuria Enzootica Bovina (HEB), enfermedad cancerígena no retroactiva que provoca canver vesicular, afectando a los riñones, provocando que el animal orine sangre y a la vez muera por anemia (Somvanshi et. al. 2006), **Quercetina** un flavonoide (Bidault, 2009), causa rupturas de una sola hebra como consecuencia de la generación de radicales libres, **otros compuestos tóxicos** como el factor de la anemia aplásica y el factor determinante de hematuria deprimen la médula ósea y destruyen las células precursoras en dicha médula. (Blowey & Weaver, 2003; Giles & Andrews, 2004)., citado por (Romero, 2008) Otros carcinógenos potenciales son los taninos, el ácido shikimico, la prunasina y el kaemferol (Sanchez, 2006).

2.5.2. Requerimientos edafo-climáticos.

- **Hábitat**

Pastizales, campos de cultivo y orillas de camino (Jacobs y Peck, 1993), claros de bosque son sus hábitats comunes. Es especialmente abundante en potreros abandonados en las regiones de bosque Mesófilo y algunos bosques tropicales y en sitios quemados.

- **Tipo de clima**

- Toleran una amplia gama de climas, menos los más fríos y secos.
- Temperatura: Calor moderado, (10-30°C)
- Altitud: Piso montano principalmente, pero soporta altitudes desde 100 hasta 2700 msnm.
- Luz: Crece a plena luz aunque soporta sombra

- **Tipo de suelos.**

Altamente ácidos, con pH de 3.5 - 5.5 y es tolerante a una amplia gama de suelos. Es resistente a suelos secos (Guzmán, 2010).

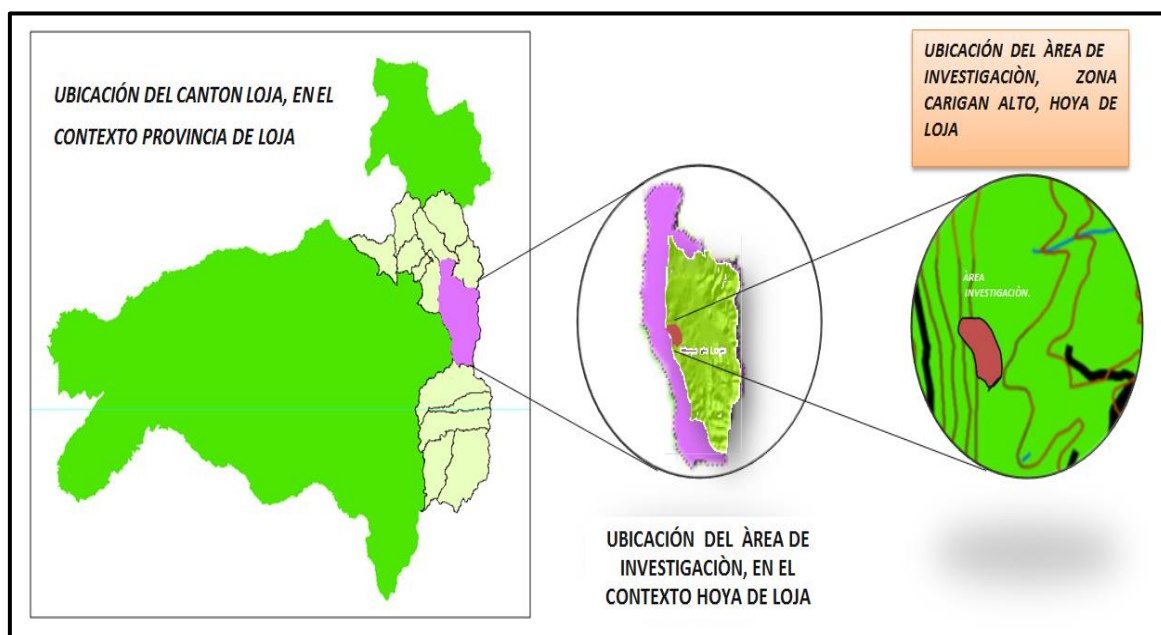
2.6. TRABAJOS REALIZADOS EN EL MEDIO.

Romero (2008), realizó un experimento en la Finca del Sr. Ramiro Mora, ubicada en el Cerro Zaruma Urcu, del cantón Zaruma provincia de El Oro. Teniendo como finalidad encontrar una práctica efectiva y económica para el control de los helechos que afecten a los ganaderos de la zona, por lo que evaluó los “Efectos de algunas prácticas, solas y combinadas, para el control de Helechos *Pteridium aquilinum* en potreros”, helechos que proliferan en suelos ácidos, característica de la zona en estudio, y el uso de la cal complementada con los herbicidas, se considera una alternativa adecuada para solucionar el problema, realizando la evaluación de una dosis de cal (2 t ha^{-1}) y la combinación con herbicidas (Metil metsulfuron, Pyrazosulfuron, Metil metsulfuron+picloram, Nicosulfuron), obteniendo mejor resultado en el control del arvense mediante el uso de herbicidas con una efectividad del 100%, lográndose un control excelente de rebrotes, siendo nula su aparición, siendo la aplicación de cal incipiente, posiblemente por el corto periodo de evaluación y por no haber sido incorporada al sustrato, ya que no presentó ninguna variación en el control del arvense como en la mejora de la acidez del suelo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El trabajo de ensayo se lo realizó en la finca del Sr. Braulio Benjamín Ordoñez, ubicado en el sector Carigàn Alto, perteneciente a la parroquia Sucre, cantón y provincia de Loja. A continuación una ilustración:



Elaboración: CINFA, 2015.

Figura 6. Ubicación espacial del sitio del ensayo, sector “Carigàn Alto” Loja, 2015.

3.1.1. Ubicación geográfica.

Latitud: 3°57'16.4"S.

Longitud: 79°15'55.1"W.

Altitud: 2540 msnm.

3.1.2. Ubicación ecológica.

Clima: Templado frío

Temperatura: Promedio oscila entre 15 a 18 °C.

Precipitación: 700 a 1200 mm

Zona de vida: Sabana tropical (Koppen, 1936).

Bosque de neblina montano (1800-2800 msnm) (Sierra *et al.*1999).

Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB) (Holdridge, 1967).

Suelo: Inceptisoles-Mollisol (Valarezo, 1998).

3.2. MATERIALES.

3.2.1. Materiales de campo.

Se utilizaron Cal agrícola (CARBONAPAC: CaCO_3 54% y 50,46% CaO), herbicidas Pastar y Mapkill, Bomba de mochila, pala, machete, pico, desbrozadora, piola, estacas, pala de muestreo, cinta métrica, GPS, cámara fotográfica y libreta de campo.

3.2.2. Materiales de laboratorio.

Se utilizó, potenciómetro, tamiz 25mm, probeta 100ml, piseta, balanza presión, agua destilada y muestras de suelo (100gr y 1000gr).

3.2.3. Materiales de oficina.

- Materiales de escritorio.
- Software estadístico Minitab 16/MStact

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental utilizado en la presente investigación fue Bloques completamente al Azar con tres réplicas (**Anexo 1**).

3.3.1. Tratamientos.

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos utilizados en la investigación.

Nro.	Código	Descripción.
1	T	Testigo absoluto.
2	DC1	Tratamiento corrección del 75% acidez ($4,5 \text{ t ha}^{-1}$)
3	DC2	Tratamiento corrección del 50% acidez (3 t ha^{-1})
4	DC3	Tratamiento corrección del 25% acidez ($1,5 \text{ t ha}^{-1}$)
5	Pc-M	Producto comercial Mapkill
6	M + P	Mezcla de herbicidas (Mapkill + Pastar)

Fuente: Tratamiento de investigación, 2015

Elaboración: El autor, 2015

3.3.2. Hipótesis.

Para réplicas:

H₀: el efecto de las réplicas en la eliminación de la llashipa es estadísticamente igual al nivel del 5% de significancia.

H₁: Al menos el efecto de dos replicas en la eliminación de la llashipa difieren estadísticamente al nivel del 5% de significancia.

Para Tratamientos.

H₀: El efecto de la aplicación de cal para la eliminación de la llashipa es estadísticamente igual al nivel del 5% de significancia.

H₁: La aplicación de cal para la eliminación de la llashipa difiere estadísticamente al nivel del 5% de significancia.

H₀: El efecto del control químico para la eliminación de la llashipa es estadísticamente igual al nivel del 5% de significancia.

H₁: El efecto del control químico para la eliminación de la llashipa es diferente estadísticamente al nivel del 5% de significancia.

3.3.3. Modelo matemático.

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + B_j + e_{ijk}$$

μ = media de las μ

α_i = efecto del i-ésimo tratamiento.

B_j = Efecto del j-ésima bloque o replica.

e_{ij} = Componente aleatorio (error experimental) valores $N(0, \sigma^2)$

$i = 1, 2, 3, 4, \dots, a$

$j = 1, 2, 3, 4, \dots, b$

$k = 1, 2, 3, 4, \dots, r$

Cuadro 6. Matriz de ADEVA del ensayo.

Fuentes de variación	Fórmula	Grados de libertad
Tratamiento	a-1	5
Réplicas	r-1	2
Error experimental	(r-1)(a-1)	10
Total	ra-1	17

Fuente: Análisis estadístico, 2015

Elaboración: El autor, 2015

3.3.4. Variables a evaluar.

- Propiedades físicas y químicas del suelo antes y después del encalado.
- Aplicación del herbicida Mapkill en la dosis recomendada (15 gramos /200lt).
- Aplicación de la mezcla de dos herbicidas (Pastar – Mapkill), dosis recomendada (Pastar 3lt/ha/400lt H₂O + Mapkill 15gr/200lt H₂O)
- Rango de eliminación de llashipa en cada uno de los tratamientos y comparación de tratamientos.
- Comparación de los tratamientos de eliminación de la llashipa tanto en la corrección de la acidez del suelo al control químico en relación al beneficio costo y la efectividad del tratamiento.

3.3.5. Verificación de hipótesis.

Al realizar el análisis estadístico en cada uno de los tratamientos se comprobó que los mismos difieren significativamente a las diferentes técnicas evaluadas, por lo que se rechazó las hipótesis nulas aceptando las hipótesis alternas (Vásquez, 2009).

3.3.6. Especificaciones técnicas del diseño

Área del ensayo	1300 m²
Longitud del ensayo	52 m.
Ancho del ensayo	25 m.
Ancho de unidad experimental	7 m.
Largo de unidad experimental	7 m.

Área de la unidad experimental	49 m²
Número de tratamientos	6
Número de unidades experimentales	18
Distancia entre parcelas	2 m.
Distancia entre bloques	2 m.
Grado de infestación del arvense	> 30%

Cuadro 7. Descripción de cada paso que se llevó a cabo dentro de la investigación.

Tratamiento	SEMANA/Prueba												Análisis y Resultados
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Testigo	Técnica Artesanal inicial todos los tratamient os												
Dosis 1 (4,5 t ha ⁻¹)		Encalado, Monitoreo pH, % llashipa presente											
Dosis 2 (3 t ha ⁻¹)													
Dosis 3 (1,5 t ha ⁻¹)													
Q. Mapkill		Lapso	Aplicación, Monitoreo % Llashipa										
Mezcla (M+P)	crecimi ento												

Fuente: Proceso de investigación de campo, 2015

Elaboración: El autor, 2015

3.4. METODOLOGÍA.

3.4.1. Antecedente.

Para llevar a cabo el proyecto de investigación se realizó con anterioridad un análisis de suelo de la zona, subdividiendo a la finca en tres áreas (**Anexo 2**) tomando una muestra por área para lo cual se realizó un muestreo en zig-zag, tomando por área un total de 6 sub-muestras, posteriormente se combinó las misma, se cuarteo y se sacó una muestra de 1 kg, luego se llevó las muestras al Laboratorio de Suelos Aguas y Bromatología del Área Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables (AARNR) donde se realizó la determinación del pH y la acidez intercambiable, obteniendo los siguientes resultados (**Cuadro 8, Anexo 3**) quedándonos con la zona de la Muestra 2, área donde se desarrolló el

proyecto investigativo, corroborando que el área específica nos proporcionó la superficie, grado de infestación del arvense (>30%) y las características químicas y físicas del suelo necesarias para la ejecución del proyecto.

Cuadro 8. Resultado de análisis de suelo previo a la ejecución del proyecto.

Cód. Campo	pH	Acidez Intercambiable			Interpretación	
		Al ³⁺ + H ⁺	H ⁺	Al ³⁺	Al ³⁺ + H/ Al ³⁺	Da
M1	5,90	x	x	x	Se eliminó muestra	
M2	4,27	6,1	4,2	1,9	Toxico /Toxico	1,20
M3	5,20	2,0	1,6	0,4	Toxico/ Medio	

Fuente: Resultado Análisis de laboratorio suelos, aguas y bromatología (AARNR), 2014
Elaboración: El autor, 2015.

3.4.2. Técnica artesanal.

Primeramente se llevó a efecto la técnica artesanal que consistió en realizar el macheteado de toda el área a una altura de 2 a 5cm del nivel del suelo, eliminando el arvense dando a toda el área las mismas condiciones para el ensayo (**Figura 7**).



Figura 7. Área de ensayo antes de la ejecución de la técnica artesanal (a); corte artesanal de la llashipa 5cm del nivel del suelo (b) sector “Carigan Alto” Loja, abril 2015.

Posteriormente se procedió a la delimitación de las parcelas constando cada una de 7 m de largo por 7 metros de ancho (**Figura 8**).

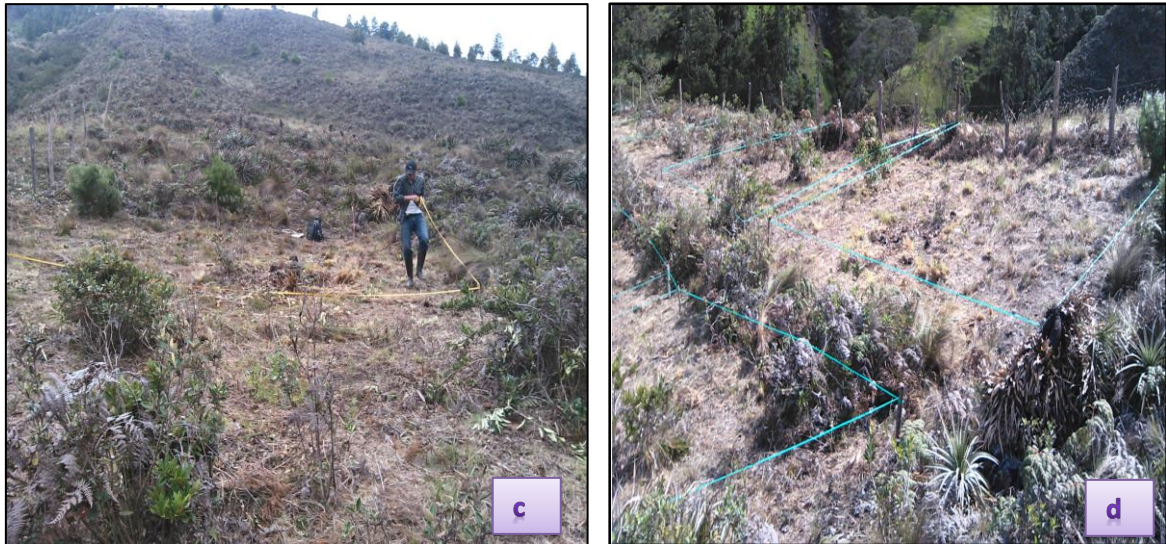


Figura 8. Medición de las parcelas (c); parcelas delimitadas Bloque 1 y 2 (d) sector “Carigàn Alto” Loja, abril 2015.

Posteriormente se procedió a la toma de la primera muestra de suelo en cada bloque realizando la toma a una profundidad de 7,5 a 10 cm que es lo que recomienda la literatura, tomando un total de tres muestras, una por cada bloque. A continuación se pormenorizan los pasos.

1. Se hizo un recorrido en zigzag por todo el bloque para tomar las muestras (M1.....M6) de suelo.



Figura 9: Recorrido por el bloque para tomar la muestra, sector “Carigàn Alto” Loja, abril 2015.

2. Elegido el sitio, se limpió la superficie de restos vegetales y se descartan los primero 2 a 3 cm superficiales.



Figura 10. Limpieza de la capa superficial, sector “Carigàn Alto” Loja, abril 2015.

3. De cada sitio se extrajo el suelo a la profundidad determinada 300 gr de suelo (material uniforme). El muestro se hizo a capacidad de campo es decir que no esté ni tan mojado ni seco.
4. De cada uno de los sitios notables en el bloque se extrajo la misma cantidad de suelo 300 gr, extrayendo un total de 6 sub-muestras por cada bloque.
5. De las sub-muestras obtenidas de cada bloque se procedió a mezclarlas en un recipiente de plástico, cuando la mezcla se homogenizo se procedió al cuarteo y a quitar material incipiente hasta obtener la cantidad de muestra de sustrato deseada que es de 1000 gr.



Figura 11: Muestreo de suelo y preparación de la muestra (a); muestra lista para su posterior análisis (b) sector “Carigàn Alto”, Loja, abril 2015.

6. Del total de material recolectado por cada bloque se mezcló, y se realizó la prueba de puño (50% humedad), constatando si está o no muy húmedo, para posterior dejar secar a la sombra hasta un que presente un contenido de humedad en este caso friable (disgregable).

3.4.3. Control orgánico (Encalado).

Posterior a la ejecución de la técnica artesanal en cada una de las parcelas de experimentación, previo a la toma de muestra de suelos y al análisis físico y químico, se procedió a la implementación de la técnica de control orgánico la misma que consistió en la aplicación de las diferentes dosis de CaCO_3 en cada parcela donde va implementado dicho tratamiento, posteriormente se pormenorizan los pasos que se siguieron:

- a) Se procedió a calcular la cantidad de material encalante por cada parcela, haciendo la relación con la dosis aplicar ha^{-1} , como se puede apreciar en el siguiente cuadro (**Anexo 4**):

Cuadro 9. Cantidad de material encalante aplicar por hectárea y por parcela.

Tratamiento/Dosis de CaCO_3	Por ha (10000 m^2) t ha^{-1}	Parcela (49 m^2) Kg/Plaiv.
Testigo	0	0
Dosis 1	4,5	22,05
Dosis 2	3,0	14,70
Dosis 3	1,5	7,35

Fuente: Dosis de cal aplicar en investigación de campo, 2015.

Elaboración: El autor, 2015 (**Plaiv**: parcela de investigación).

- b) Luego en cada parcela con un pico y azadón se procedió a remover el sustrato, y posteriormente se aplicó el material encalante en la cantidad especificada (**Cuadro 9**), la misma que se aplicó al voleo esparciendo de manera uniforme sobre cada una de las parcelas y mezclando bien la cal con el suelo (**Figura 12**).



Figura 12: Remoción del sustrato por parcela (a); aplicación al voleo del material encalante CaCO_3 (b y c) sector “Carigan Alto” Loja, mayo 2015.

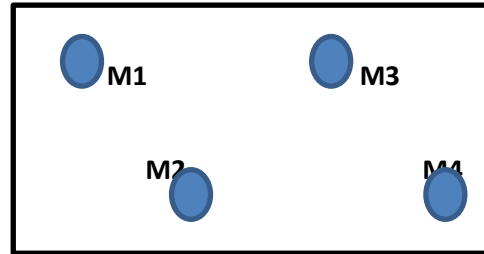
Para la ejecución del control orgánico (Encalado) se tomó en cuenta que el área de estudio presenta las condiciones climáticas y físicas del suelo apropiadas para la ejecución de la técnica, lo que consistió q el terreno se encuentre con un grado de humedad $>60\%$, y que exista un velocidad el viento $< 5\text{km/h}$ evitando así que el material encalante se disperse demasiado, además se aplicó en un día donde no hubo precipitación evitando así el lixiviado del material, contando con estas condiciones se procedió aplicar la cal, logrando de tal manera una mayor concentración y penetrabilidad de la cal agrícola al sustrato.

Posterior al encalado se procedió a realizará el monitoreo del pH de suelo, lo que consistió en la toma de muestra de suelos en los tratamiento de cal orgánica y a su vez el

testigo, una vez por semana por un lapso de 10 semanas de esta manera poder elaborar una curva del comportamiento del pH, al efecto de la cal en cada uno de los tratamiento. A continuación se detallan los pasos.

- a) Se realizó el muestreo en zig-zag, colectando 4 sub-muestras por parcela, como se muestra en la gráfica.

PARCELA DEMOSTRATIVA.



- b) Se procedió a mezclar las muestras, retirar material incipiente y luego se obtuvo una cantidad de 100gr de suelo.
- c) Posterior se realizó el secado de las muestras al ambiente y se llevó a cabo la determinación del pH mediante el método de extracto suelo-agua en el Laboratorio de Sanidad Vegetal con la colaboración de la Técnica Ing. Agr. Yeamel Ruiz.

A continuación detallamos los pasos del monitoreo del pH, análisis realizado en el Laboratorio de Sanidad Vegetal del AARNR:

1. Con la muestra de 100 gramos de suelo en estado seco, se procedió a tamizar, se pesó la cantidad de 40 a 50 gramos de suelo y se los colocó en el vaso plástico (Figura 13).



Figura 13: Tamizado de suelo (a); pesado del suelo (b) "Laboratorio de sanidad vegetal" Loja, junio 2015.

2. Posterior se colocó la cantidad de 50ml de agua destilada, se procedió a mezclar la solución (suelo + H₂O) por un lapso de 2 minutos, luego se dejó en reposo por 30 minutos.



Figura 14: Colocación de agua destilada (a); mezcla de la solución (b) "Laboratorio de sanidad vegetal" Loja, junio 2015.

3. Posteriormente se procedió a la calibración del potenciómetro mediante la utilización de las soluciones Buffer (4, 7 y 10).
4. Culminado el reposo de 30 minutos de la solución se procedió a la medición de pH, introduciendo el electrodo en la solución sin que tenga contacto con la superficie y se espera hasta que se normalice la numeración y tomamos el dato.



Figura 15: Medición y toma de dato del pH "Laboratorio de sanidad vegetal" Loja, junio 2015.

5. Después de cada medida se lavó bien el electrodo con agua destilada y se secó con papel absorbente al mismo y continuamos midiendo.

Culminado con el tiempo de dos meses de encubado de la cal agrícola se realizó la toma de muestras de suelo de cada uno de los tratamientos en donde se aplicó el control orgánico (Encalado), la técnica empleada para el muestreo de suelo es la de cruz (Pereira 2013), a continuación se detallan los pasos a seguir.

- a. En cada parcela se procede a señalar un punto central y se procede a correr 3 a 4 metros hacia las esquinas de la parcela siguiendo una dirección en base a los puntos cardinales, luego en cada sitio se colecta una muestra obteniendo un total de 5 sub-muestras x parcela, tal como se muestra en la siguiente gráfica:



Figura 16: Colecta de cinco sub-muestras: una muestra central (C) y 4 en la dirección de los puntos cardinales, sector “Carigàn Alto” Loja, julio 2015.

- b. Se combinó las 5 sub-muestras, se cuarteo y eliminó el material indeseado y se extrajo un total de 1000 gramos de suelo, el mismo procedimiento se realizó en todas la parcelas donde se aplicó la técnica orgánica.

Para el análisis del suelo en compuestos químico y físico se envió las muestras al Laboratorio de suelos, foliares y aguas en Tumbaco AGROCALIDAD. Las mismas que se entregaron en fundas Ziploc previamente etiquetadas.

A continuación en el **Cuadro 10** se describen los análisis que se enviaron a realizar, tomando en cuenta el análisis de los componentes físicos (textura) y químicos (MO, pH, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, acidez cambiante, bases + CIC) del suelo donde se realizó el estudio y cada una de las metodologías aplicadas para la ejecución de los mismo (Rodríguez & Rodríguez, 2010).

Cuadro 10. Métodos aplicar en la determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo en estudio, realizado en el Laboratorio de suelos, foliares y aguas de Tumbaco-Quito “AGROCALIDAD”. Loja 2015

Análisis	Parámetro analítico	Método	Unidad
	pH	Potenciómetro	-----
	Materia orgánica	Volumétrico	%
	Nitrógeno (N)	Volumétrico	%
	Fosforo (P)	Colorímetro	ppm
	Potasio (K)	Absorción Atómica	cmol/kg
Paquete 2.	Calcio (Ca)	Absorción Atómica	cmol/kg
	Magnesio (Mg)	Absorción Atómica	cmol/kg
	Hierro (Fe)	Absorción Atómica	ppm
	Manganeso (Mn)	Absorción Atómica	ppm
	Cobre (Cu)	Absorción Atómica	ppm
	Zinc (Zn)	Absorción Atómica	ppm
Determinación de Textura	Partículas Ao, Lo y Ac,	Bouyoucos	%
Determinación de acidez (Al³⁺-H⁺)	Aluminio (Al)	Volumétrico	meq/100g
	Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg
	Calcio	Absorción Atómica	cmol/kg
Determinación de saturación de bases (Bases + CIC)	Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg
	Sodio	Absorción Atómica	cmol/kg
	Bases totales	Calculo	cmol/kg
	CIC	Absorción Atómica	cmol/kg
	Saturación de bases	Calculo	%

Fuente: Análisis de laboratorio AGROCALIDAD, 2015
Elaboración: El autor, 2015

3.4.4. Control químico.

Se realizó la aplicación de los agroquímicos (Pastar y Mapkill), aplicando el herbicida Mapkill solo y a su vez la mezcla del mismo con Pastar, para lo cual se tomó en cuenta la época recomendada por la literatura, que es después de haber ejecutado la técnica artesanal y este el follaje del helecho de unos 14 a 20 cm, además de las condiciones climáticas necesarias para el efecto del herbicida lo cual es tiempo donde hay la mayor insolación, empleando la dosis recomendada en forma localizada (3 o 4 lt ha⁻¹ Pastar + 15gr /200l H₂O de Mapkill) aplicando sobre la zona foliar del arvense, para lograr una mayor penetrabilidad y reacción del químico, a continuación mencionamos los pasos a seguir para la ejecución de la técnica:

1. Primeramente se preparó las diferentes soluciones de herbicidas a aplicar por parcela, que consistió en contrastar las dosis comerciales de Mapkill (15gr/200 litros H₂O), y la solución con la mezcla con el herbicida Pastar (3 - 4 lt ha⁻¹ o 1,5 a 2 lt/200lt agua), para la cual se utilizó la ficha técnica de los agroquímicos (**Anexo 29; Anexo 30**).

Cuadro 11: Dosis de herbicida a aplicar por hectárea y por parcela de estudio.

Tratamiento	Dosis/ha (10000m ²)	Dosis/ parcela (49 m ²)
Mapkill	30 gr/400 lt	0,15gr/1,96 litros
Pastar	3-4 litro	14,7 – 19,6 cm ³ /parcela
Pastar + Mapkill	3 litros + 30gr /400lt ha ⁻¹	14,7cm ³ +0,15gr/2 litros agua /parcela.

Fuente: Ficha técnica agroquímicos, 2015

Elaboración: El autor, 2015.

2. Definida las dosis se procedió a preparar las mismas, en una bomba de mochila, preparando primeramente la mezcla (Pastar + Mapkill), luego se preparó la dosis comercial de Mapkill, efectuando la dosis por parcela y las réplicas es decir la misma dosis tres veces.



Figura 17: Preparación de las dosis de herbicidas (a y b) sector "Carigàn Alto" Loja, junio 2015.

3. Luego se aplicó el herbicida Mapkill y la mezcla del mismo con Pastar de manera localizada, aplicando sobre el área foliar del arvense.



Figura 18: Aplicación localizada de los herbicidas (a y b) sector "Carigàn Alto" Loja, junio 2015.

3.4.5. Registro de las variables a evaluar.

3.4.5.1. *Propiedades físicas y químicas del suelo.*

La evaluación se realizó con un análisis completo de las propiedades físicas y químicas del suelo en las diferentes parcelas, antes y después de aplicar la cal, además de un monitoreo del pH por un lapso de 10 semanas, considerando un encubado de 2 meses según lo que expresa la literatura hace efecto la cal, teniendo datos de las características físicas y químicas del suelo.

3.4.5.2. *Prueba del herbicida Mapkill y la mezcla con Pastar.*

Monitoreo de las parcelas donde se aplicó la dosis del herbicida Mapkill, y la mezcla del mismo con Pastar, evaluando el grado de eliminación y la sobrevivencia del arvense al efecto del agroquímico. Se realizó un análisis del grado de infestación del arvense a los 15 días de la aplicación del agroquímico, tomando datos cada 15 días por un lapso de dos meses.

3.4.5.3. *Rangos de eliminación de la llashipa y comparación c/u de los tratamientos.*

Se procedió a la toma de la cantidad de infestación de todas las parcelas anterior y posterior a la ejecución de cada técnica, tomando datos de referencia cada 15 días realizando un análisis del porcentaje del grado de infestación del arvense por parcela, comparando marginalmente con la cantidad de biomasa de pasto (Ray grass perenne) que se pierde por la presencia de la maleza en estudio.

Para toma de datos de porcentaje de arvenses por parcelas se innovó un modelo estándar en donde se subdividió imaginariamente a la parcela en 16 cuadrantes, cada cuadrante representa 6,25% de infestación. A continuación una gráfica del modelo utilizado.

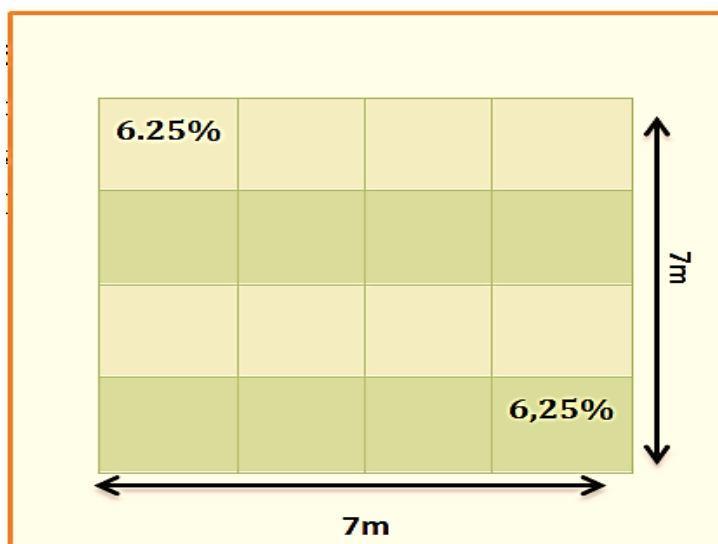


Figura 19. Técnica para evaluar el porcentaje de maleza por parcela, sector "Carigàn Alto" Loja, octubre 2015.

Para llevar a cabo la evaluación del efecto de la técnica artesanal, los herbicidas y el control orgánico (Encalado) sobre la maleza en estudio se llevó a cabo el método semi-cuantitativo el mismo que se detalla a continuación:

En el muestreo semi-cuantitativo, las malezas no se cuentan, sino que se agrupan en categorías utilizando un sistema visual (Reyes, 2010), como se muestra en el cuadro 12.

Cuadro 12. Parámetros de análisis semi-cuantitativo sobre abundancia de malezas por potreros, (adaptado).

Abundancia malezas (llashipa)		Interpretación.
Por m2	Parcela (49m ²)	
≤ 4	≤ 28	Baja
5 - 19	35 - 133	Media
≥ 20	≥ 140	Alta

Fuente: Evaluación de malezas en potreros, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

3.4.5.4. Comparación de los tratamientos en relación al beneficio/costo y efectividad.

Se determinó la relación del B/C de cada variable mediante el estudio de la inversión económica utilizando valores marginales en c/u de los tratamientos, ampliando el análisis a la inversión necesitada para implementar la técnica por hectárea, y el beneficio que se obtendría al implementar una pastura (Ray grass perenne), para lo cual se realizó un análisis del presupuesto parcial por unidad de investigación, para ello se aplicó el método de redistribución neta del capital invertido (**RNCI**), definiendo el tratamiento de menor gasto y mayor efectividad, tratando de encontrar la técnica donde la inversión sea menor a la vez eficaz y rentable, por los que se realizó la búsqueda de la técnica(s) de mejor respuesta que sea viable, accesible para ser implementada en el sector agropecuario por los pequeños y medianos ganaderos de la provincia.

A continuación se detalla la formula usada para la determinar la **RNCI** en cada uno de los tratamientos:

$$\mathbf{RNCI} = \frac{[\mathbf{IB} - (\mathbf{CF} + \mathbf{CMO} + \mathbf{CIS})]}{\mathbf{CIS}}$$

IB= Ingreso Bruto

CF= Costo fijo

CMO= Costo mano de obra

CIS= Costo de insumos y servicios

3.4.5.5. Difusión de los resultados. de la investigación.

Los resultados de la investigación se dieron a conocer a personas y a los pequeños y medianos ganaderos de la provincia de Loja, exponiendo los resultados en un seminario taller en un aula del módulo IV de la carrera de Ingeniería Agronómica, dándoles a conocer los pro y contra en el desarrollo del proyecto, evitando así la inversión innecesaria del ganadero y orientándolo a aplicar una técnica eficiente y al alcance de su bolsillo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos de la investigación se analizaron cuantitativamente, cualitativamente e interpretativamente, expresándolos mediante la utilización de cuadros y graficas estadísticas e interacción de cada uno de los componentes principales, subdividiendo a los mismos por las diferentes variables a evaluar en el estudio, además de un análisis del factor económico de cada una de las técnicas.

4.1. PROPIEDADES FISICAS-QUIMICAS DEL SUELO.

A continuación se presenta la descripción de la estructura física del suelo y aquellos parámetros esenciales dentro de las propiedades químicas como el pH, la acidez cambiante, disponibilidad de macro y micronutrientes en las parcelas estudiadas, teniendo en cuenta el problema inicial de los suelos ácidos y los objetivos planteados en el estudio.

4.1.1. Clase textural del suelo.

De acuerdo al análisis del suelo realizado en el laboratorio de Agrocalidad podemos evidenciar el resultado del % de partículas de arena, limo y arcilla presente en la conformación de los agregados del suelo (**Anexo 6**).

Cuadro 13. Rango promedios del % partículas presentes en la clase textural del suelo en estudio, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015

Tratamiento	% partículas			Clase textural
	Arena (Ao)	Limo (Lo)	Arcilla (Ac)	
Testigo	58,67	33,33	8,00	Franco arenoso
4,5 t ha ⁻¹	58,67	33,33	8,00	Franco arenoso
3 t ha ⁻¹	59,33	32,67	8,00	Franco arenoso
1,5 t ha ⁻¹	59,33	33,33	8,00	Franco arenoso

Fuente: Análisis laboratorio 2015.

Elaboración: El autor, 2015

En el **Cuadro 13**, se muestra que el resultado obtenido es igual en cada uno de los tratamientos teniendo la misma textura Fo-Ao (Franco Arenoso), notando que existe un incremento de 0,662% de partículas de Ao (3 t ha^{-1} y $1,5 \text{ t ha}^{-1}$) y disminución del 0,66% de Lo en el tratamiento (3 t ha^{-1}), mientras que el % de Ac permanece estático en todos los tratamientos, este incremento y disminución de partículas no difiere en la clase textural del sustrato.

Según la clasificación del USDA (2004), y en base al uso del suelo menciona que la textura de este es modernamente gruesa. Merino (2005), menciona que desde el punto de vista de las características físicas este suelo, tienen poca capacidad de retención de agua, elevada permeabilidad, buen drenaje, buena aireación y el tiempo de tempero es mayor y que desde el punto de vista químico, son suelos inertes, lavados y de pH ácidos, como se puede ver en el **Cuadro 8**. Al respecto de la textura (Fo-Ao), Padilla, (2007) menciona que la misma frecuentemente beneficia a las plantas ayudándolas a absorber los nutrientes, teniendo así mayor aireación y una alta permeabilidad permitiendo de esta manera una aceleración de la percolación de nutrientes por procesos de lixiviación, generando de esta forma las condiciones para que el suelo se sature de cationes de Al^{3+} e H^+ , provocando así una pérdida y neutralización (no asimilables) de los minerales esenciales para el desarrollo de los cultivos forjando acidez en el suelo y creando las condiciones para que se inserte y se adapten los arvenses (Llashipa) tolerantes a estas condiciones.

Sadzawka (2010), menciona que el encalado puede mejorar las características física del suelo tales como aumento en la agregación, disminución de la densidad aparente y aumento en la capacidad de retención de agua, por lo que el mejoramiento se debe a la acción floculante y cementante de los óxidos e hidróxidos de aluminio y hierro precipitados por la cal, ya que estos al ser absorbidos por las arcillas pueden aumentar el punto de carga cero del mineral de manera que la fracción coloidal flocula al pH del suelo, recalando que el enunciado tiene interacción con el resultado ya que se denoto un pequeño incremento en los agregados del suelo en estudio.

4.1.2. Comportamiento del pH.

Este parámetro también denominado reacción del suelo, es la forma más rápida y fácil de determinación de la concentración de protones en la solución del suelo y

diagnosticar los efectos perjudiciales potenciales de la acidez del suelo en estudio. A continuación se evidencia los datos evaluados y el análisis de este factor:

Cuadro 14. Medias de los tres bloques de la medición del pH por un lapso de 10 semanas, sector “Carigan Alto”, Loja, octubre 2015.

Tratamiento	TIEMPO (Semanas)												Final
	Inicio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media	
Testigo	4,27	4,29	4,17	3,99	4,01	4,26	4,32	3,88	4,24	3,92	3,97	4,06	3,61
4,5 t ha⁻¹	4,27	4,41	5,34	6,38	5,97	6,11	5,85	5,92	5,81	5,76	5,36	5,71	5,91
3 t ha⁻¹	4,27	4,17	5,47	5,44	5,09	5,68	5,37	5,52	5,80	5,01	5,08	5,25	5,11
1,5 t ha⁻¹	4,27	4,40	4,91	5,89	4,89	5,63	5,97	5,42	5,53	5,07	5,33	5,30	5,31

Fuente: Investigación de campo, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

Correlación de Pearson de Tratamiento y pH = 0,846

En el **Cuadro 14** podemos ver los promedios del efecto de la aplicación de la cal en el pH durante el lapso de 10 semanas (**Anexo 7**), tiempo en que se estima que la cal agrícola hace efecto en el suelo, y la media final de pH obtenido en el análisis en el laboratorio de Agrocalidad (**Anexo 8**). En el testigo el pH promedio fue de 4,06 que refleja un suelo extremadamente ácido (**Cuadro 1**). El mayor incremento de pH se registró en el tratamiento que se aplicó 4,5 t ha⁻¹, llegando a un valor de 5,71 (un incremento de 1,65 unidades de pH con respecto al testigo), dando como resultado un suelo con mayor aptitud para los cultivos. Las dosis de 3 y 1,5 t ha⁻¹ denotan una similitud en la media del pH llegando a un valor de 5,25 y 5,30 manteniéndose de esta manera como un suelo fuertemente ácido.

Podemos evidenciar que la medición más elevada de pH se produjo en el día 15 en la dosis 1, 2 y 3 (**Cuadro 9**) y en el día 25 con incremento de 2 unidades en el pH desde el punto de inicio del experimento (**Cuadro 8**) denotando desde esos días una baja del pH lo cual se puede atribuir al **poder tampón o buffer** que se encarga en la solución suelo de resistir a los cambios bruscos de pH. Brady y Weil (2008), mencionan que cuando se

adiciona CaCO_3 al suelo este reacciona, evitando de esta manera alteraciones químicas en la disponibilidad de nutrientes y el equilibrio de la vida microbiana del suelo.

Mediante el ANOVA realizado se demuestra que existe una diferencia estadística significativa entre los tratamientos aceptando la **H1**, a su vez los Bloques (Replicas) no difieren en los resultados demostrando que se neutralizo bien el gradiente, por lo cual la diferencia entre cada uno de los tratamientos se mantiene en cada Bloque (**Anexo 9**), teniendo una confiabilidad del modelo mayor al 90% (R^2), además existe una relación bien enmarcada entre las dos variables tratamiento y el pH como lo expresa la correlación de Pearson.

Cuadro 15. Agrupación de las medias utilizando el método de Tukey. Loja, octubre 2015.

Tratamiento	N	Media	Agrupación	Nivel de confianza
4,5 t ha ⁻¹	3	5,91	a	
1,5 t ha ⁻¹	3	5,31	ab	S= 95%
3 t ha ⁻¹	3	5,11	b	I= 98,74%
Testigo	3	3,61	c	

Fuente: Datos análisis estadístico, 2015. **S:** simultaneo **I:** individual.
Elaboración: El autor, 2015.

La prueba de Tukey demuestra que la dosis de 4,5 t ha⁻¹ es el tratamiento de mayor eficacia con respecto al incremento en el pH del suelo, llegando a un valor medio de pH de 5,91 (Medianamente ácido) adecuado para todo tipo de cultivos, corroborando así el enunciado de Iñiguez (2001), donde menciona que se aplican aproximadamente 4000 kg de cal, para elevar en una unidad el valor del pH, por lo que al incorporar 4500kg de cal al suelo se logró subir 1,64 unidades al valor del pH inicial (**Cuadro 8**), logrando obtener un 14% más de incremento referente al postulado de Iñiguez (2001), mientras que en la dosis 3 t ha⁻¹ tenemos un incremento de 0,84 unidades y en la dosis 1,5 t ha⁻¹ un aumento de 1,04 unidades de pH, ambas obtienen una semejanza en el análisis de comparación de medias, siendo este suelo Fuertemente acido es decir deficiente en la asimilación de algunos nutriente. La técnica artesanal (Testigo) presento un valor de pH <4 extremadamente ácido e improductivo. (Kirchhoff *et al.* 1991) menciona que un suelo con pH extremadamente

ácido se inhibe el desarrollo del sistema radicular de la planta debido a la alta concentración de Al^{3+} que es fitotóxico. Por lo tanto al incrementar el pH y a la vez disminuir las concentraciones de Al^{3+} , se favorece el desarrollo radicular logrando así que la planta tenga mayor capacidad de exploración, lo que repercutirá de forma positiva en la producción de biomasa.

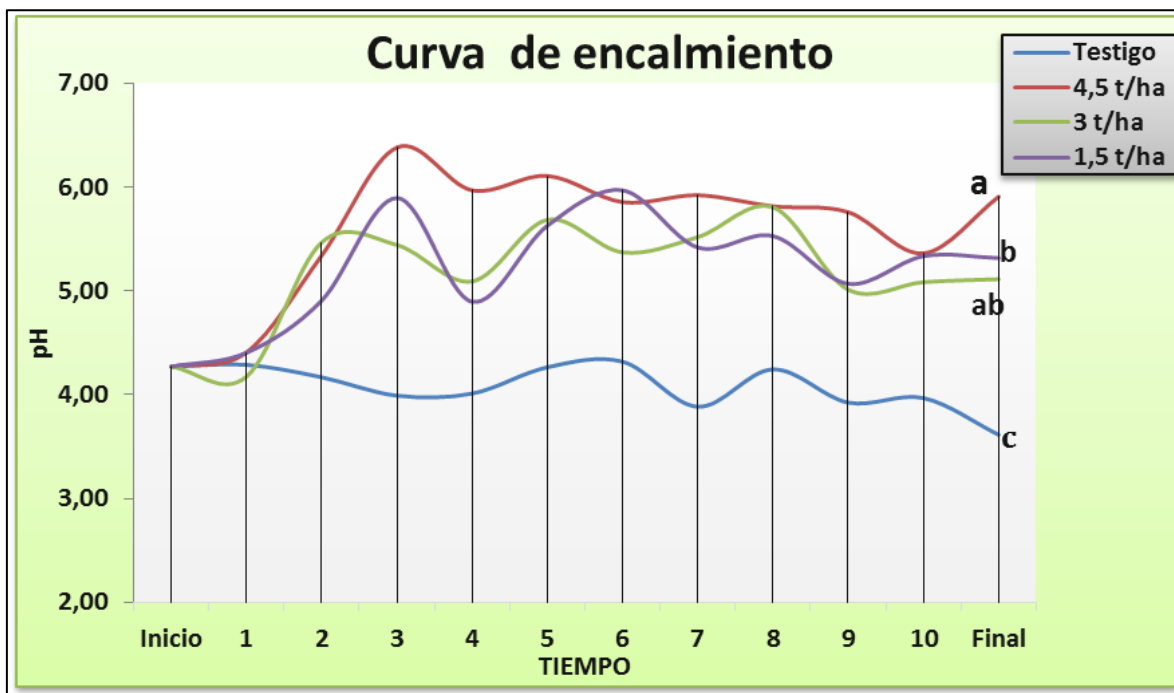


Figura 20: Curva de pH frente al tiempo, efecto del encalado del suelo, sector "Carigàn Alto" Loja, octubre 2015.

En la **Figura 20**, se puede observar mediante una curva cómo fluctúa el pH frente al efecto del encubado de la cal en el suelo, denotando la diferencia significativa frente al testigo donde la curva ondula horizontalmente debido a las presencia de valores bajos en el pH (**Cuadro 14**), mientras que en la dosis 1, 2 y 3 (**Cuadro 9**) se denota un incremento en el pH demarcado conforme pasa el tiempo y va concentrándose la cal agrícola en el sustrato. Teniendo en las dosis 4, t ha⁻¹ mediciones de pH de 6,38 y 6,11 (semana 3 y 5) que es el punto donde la mayoría de los nutrientes están asimilables (**Cuadro 1, Figura 2**), posteriormente culminado el encubado de la cal en la semana 9 y 10 se produce una estabilización del pH en los tratamientos 3 y 1,5 t ha⁻¹. Al respecto Castro y Munevar (2013), mencionan que la elaboración de curvas de encalamiento enfrentando los parámetros químicos que intervienen en el manejo de la acidez, permiten definir dosis

óptimas de neutralización que muestran las necesidades de cal expresadas en términos de equivalencia química en CaCO_3 .

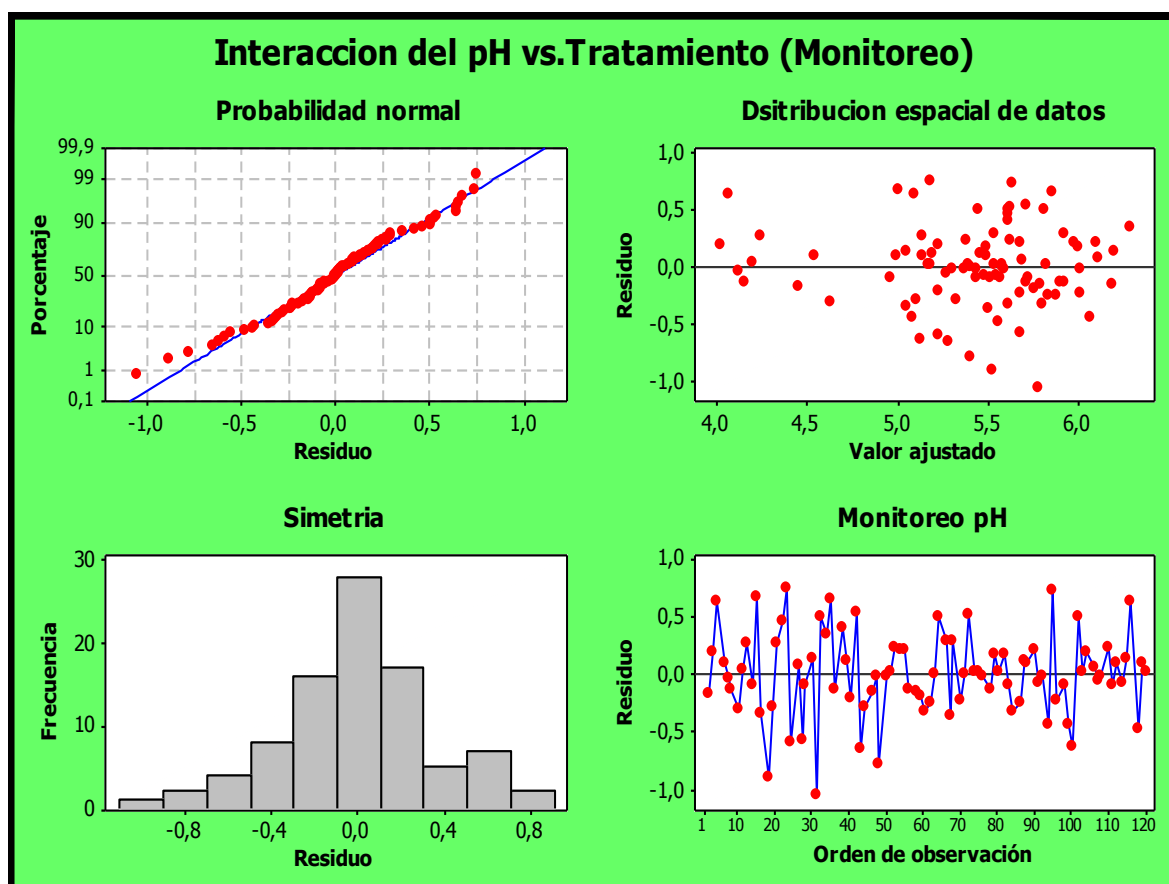


Figura 21. Gráfica de residuos cuatro en uno, a la distribución del pH frente al tiempo .Modelo lineal general. (GLM), Loja, octubre 2015.

En la **Figura 21**, podemos ver en la **gráfica de probabilidad normal** podemos observar que los datos se distribuyen a lo largo de la línea recta, por lo que podemos decir que siguen una distribución normal y que los residuos se ajustan al modelo estadístico aplicado, sin embargo existe la presencia de dos outliers, en el **histograma** podemos ver q existe simetría con un único pico en el centro concluyendo q existe normalidad, en la gráfica de Distribución de datos vs **valores ajustados** podemos observar que no existe un patrón definido en los puntos y se encuentran distribuidos alrededor del cero, por lo que podemos concluir que las varianzas son iguales para todos los tratamientos, y por último la gráfica de Monitoreo vs. **Orden de datos** se puede observar que los datos se encuentran distribuidos aleatoriamente y que no siguen ningún patrón definido, por lo que podemos afirmar que los errores son independientes entre sí.

4.1.3. Acidez cambiabile del suelo.

Previo al análisis inicial de la acidez intercambiabile del suelo dando como resultado (Cuadro 8; Anexo 3) un suelo toxico se calculó las dosis a implementar de CaCO_3 para la corrección de la acidez (Anexo 4; Cuadro 9), El cuadro a continuación presenta el efecto de las diferentes dosis.

Cuadro 16. Resultados de la acidez cambiabile, frente al encalado del suelo, sector "Carigàn Alto" Loja, octubre 2015.

TRATAMIENTO	pH	Acidez Intercambiabile (meq/100g)			Interpretación
		$\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$	H^+	Al^{3+}	$\text{Al}^{3+} + \text{H}^+ / \text{Al}^{3+}$
INICIO	4,27	6,1	4,2	1,9	Toxico /Toxico
Testigo	3,61	7,68	6,48	1,20	Toxico /Toxico
4,5 t ha⁻¹	5,91	1,85	1,72	0,00	Medio/Bajo
3 t ha⁻¹	5,11	2,44	2,24	0,20	Toxico /Bajo
1,5 t ha⁻¹	5,31	3,67	3,54	0,13	Toxico /Bajo

Fuente: Datos análisis de laboratorio Agrocalidad, 2015.

Elaboración: El autor, 2015

En el **Cuadro 16**, se refleja el efecto del encalado del suelo con la aplicación de las tres dosis de CaCO_3 frente a la corrección de la acidez del mismo (**Anexo 10**), mostrando una efectividad del 100% del material encalante reflejando lo que expresa el valor de neutralización (**Cuadro 4**), por lo que podemos acervar que la dosis con mayor efectividad es la de 4,5 t ha⁻¹, logrando reducir el Al^{3+} de un 1,9 inicial (Toxico) a cero (Bajo) y de iones de H^+ de 4,2 a 1,85, logrando como resultado una acidez baja. Factores significantes ya que están correlacionados con el pH del suelo. Las dosis 3 y 1,5 t ha⁻¹ con valores que ondean entre (Toxico/Bajo), y por último el testigo donde no hubo un variación significativa en modificación de la acidez, este resultado se correlación con el análisis de homogeneidad con respecto al pH (**Cuadro 15**).

En las dosis de cal agrícola aplicadas se constató un cambio significativo en las concentraciones de Al^{3+} e H^+ podemos corroborar que está estrechamente ligado con el valor del pH. Se sabe que el Al^{3+} adopta formas iónicas en función del pH del suelo

predominando a $\text{pH} < 4,7$, mientras que predomina la forma $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ a valores de pH comprendido entre $4,7-6,5$ (Bohn et al. 2001), por ende Brady y Weil (2008) señalan que el aluminio adsorbido está en equilibrio con los iones de aluminio en la solución del suelo, contribuyendo a la acidez del suelo por su tendencia a hidrolizar. La reacción simplificada en la **Figura 22**, donde se ilustra cómo a mayor adsorción de aluminio tiende a aumentar la acidez en la solución del suelo.

Sobre la aplicación de enmiendas para la corrección de la acidez Padilla (2007), señala que al aplicar cal (CaCO_3) a un suelo ácido, los iones (Ca^{2+}) reemplazan a los iones H^+ de los sitios de intercambio. Los iones de H^+ son neutralizados por la reacción química con el carbonato de calcio y el pH del suelo se incrementa hasta la neutralidad ($\text{pH} 7$), sin embargo Brady & Weil (2008) mencionan que los iones de Ca^{+2} de la cal reemplazan al Al^{+3} en los sitios de intercambio, y el ion carbonato (CO_3^{-2}) reacciona con el agua de la solución del suelo creando un exceso de iones OH , que a su vez reaccionan con el exceso de H^+ (acidez), formando agua, ocasionado así la precipitación del AL^{3+} , con liberación de anhídrido carbónico (CO_3) que se disipa como gas (**Figura 4**). De esta manera, el AL^{3+} toxico de la solución del suelo queda neutralizado y químicamente inerte, ya que el encalado incorpora al suelo Ca^{2+} y Mg^{2+} para neutralizar la acidez del mismo, es decir que el pH alcance un nivel ideal para el desarrollo normal de los cultivos y al mismo tiempo reduzca el contenido de AL^{3+} y Mn^{2+} tóxico (Iñiguez 2001).

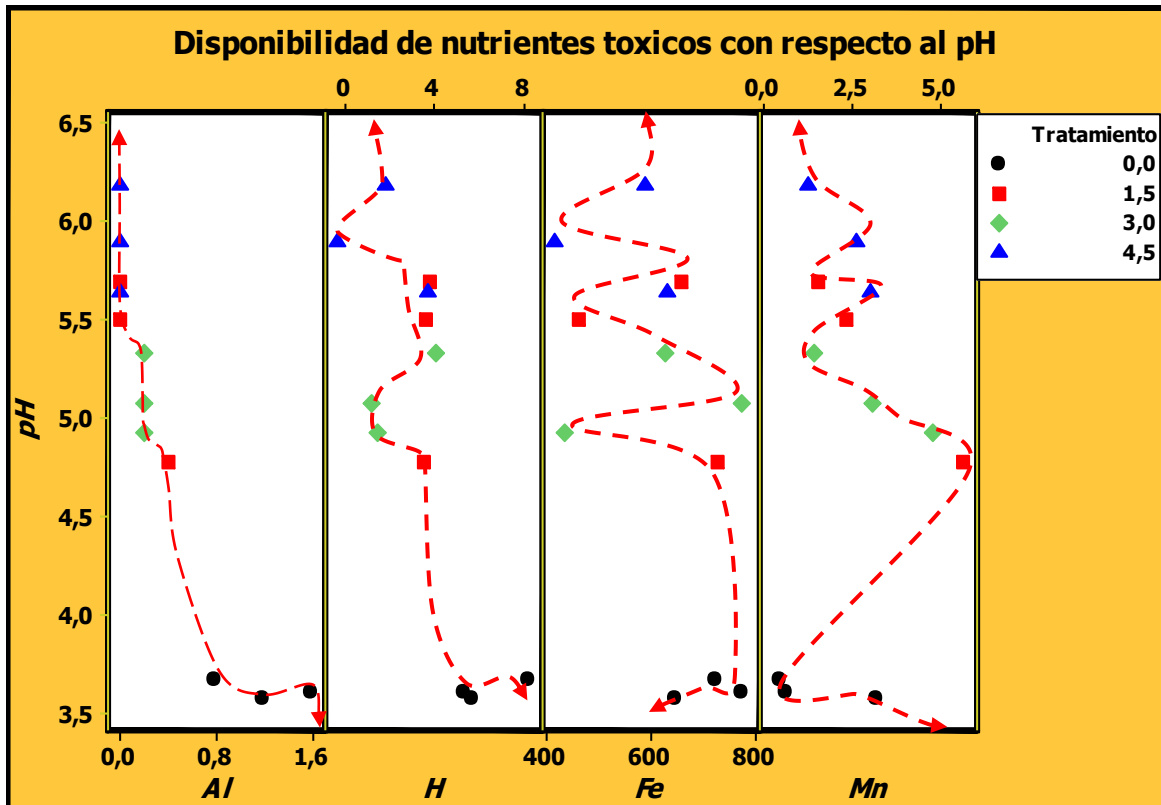


Figura 22. Interacción entre el pH frente el aluminio, hidrogeno hierro y manganeso, Loja, octubre 2015.

En la **Figura 22**, se muestran las relaciones entre la reacción del pH del suelo y la actividad del Al^{3+} , H^+ , Fe^{3+} y Mn^{2+} . Cuando el pH del suelo es bajo, cantidades apreciables de estos componentes son solubles, tanto que pueden llegar a ser extremadamente tóxicos, al respecto Brady & Weil. (2008), mencionan que a valores del $pH < 5$, el Al^{3+} , H^+ , Fe^{3+} -y Mn^{2+} a menudo son solubles en cantidades suficientes para ser tóxicos para el crecimiento de la plantas. Sin embargo Brady y Weil (2008) mencionan que según aumenta el pH, ocurren precipitaciones, las cantidades de estos iones en la solución es cada vez menos hasta la neutralidad provocando así que ciertas plantas pueden sufrir de una carencia de Fe^{3+} y Mn^{2+} disponible. Estas deficiencias se producen particularmente en el sobre encalado de suelos Ao, por lo que Brady y Weil (2008) señalan si la reacción del suelo se mantiene dentro de un rango de pH entre 6.0-7.0, la toxicidad del Al^{3+} , H^+ , Fe^{3+} , Mn^{2+} y la deficiencia de Fe^{3+} -y Mn^{2+} se puede evitar.

Cuadro 17. Promedio de las bases de cambio (cmol/kg). Análisis laboratorio Agrocalidad, Loja, octubre 2015.

Tratamiento	pH	Bases cambiables cmol/kg						
		K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Total bases	CIC	%SB
Testigo	3,61	0,24	1,90	0,82	0,19	3,15	10,83	29,20
4,5 t ha ⁻¹	5,91	0,22	14,97	0,81	0,26	16,25	17,97	90,47
3 t ha ⁻¹	5,11	0,27	12,74	0,99	0,26	14,26	16,70	84,03
1,5 t ha ⁻¹	5,31	0,41	12,3	1,53	0,21	14,45	18	80

Fuente: Datos análisis de laboratorio Agrocalidad, 2015.

Elaboración: El autor, 2015

En el **Cuadro 17** se muestra las medias bases cambiables (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y Na⁺), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el porcentaje saturación de bases (%SB) presentes en el suelo, posterior al efecto del encalado con los diferentes dosis por tratamiento, (**Anexo 11**) donde se refleja que tratamiento de la dosis 4,5 t ha⁻¹ elevó mayormente el porcentaje de saturación de bases, así mismo las dosis de 3 y 1,5 t ha⁻¹ influyeron, por lo cual la base deseable es elevar >60%, dato que tiene influencia con el valor de pH. Al mismo tiempo podemos evidenciar que a bajo %SB se tendrá >acidez, dato que se evidencia en el testigo y a medida que el PSB se aproxima al 100 % se alcanzara una neutralidad en el suelo, al respecto Brady y Weil (2008), mencionan que en la mayoría de las situaciones, una saturación con bases relativamente alta (>60%) es deseable, por lo cual la adición de CaCO₃ es un procedimiento común para aumentar el suministro de la naturaleza de los cationes metálicos, ya que estos cationes interactúan entre sí, por lo tanto deben encontrarse en determinadas relaciones. Iñiguez, (2001) menciona que un límite de separación entre la acidez y alcalinidad corresponde al 90 %SB.

En cuanto a la CIC del suelo tenemos valores que fluctúan entre 10 y 18 cmol/kg, lo que quiere decir que este suelo tiene la capacidad de absorber esa cantidad en iones cambiables y a su vez intercambiar la misma cantidad, es decir, los cmol de carga negativa asociada a 1kg de suelo atraen la misma cantidad en cmol de cargas positivas, si vienen de H⁺, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ o cualquier otro catión, Brady y Weil (2008), mencionan que

esto acentúa el hecho de que cationes son adsorbidos e intercambiaron de manera químicamente equivalente.

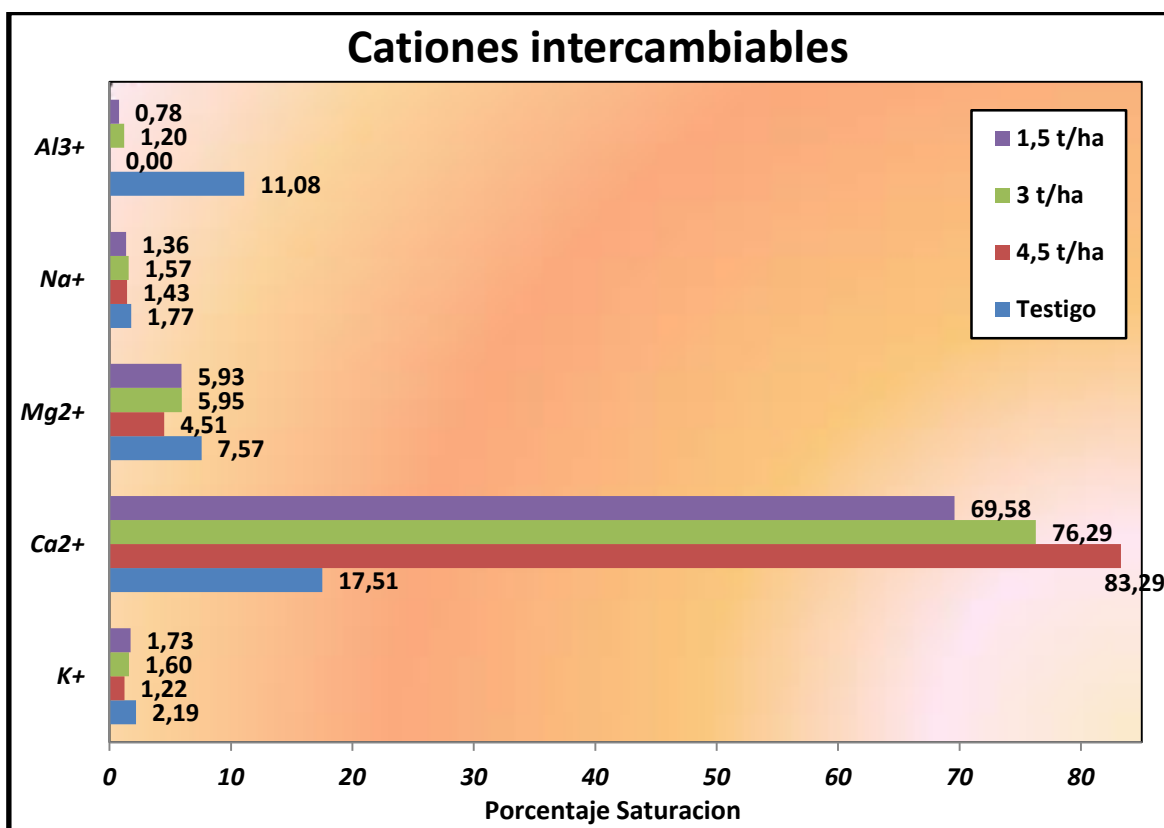


Figura 23. Cationes intercambiables, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.

A mayor %SB mayor % Ca²⁺, Mg²⁺ y K⁺ están presentes en el complejo de cambio y pueden ser cedidos a la solución del suelo y asimilados por las plantas, la SB representa el % de los sitios de intercambio en el suelo ocupados por los iones básicos K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y Na⁺ (Brady & Weil 2008), la diferencia entre ese número y 100 es el % de los sitios de intercambio ocupados por cationes ácidos: Al³⁺ e H⁺ (Bohn *et al.* 2001). En la **Figura 23** tenemos que los cationes de Ca²⁺, Al³⁺ y Na⁺ se encuentra en los rangos deseables de saturación en las tres dosis de encalado, niveles contribuyen hacia una reducción de acidez, (**Cuadro 2**),

Báscones (2005), indica que un exceso de Ca²⁺ intercambiable puede interferir la absorción del Mg²⁺ y del K⁺. Si la relación Ca²⁺/Mg²⁺, es mayor de 10, es posible que se produzca una deficiencia de Mg²⁺, la relación óptima es alrededor de 5. La relación K⁺/Mg²⁺ debe estar comprendida entre 0,2 y 0,3, si esta es >0,5 pueden producirse deficiencias de Mg²⁺ por efecto antagónico de K⁺, en cambio, si esta de alrededor 0,1, se

puede producir una deficiencia de K^+ inducida por el Mg^{2+} y un exceso de Na^+ produce deficiencias de Ca^{2+} y Mg^{2+} , por ello en el **Anexo 12**, se muestra la relaciones en donde las dosis elevadas de $CaCO_3$ forjan a que vea deficiencia de Mg^{2+} , mientras que la relación K^+/Mg^{2+} y Na^+ no se ven influenciados ya que las relaciones entre estos están en equilibrio en el coloide.

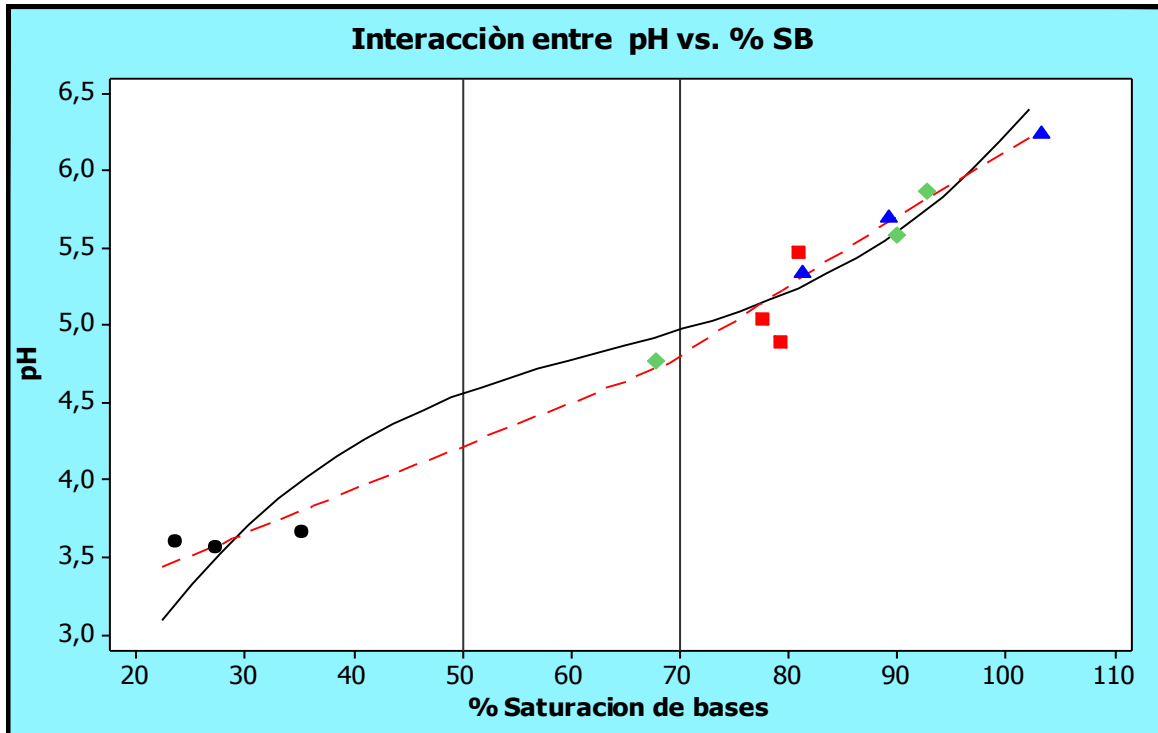


Figura 24. Interacción % saturación de bases y el pH del suelo en calado, Loja, octubre 2015.

En la **Figura 24**, se evidencia la interacción entre la saturación de las bases y el pH del suelo, donde tres cosas son claramente evidentes de la curva. En primer lugar, existe una correlación entre la saturación base del porcentaje de estos suelos y su pH, en segundo lugar, la curva generalizada indica que varía el grado de amortiguación, siendo menor en los valores extremos, entre estos extremos donde la curva es más plana, el buffer alcanza un máximo. En teoría, el mayor almacenamiento en búfer se produce en aproximadamente entre el 50 y 70% de saturación, una situación muy importante tanto desde el punto de vista técnico y práctico. En tercer lugar, el almacenamiento en búfer, según lo indicado por la curva, es uniforme en todo el rango de pH 3,5 -6,5. Esto es de vital importancia, lo que indica que en condiciones de campo aproximadamente la misma cantidad de cal será necesaria para modificar el pH del suelo de 5.0 a 6.0.

4.1.4. Disponibilidad de nutrientes.

Debido a la acidez extremadamente fuerte del área de investigación (**Cuadro 8; Anexo 3**) la misma que inhibe la asimilación y disponibilidad de los macro y micronutrientes esenciales para el desarrollo de cultivo, se realizó el análisis del % de materia orgánica (MO) y disponibilidad de los macronutrientes esenciales como son N, P, K, Ca y Mg, asimismo de micronutrientes específicos como el Fe, Mn, Cu y Zn (**Anexo 13**). A continuación se muestran los promedios de los resultados obtenidos.

Cuadro 18. Resultados promedios de materia orgánica y macro elementos presentes en el suelo a posterior al encalado, sector “Carigan Alto”, Loja, octubre 2015.

Tratamiento	pH	%		ppm	cmol/kg		
		MO	N	P	K	Ca	Mg
Testigo	3,61	11,47 A	0,57 A	18,33 M	0,24 M	1,90 B	0,82 A
4,5 t ha ⁻¹	5,91	10,51 A	0,53 A	10,03 B	0,26 M	15,20 A	0,81 A
3 t ha ⁻¹	5,11	14,24 A	0,71 A	15,60 M	0,28 M	11,37 A	1,01 A
1,5 t ha ⁻¹	5,33	13,17 A	0,66 A	15,13 M	0,30 M	11,93 A	0,94 A

Fuente: Datos análisis de laboratorio Agrocalidad, 2015 (A: alto B: bajo M: medio).

Elaboración: El autor, 2015

De acuerdo al análisis de homogeneidad de medias o prueba de Tukey podemos denotar que existe diferencia significativa solo en calcio y mientras que los demás elementos son homogéneos (**Anexo 15**) en cuanto a los parámetros requeridos de estos elementos para la región sierra (**Anexo 14**), se interpretó obteniendo como resultado que la MO y el N se encuentra presente en niveles altos en todos los tratamientos, el P fluctúa en los tratamiento de nivel medio y bajo, el K se encuentra en cantidades medias, en cuanto al calcio tenemos niveles altos en las parcelas donde se aplicó, mientras que en el testigo se encuentra deficiente, y por último el magnesio que está en estándares altos en la mayoría de las parcelas

La naturaleza del suelo juega un papel fundamental en la disponibilidad de los macro y micronutrientes, Brady y Weil (2008) mencionan que las tres causas de deficiencia son: a) baja concentración de un elemento, b) presencia de una forma química

que no puede ser utilizada por la planta, y c) efecto antagónico entre distintos elementos, estas causas están estrechamente relacionadas con las propiedades del suelo como CIC, saturación de bases y el pH del suelo, al respecto Fancelli, (2006) señala que aún bajo pH (Acido) ocasiona la retención de estos elementos, fijándolos en formas no disponibles. Sin embargo Mengel y Kirkby, (1987), indica que el contenido de materia orgánica y arcilla y la actividad microbiana son propiedades del suelo que controlan la disponibilidad de los metales estudiados. Mientras que Ratto (2006), indica que el contenido total de un nutriente en el suelo no siempre se relaciona con la fertilidad química pero es un indicador a utilizar para tener una aproximación de la riqueza potencial del elemento.

La materia orgánica en el suelo es un elemento indispensable ya que en el proceso de la descomposición, tanto ácidos orgánicos como inorgánicos son formados, El más simple y quizás el más extensamente encontrado es (H_2CO^3), Ratto, (2006) menciona que los efectos de este ácido han sido responsables de la pérdida de cantidades grandes de bases por solución y lixiviación. La acción solvente de H_2CO^3 en los componentes minerales del suelo es ejemplificada por disolución de CaCO_3 . Además en la descomposición otros ácidos inorgánicos como el H_2SO_4 y HNO^3 son proveedores potentes de iones H^+ ya que junto con estos ácidos orgánicos, son responsables del desarrollo de condiciones moderadamente y fuertemente ácidas del suelo (**Anexo 3**), Aparentemente, la materia orgánica se une al aluminio en una forma cambiante. Esta interacción MO/Al^{3+} ayuda a tener en cuenta un mejor crecimiento de las plantas en los valores de pH muy bajos en los suelos altos en materia orgánica.

Merino (2005), menciona que la MO funciona como un "molino" de las partículas minerales, siendo en gran parte responsable por la condición suelta y fácil administración de suelos, a esto se debe la textura que presenta el área de investigación (**Cuadro 13**), también, es una fuente importante de dos importantes elementos minerales, P y S y esencialmente la fuente de suelo única de N, debido al alto porcentaje de MO tenemos alto porcentaje de N. finalmente podemos mencionar que la MO es la principal fuente de energía para organismos del suelo, Sin esta la actividad bioquímica llegaría casi a un punto muerto.

Navarro (2013), señala que los macronutrientes N, P, K, Ca y Mg son absorbidos por las plantas en cantidades suficientemente grandes como para gravar la capacidad de la

mayoría de los suelos para abastecer a la planta, el N es normalmente el nutriente que limita el crecimiento óptimo de un cultivo el cual es asimilado en formas de Nitratos nitrógeno (NO₃-N), sobre el P Iñiguez, (2001) menciona que la actividad del fósforo está relacionada directamente con el pH, la máxima disponibilidad de los fosfatos asimilables (monobásico PO₄H₂⁻ y dibásico PO₄H⁻²) se encuentra entre los valores de pH 6,0 y 7,0. Según algunos autores el efecto de las enmiendas sobre el P suelo puede aumentar, disminuir o incluso no tener ningún efecto sobre la disponibilidad (Fageria et al, 1988, Haynes 1982, Anjos & Rowell 1987), mientras que Berner y Alfaro (2006) menciona que la aplicación de enmiendas no provoca aumento en su contenido, ni provoca su liberación de formas retenidas, pero si favorece su disponibilidad aplicado tras el encalado, de modo que las concentraciones de P en este suelo están en rangos asimilables. Referente al K Bohn *et al.* (2001) menciona que es adsorbido sobre los coloides y reemplaza una cantidad equivalente de calcio, hidrógeno y otros elementos que aparecen en la solución del suelo.

Las aplicaciones de cal hacen que este elemento se incremente considerablemente y a su vez sea asimilable para las plantas, dependiendo si el pH se mantiene en los rangos recomendados para el crecimiento óptimo de los de los cultivos (5 a 6), Molina, (2008) menciona las deficiencias de calcio no son muy comunes. En general, los suelos arcillosos necesitan más cal que los suelos de textura media (**Cuadro 13**) para subir el pH del suelo a los niveles deseados. El contenido de magnesio es usualmente bajo en estos suelos ácidos ya que no llega a los rangos de concentraciones óptimas para la mayoría de los cultivos, (Fageria 2001a, 2001b) menciona que el óptimo esta entre 1-2 cmol (+) kg⁻¹.

Cuadro 19. Promedios de micro nutrientes presentes el área de investigación, sector “Carigan Alto”, Loja, octubre 2015.

Tratamiento	pH	ppm			
		Fe	Mn	Cu	Zn
Testigo	3,61	717,30 A	1,42 B	0,78 B	1,60 B
4,5 t ha ⁻¹	5,91	546,33 A	2,31 B	0,78 B	1,65 B
3 t ha ⁻¹	5,11	613,33 A	3,08 B	0,78 B	1,80 B
1,5 t ha ⁻¹	5,33	617,53 A	3,18 B	0,78 B	1,94 B

Fuente: Datos análisis de laboratorio Agrocalidad, 2015 (A: alto B: bajo M: medio).

Elaboración: El autor, 2015

Sobre la disponibilidad de los micronutrientes Ferraris (2011), menciona que numerosos factores edáficos afectan la disponibilidad para los cultivos. La magnitud de estos efectos varía considerablemente con las características de los micronutrientes, los que se presentan como cationes (Cu, Zn, Fe, Mn). Entre estos factores se destacan: pH, contenido de materia orgánica, procesos oxido-reducción, procesos de intercambio catiónico, actividad radical, factores climáticos, de manejo y fertilización. En cuanto a los micronutrientes tenemos que el hierro está en proporciones altas las misma que puede ser toxico a pH bajo como el caso del Testigo (**Cuadro 14**), al contrario del manganeso, cobre y zinc que están en cantidades bajas en todos los tratamientos (**Cuadro 19**).

Cu, Fe, Mn y Zn son 4 metales esenciales para el crecimiento vegetal. A pesar de las pequeñas cantidades requeridas, Martínez, (2000), menciona las deficiencias de Cu y Mn en cultivos han tomado mayor relevancia a partir de los parámetros que controlan su solubilidad en el suelo. Alloway (2008) menciona que Cu y Zn son afectados por un aumento en el pH, el punto crítico está entre pH 6 y 7. Roca et al. (2007), menciona que la baja disponibilidad de los micronutrientes puede deberse a que la mayoría del metal se encuentre atrapado en las estructuras cristalinas, o bien, adsorbido en los coloides del suelo sin posibilidad de disponibilidad, el principal factor de la baja concentración de los microelementos en el suelo es la adsorción.

Sparks, (2013), menciona que en presencia de considerables cantidades de carbonatos, el Ca^{2+} establece una fuerte competencia con el Cd y el Zn en los ácidos fúlvicos y húmicos. Esta fuerte sustitución podría ser una de las causas del déficit de este micronutriente en estos suelos, el Mn en forma iónica aumenta su disponibilidad al disminuir el pH (White 2009, Vilaseca et al. 1996), ya que este no es el único factor también influye la concentración de MO del suelo y las reacciones de oxidación-reducción (Fageria 2009).

4.2. CONTROL QUIMICO DEL ARVENSE.

Se realizó un control químico del arvense en estudio mediante la aplicación de la dosis comercial del agroquímico Mapkill y la mezcla de este con Pastar (**Cuadro 11**), a continuación se presenta los resultados.

Cuadro 20. Porcentaje de llashipa antes de la aplicación de los agroquímicos, Loja, octubre 2015.

% LLASIPA ANTES TECNICA				
Tratamiento	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	MEDIA
TESTIGO	75	68,75	81,25	75,00
QUIMICO MAPKIL	75	68,75	62,5	62,50
MEZCLA QUIMICOS	81,25	75	81,25	79,17

Fuente: Investigación de campo, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

En el **Cuadro 20**, se denota los porcentajes iniciales de llashipa en cada parcela, teniendo valores que oscilan entre 60 y 85%, valores extremadamente elevados en cuanto a la presencia de malezas en potreros por lo que la aplicación de los agroquímicos ayudara combatirla, ya que los mismos valores sobrepasa el nivel crítico, ya que en presencia de >30% de infestación se procede a llevar a cabo el control del arvense con la implementación de técnicas en este caso aplicación de agroquímicos, ya que es la mejor opción frente a un grado de severidad tan elevado.

La presencia de porcentajes elevados de llashipa por encima del umbral aceptable (<25%), hace que los potreros lleguen a un periodo crítico, según la FAO (2007), periodo durante el cual las malezas deben ser controladas para prevenir las pérdidas de rendimiento y competencia por nutrientes, al respecto Gutiérrez (2007), menciona que las malezas, en la mayoría de los casos, acumulan grandes cantidades de elementos nutricios en el interior de su biomasa, lo que reduce el rendimiento esperado de los cultivos, en especial cuando el elemento nutricio escasea en el suelo, ya que muchas veces la competencia nutricional es restringida sólo a unos pocos nutrientes.

Nambiar y Sands (1993) señala que la competencia es más agresiva con iones móviles (aquellos solubles) que con inmóviles- Gutiérrez (2007) argumenta que cualquier tipo de déficit o estrés al que sea sometida la planta ocasiona un daño indirecto, ya que deja propensa la planta a ataques de diferentes parásitos, enfermedades o insectos. Villanueva (2002), indica que otros factores que inciden en la invasión son las condiciones adversas al pasto, como el mal drenaje, y suelos muy ácidos (**Cuadro 8**). Otro problema es

el uso de pastos mal adaptados a las condiciones de la región, manifestándose con una falta de capacidad de recuperación después de un pastoreo.

Cuadro 21. Promedios del porcentaje de arvense presente por parcela en cuanto al efecto de los agroquímicos, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.

Tratamiento	% arvense/Semana				MEDIA
	15	30	45	60	
Testigo	25	39,58	60,42	70,83	48,96
Mapkill	16,67	22,92	33,33	45,83	29,69
Mezcla	12,5	16,67	22,92	29,17	20,83

Fuente: Investigación de campo, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

En el **Cuadro 21**, se evidencia los promedios de las mediciones del porcentaje de llashipa presente en las diferentes parcelas, por un lapso de dos de dos meses (**Anexo 16**) empezando 15 días después de la aplicación de los herbicidas, cabe mencionar que la maleza estaba de una altura >14 cm como se puede apreciar en la **Figura 18**. El análisis de varianza refleja que los tratamientos infieren estadísticamente tal como se puede ver **Anexo 17**, además el modelo utilizado con sub- muestreo no difiere estadística y que el mismo tiene un grado de confiabilidad de >80% lo que se denota en el coeficiente “**R²**”, en el **Cuadro 21** apreciamos que la mezcla (Pastar + Mapkill) obtuvo menor porcentajes de infestación del arvense, proseguido del herbicida Mapkill, y por último con los rangos elevados el testigo (Técnica artesanal) que obtuvo porcentajes elevados por encima de 40%, sobrepasando el umbral permitido.

Al aplicar los agroquímicos de forma localizada sobre el follaje del arvense se logró mayor efectividad de los mismo, reduciendo así la biosíntesis de la planta, al respecto Caseley (2012), menciona que la biosíntesis de la clorofila está íntimamente relacionada con el desarrollo de una estructura tilacoidea funcional en el tejido foliar verde y las clorofilas son esenciales para absorber la luz, produciendo así un desequilibrio o trastorno en los procesos fisiológicos de la planta (maleza) lo que conlleva a que esta muera.

Por lo tanto la aplicación de dosis recomendada de Mapkill, siendo un granulado de contacto repercutió satisfactoriamente en la eliminación de la maleza, mientras que la mezcla entre Pastar y Mapkill, producto líquido y granulado obtuvo mayor efectividad, al respecto Caseley (2012) menciona los beneficios de las mezclas son los ahorros que se pueden hacer en el tiempo consumido para la aplicación y menor cantidad necesaria del vehículo de la asperjada (agua). Además, a menudo dosis reducidas de los herbicidas individuales son efectivas.

Cuadro 22. Agrupación de medias del efecto de la aplicación de los herbicidas para la eliminación de la maleza (llashipa), utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%, Loja, octubre 2015.

Tratamiento	N	Media	Agrupación
Testigo	12	48,96	a
Mapkill	12	29,69	b
Mezcla	12	20,83	c

Fuente: Análisis estadístico, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

En el **Cuadro 22**, podemos denotar el análisis de medias mediante la utilización de la prueba de homogeneidad de Tukey, con un nivel de confianza de 95%, donde podemos denotar que el testigo tiene suscrito el literal (a), lo que quiere decir que en estas parcelas hubo mayor porcentaje de llashipa presente, mientras que la dosis de agroquímico de mayor eficacia en cuanto a menor porcentaje de llashipa presente en las parcelas es la Mezcla (Pastar+ Mapkill), denotado con la letra (c), valor que se refleja en el **Cuadro 21**, en cuanto al porcentaje de llashipa en los diferentes tratamientos.

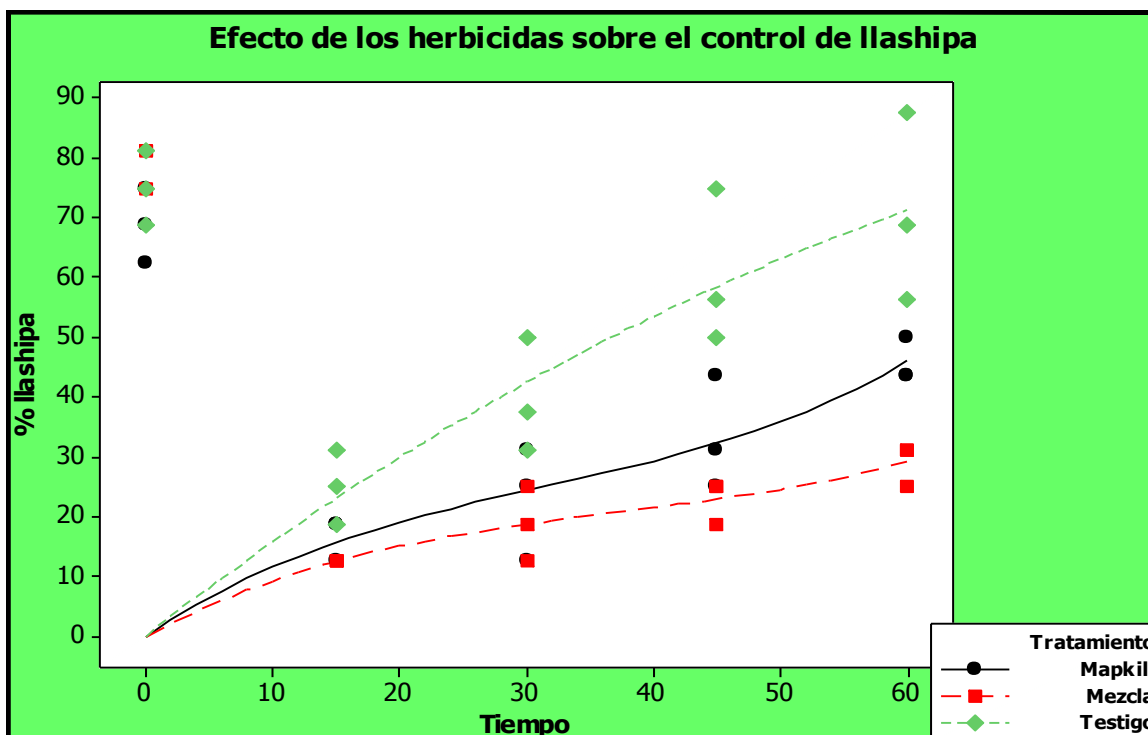


Figura 25. Incidencia del porcentaje de llashipa frente al tiempo del efecto de los herbicidas, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.

En la **Figura 25**, se muestra los porcentajes de malezas presentes, en las diferentes parcelas de estudio durante el lapso que hizo efecto el herbicida, donde denotamos que el tiempo cero los porcentajes iniciales de infestación, realizado el control químico en las dosis descritas (**Cuadro 11**), posterior a la aplicación se denota los datos del efecto de los herbicidas, los mismos que se ven en la gráfica en donde se denota el porcentaje de infestación en las parcelas siendo la mezcla el control de mayor efectividad en cuanto a disminución de la sobrevivencia de la maleza., dato que se corrobora con el análisis de medias o prueba de Tukey (**Cuadro 22**)

4.3. COMPARACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.

Previo a la toma de datos del % de infestación de la llashipa en c/u de las parcelas en investigación (**Anexo 18**) se procedió al análisis y comparación de c/u de los tratamientos donde se ejecutó las diferentes técnicas mencionadas en la metodología. A continuación muestra los datos de campo tomados referente a cada tratamiento, por bloque y por un lapso de tiempo.

Cuadro 23. Promedios de porcentaje de malezas en el área de investigación, evaluación de las técnicas empeladas para el control del arvense, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.

Tratamiento	Porcentaje llashipa /semana					MEDIA
	Inicio	15	30	45	60	
Testigo	75,00	25	39,58	60,42	70,83	48,96
4,5 t ha ⁻¹	64,58	10,42	16,67	22,92	29,17	19,79
3 t ha ⁻¹	68,75	14,58	25	29,17	41,67	27,60
1,5 t ha ⁻¹	62,50	18,75	29,17	37,5	45,83	32,81
Mapkill	68,75	16,67	22,92	33,33	45,83	29,69
Mezcla	79,17	12,5	16,67	22,92	29,17	20,83

Fuente: Datos de investigación de campo, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

En el **Cuadro 23**, se muestran los porcentajes de llashipa presente en los diferentes tratamientos, partiendo de un punto inicial (**Anexo 18; Anexo 19**), posteriormente los datos tomados en campo cada (15 días), (**Anexo 20**) teniendo valores resaltados, que son aquellos que no sobrepasa el rango moderado de infestación, anteriormente mencionado, teniendo en estos a las dosis de 4,5 t ha⁻¹ y la Mezcla de agroquímicos (Mapkill + Pastar), mientras que en segundo orden de relevancia la dosis 3 t ha⁻¹ y al químico Mapkill con valores que fluctúan entre 25 y 30%, mientras con valores que sobrepasan el nivel de tolerancia (>30%) tenemos al tratamiento de la dosis 1,5 t ha⁻¹ y el testigo (Técnica artesanal).

Previo al análisis de varianza (**Anexo 21**), podemos constatar que existe diferencia significativa en cada uno de los tratamientos, sin que exista incidencia de los bloques y de error del sub-muestreo (Tiempo), en base a los datos de campo tomados referentes (**Anexo 20**) podemos constatar que el índice **R²** es mayor al 80% lo que quiere decir que tenemos un alto nivel de confiabilidad de los resultado en el diseño establecido para la comparación de los tratamientos.

En cuanto a la repoblación de malezas (% de cubrimiento de malezas en el área) a los 60 días después de la ejecución de cada una de las técnicas se pudo observar que el manejo químico y orgánico son los que tuvieron el menor porcentaje con respecto al manejo mecánico (testigo), obteniendo valores por debajo de los umbrales permitidos, al

respecto la FAO (2007), menciona que para la determinar estos índices (umbrales) poblacionales se realiza la estimación de cobertura de malezas y que equivale al costo de la medida de control a implementar. De hecho el umbral justifica implementar económicamente una medida de control. La adopción de los umbrales parece más apropiada en aquellos lugares donde predomine una especie de malezas o donde las poblaciones sean menos abundantes.

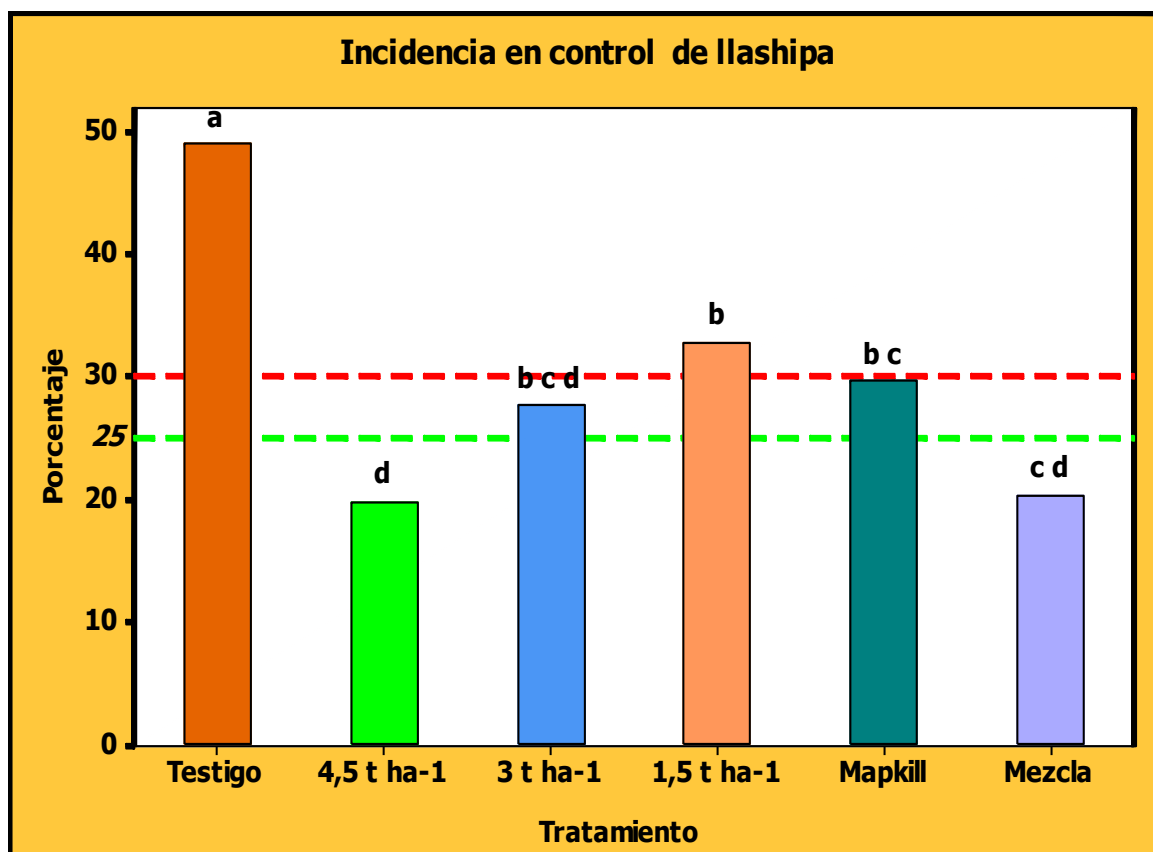


Figura 26. Incidencia en el control de llashipa en cada uno de los tratamientos, sector “Carigan Alto” Loja, octubre 2015.

En la **Figura 26**, se muestra el efecto de los diferentes tratamientos, con respecto a cada una de las técnicas para el control de la maleza (llashipa), donde podemos denotar la diferencia entre cada una obteniendo como mejor resultado la dosis de 4,5 t ha⁻¹ y el la mezcla de los herbicidas (Mapkill + Pastar), como se puede denotar en la gráfica estos dos tratamientos no sobrepasa en la al límite de tolerancia que es <30%, estando dentro del rango óptimo de malezas < 25%, mientras que el testigo con un mayor porcentaje de malezas es en el testigo, teniendo valor promedio que sobrepasan el límite establecido, además podemos corroborar con el subíndice en cada barra del análisis de agrupación de medias mediante la utilización del método de Tukey (**Anexo 22**), donde podemos denotar

que el tratamiento de mayor eficacia en cuanto a menor porcentaje de llashipa es la dosis de 4,5 t ha⁻¹ teniendo como subíndice la letra (d), mientras que es segundo lugar la mezcla de los agroquímicos (Pastar + Mapkill) con un subíndice de (cd), en tercer y cuarto lugar los tratamientos de dosis de 3 t ha⁻¹ y la dosis comercial del herbicida Mapkill y en quinto lugar la dosis de 1,5 t ha⁻¹ y por último el testigo (control artesanal) donde se presentó el mayor porcentaje de llashipa presente en las área de investigación, dato que se puede comprobar en el **Cuadro 23** en cuanto a las medias de cada uno de los tratamientos.

Cuadro 24. Análisis semi-cuantitativo de número de plantas de llashipa, en el área de investigación, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.

Tratamiento	Bloque			MEDIA	Análisis semi-cuantitativo
	I	II	III		
Testigo	144	132	156	144	Alta
4,5 t ha ⁻¹	42	25	21	29	Baja
3 t ha ⁻¹	96	58	54	69	Media
1,5 t ha ⁻¹	98	78	86	87	Media
Mapkill	62	70	47	60	Media
Mezcla	27	36	15	26	Baja

Fuente: Datos de investigación de campo, 2015

Elaboración: El autor, 2015

En el **Cuadro 24**, se muestra el análisis semi-cuantitativo de los valores medios de los datos tomados en campo (**Anexo 23**), donde podemos denotar que la dosis de 4,5 t ha⁻¹ y la mezcla de herbicidas (Pastar + Mapkill), tienen los niveles más bajos de en cuanto a número de plantas por parcela, mientras que las dosis 3, 1,5 t ha⁻¹ y el herbicida Mapkill tienen una interpretación media de acuerdo al análisis semi-cuantitativo (**Cuadro 12**), mientras con el número de plantas más elevado el testigo (Técnica Artesanal), resultados que se correlacionan con el **Cuadro 23**.

En la comparación de cada uno de los tratamientos podemos evidenciar que existe una clara convicción de la efectividad de la técnica orgánica ya que mediante un manejo eficiente de la acidez del suelo se reduce el rango de adaptabilidad del arvense mejorando las condiciones físicas y químicas del suelo para la posterior implementación de un pasto,

mientras que la técnica química redujo la cantidad de malezas presentes en el área de investigación pero con la consecuencia de que las condiciones del suelo siguen siendo las mismas, siendo así el medio óptimo para la proliferación de la maleza, sin embargo en la técnicas artesanal (testigo) que se tomó como variable independiente no hubo un cambio significativo en cuanto a la eliminación del arvense o a la reducción de los medios de adaptabilidad de la maleza.

Cuadro 25. Evaluación del porcentaje pérdida de biomasa de pasto por la incidencia de llashipa, sector "Carigan Alto", Loja, noviembre 2015.

Técnica.	% maleza	Kg ha ⁻¹						(Días)
		Biomasa	Perdida	Biomasa neta	Perdida Desperdicio	Remanen te.	MV (2UBA)	
Testigo	49,0	10000	4.895,8	5.104,2	1.020,8	510,4	3.572,9	36
4,5 t ha ⁻¹	19,8	10000	1.979,2	8.020,8	1.604,2	802,1	5.614,6	56
3 t ha ⁻¹	27,6	10000	2.760,4	7.239,6	1.447,9	724,0	5.067,7	51
1,5 t ha ⁻¹	32,8	10000	3.281,3	6.718,8	1.343,8	671,9	4.703,1	47
Mapkill	29,7	10000	2.968,8	7.031,3	1.406,3	703,1	4.921,9	49
Mezcla	20,3	10000	2.031,3	7.968,8	1.593,8	796,9	5.578,1	56

Fuente: Análisis comparativo, 2015

Elaboración: El autor, 2015

De acuerdo al **Cuadro 23**, referente al porcentaje de pérdida se evaluó la cantidad de biomasa en MV de pasto (Ray grass) que se pierde con la implementación de cada una de las técnicas, obteniendo menor pérdida en la dosis 4,5 t ha⁻¹ y en la mezcla de agroquímicos, así mismo se evaluó los días de pastoreo al incorporar 2UBA/ha obteniendo un rédito de 56 días en ambas técnicas, mientras que en la técnica artesanal se perdió el 49% de biomasa por presencia de la maleza en estudio, dejando así un área libre para 36 días de pastoreo, cabe recalcar que estos datos se evaluaron refiriéndonos a la producción del pasto según ficha técnica (**Anexo 24**) y a al consumo de una UBA por día que es el 10% peso en vivo (1UBA=500kg), además de una comparación con el testigo en cuanto a diferencia en días teniendo un rango de 16 a 28 días.

4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.

En el aspecto económico se analizaron las variables de costos en la implementación de las técnicas por hectárea (**Anexo 26; Anexo 27**) con la inserción de una pastura perenne (Ray Grass “*Lolium perenne*”) (**Anexo 24**) y la frecuencia de la ejecución de la técnica durante lapso producción por un tiempo determinado de 1 año, con la utilización de valores marginales, tomando como referencia los datos del **Cuadro 25**, de los días de pastoreo para obtener el beneficio al pastorear las 2UBA, promediando la producción de leche (5lt/UBA), con un costo de 0,50ctvs/lt, con una frecuencia de dos ordeños/día, datos obtenidos de las estadísticas SICA (2002) para la provincia de Loja.

Cuadro 26. Análisis económico de cada técnica con la frecuencia de aplicación de cada una en el lapso de un año. Loja, noviembre 2015.

Técnica	F	(\$)							
		Costo ha ⁻¹	Valor	Costo Año	Costo ajustado	beneficio ajustado	BN	RNCI	B/C
Testigo	4	1199,5	110	440,0	1639,50	2143,75	504,25	1,40	1,31
4,5 t ha ⁻¹	0	1570,75	0	0,0	1570,75	3368,75	1798,00	2,36	2,14
3 t ha ⁻¹	0	1364,5	0	0,0	1364,50	3040,63	1676,13	2,92	2,23
1,5 t ha ⁻¹	0	1158,25	0	0,0	1158,25	2821,88	1663,63	4,29	2,44
Mapkill	3	1323,8	223	669,0	1992,80	2953,13	1604,03	4,24	2,19
Mezcla	2	1458	315	630,0	2088,00	3346,88	1745,58	3,71	2,09

Fuente: Análisis económico, 2015

(F: frecuencia de la técnica).

Elaboración: El autor, 2015

Tenemos que la mejor técnica en cuanto a RNCI es la dosis 1,5 t ha⁻¹ (4,29ui), que muestra una obtención del 429% más al capital invertido, así mismo las demás técnicas orgánicas, mientras que las técnicas con herbicidas se obtiene un del 424% y 371%, esto se debe a que la técnicas se ejecutan con una frecuencia de 3 y 2 veces al año, al contrario de la técnica artesanal que obtiene una ganancia baja del 12%, dato que debido a la consecutiva frecuencia de control y a al gasto en mano de obra requerido, dato que se puede corroborar con la relación beneficio costo, sin embargo la técnica que se obtiene mayor beneficio neto en la aplicando 4,5 t ha⁻¹, con un valor de \$1798,00.

Cuadro 27. Evaluación de la aptitud de cada técnica para la inserción de pastoreo rotativo, Loja, noviembre 2015.

Técnica	Biomasa 0,25 ha	Perdida (D) 20%	Perdida (% rebrote)	Biomasa neta	Consumo 2UBA kg/día	Días pastoreo	Días recuperación	Aptitud técnica
Testigo	1.276,0	255,21	127,6	893,23	100	9	27	No
4,5 t ha⁻¹	2.005,2	401,04	200,5	1.403,65	100	14	42	Si
3 t ha ⁻¹	1.809,9	361,98	181,0	1.266,93	100	13	38	No
1,5 t ha ⁻¹	1.679,7	335,94	168,0	1.175,78	100	12	35	No
Mapkill	1.757,8	351,56	175,8	1.230,47	100	12	37	No
Mezcla	1.992,2	398,44	199,2	1.394,53	100	14	42	Si

Fuente: Análisis económico, 2015

Elaboración: El autor, 2015

En base a la técnica de pastoreo descrita en el **Anexo 28**, se evaluó la aptitud y recuperación del pasto con la implementación de c/u de las técnicas, dando mayor rédito económico en el control de maleza con herbicidas, en cuanto a la inserción de la técnica, las dosis de cal 4,5 t ha⁻¹ permite una recuperación del pasto efectiva con 14 días pastoreo ¼ ha con 2UBA, obteniendo así mayores beneficios económicos ya que al manejar de esta forma puede prolongar el pastoreo por un lapso de 365 días, obteniendo de tal manera mayor ingresos económicos, con un beneficio marginal de (\$ 3650 x venta de leche/año), y un beneficio neto mayor a \$2000

4.5. DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Se realizó un seminario taller de socialización en el aula del módulo IV, carrera de Ingeniería agronómica, donde estuvieron presentes, el Director de la tesis, docentes, estudiantes, profesionales afines al ámbito agropecuario, para ello se elaboró y se entregó una hoja técnica (**Anexo 31**) en el que se hizo constar los principales aspectos del desarrollo de la investigación.

5. CONCLUSIONES.

- ❖ La dosis de $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ de CaCO_3 ocasionó el mayor incremento del pH del suelo, que en promedio pasó de 4,27 a 5,91; disminuyendo a su vez la concentración promedio de Al^{3+} intercambiable de $1,9 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$ que corresponde a un nivel tóxico hasta cero, mejorando de esta forma las condiciones para la adaptación de un rango más amplio de cultivos disminuyendo a su vez la infestación de la llashipa
- ❖ El Ca^{2+} disponible fue el único macro-elemento que se incrementó significativamente mientras que para los micronutrientes se logró disminuir la toxicidad de Fe^{2+} . No se observó un patrón claro para N, P, K, Cu, Zn y Mn debido a que la mayor disponibilidad de estos elementos es reportada en valores de pH más elevados.
- ❖ La mezcla de los herbicidas (Mapkill + Pastar) y la dosis de $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ de cal, tuvieron mayor eficacia en el control de la invasión de la llashipa, en comparación con el resto de tratamientos.
- ❖ El mayor ingreso económico fue determinado con la dosis de $4,5 \text{ t ha}^{-1}$, mientras que el mayor beneficio costo y RNCI (calculados por biomasa de pasto) se obtuvo con el tratamiento de $1,5 \text{ t ha}^{-1}$ de cal.

6. RECOMENDACIONES.

- ☞ Para futuras investigaciones se recomienda seguir evaluando el efecto de las dosis de cal a largo tiempo, con la incorporación de una pastura a la ejecución de cada una de las técnicas, así poder evaluar el proceso fisiológico del pasto frente al efecto de las diferentes técnicas de control de las malezas que se presentan en los potreros.
- ☞ Implementar en el sector agropecuario la técnica del encalado con la dosis de 4,5 t ha⁻¹ de CaCO₃, ya que la misma obtuvo los mejores resultados en cuanto a incremento de pH, corrección de acidez del suelo, disponibilidad de nutrientes, menor porcentaje de maleza (llashipa) presente y así mismo se adapta a una técnica de pastoreo rotativo.

7. BIBLIOGRAFIA.

1. Aguirre, N, Günter, S, & Stimm, B. (2007). Mejoramiento de la propagación de especies forestales nativas del bosque montano en el Sur del Ecuador. Revista Universitaria, Universidad Nacional de Loja.
2. Alloway, B. J. (2008). Zinc in soils and crop nutrition. (en línea). International Zinc Association Brussels, (Belgium). 140 pág. (fecha de consulta: 20 octubre 2015). Disponible en: www.fertilizer.org/en/images/Library.../2008_IZA_IFA_ZincInSoils.pdf
3. Amabelia P, (2012). Acidez del suelo. (en línea) Docente en Universidad de la República Oriental del Uruguay. (fecha de consulta: 29 de enero 2014). Disponible en: http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/acidez_encalado_impr.pdf
4. Anjos, J & Rowell, D. (1987). The effect of lime on phosphorus adsorption and barley growth in the three soils. (en línea) Plant and soil, 103 (1), 75-82. (fecha de consulta: 28 octubre 2015). Disponible en: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF02370670#close>
5. Bascones, M. E. (2005). Análisis de suelo y consejos de abonado. (en línea) Dra. Ing. Agrónomo. Profesora Titular de INEA. Directora de Calidad del Laboratorio de Análisis Agrícola. (fecha de consulta: 15 octubre 2015). Disponible en: https://www.larioja.org/upload//518266_inea_interpretacion_suelos.pdf
6. Bernier, R., & Alfaro, M. (2006). Acidez de los suelos y efectos del encalado (en línea). Boletín INIA, 151, 13-14. Osorno (Chile): Ministerio de Agricultura. (fecha de consulta: 14 octubre del 2015). Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/79268287/ACIDEZ-DE-SUELO>
7. Bohn, H. L. McNeal, B. L & O`Connor, G. A. (2001). Soil chemistry. (en línea) 3^{ra} Edition, New York, (USA): John Wiley & Sons. (fecha de consulta: 25 octubre 2015). Disponible en: http://samples.sainsburysebooks.co.uk/9780471274971_sample_385432.pdf

8. Brady N.C. and Weil R. R. (2008). *The Nature and Properties of Soils*. 14 ed. Pearson-Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 990 pp. ISBN: 13-978-0-13-227938-3.
9. CAS. (2008). *Conociendo las interacciones Maleza-Cultivo*. (en línea) (fecha de consulta: 29 de enero 2014). Disponible en; www.cas-agro-com.ar
10. Caseley J. C. (2012). Capítulo 10. *Herbicidas. Manejo de malezas para países en desarrollo*. (FAO). (fecha de consulta: 10 de febrero del 2014). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s0e.htm>
11. Castro, H., & Munevar, Ó. (2013). *Chemical improvement of acidic soils through the use of combined liming materials*. (en línea) *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 16(2), 409-416. (fecha de consulta: 30 de octubre 2015). Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo>.
12. Charly. J. (2010): *Pastar 360 SL. Unidad potreros. Ecu química*. (en línea) (fecha de consulta: 03 de febrero del 2014). Disponible en: http://www.ecuaquimica.com.ec/pastar_potreros.html
13. *Crop Nutrition*, (2015). *Phosphorus Effects on Grassland Yield*. (en línea) (fecha de consulta: 03 de noviembre 2015). Disponible en: <http://yara.co.uk/crop-nutrition/crops/grassland/yield/phosphorus/>
14. D'Atri, P. (2006). *Ambiente: Pastizales pródigos y olvidados*. (en línea) IPS. Blog. (Fecha de consulta 03 de febrero 2014). Disponible en <http://www.ipsnoticias.net/2006/12/ambiente-pastizales-prodigos-y-olvidados/>
15. Espinosa J. & Molina E. (1999). *Acidez y encalado de suelos*. (en línea). 1ª Edición. Costa Rica. International Plant Nutrition Institute. (fecha de consulta: 04 noviembre 2015). Disponible en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/libros/Acidez%20y%20encalado%20de%20suelos,%20libro%20por%20J%20Espinosa%20y%20E%20Molina.pdf>
16. Fageria, N. K. (2001a). *Effect of liming on upland rice, common bean, corn and soybean production in cerrado soil*. (en línea) *Pesquisa agropecuaria Brasileira*, 36

- (11) 1419-1424. (fecha de consulta: 04 de noviembre del 2015). Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n11/6816.pdf>
17. Fageria, N. K. (2001b). Response of upland rice, dry vean, corn and soybean to base in cerrado soil. (en línea) *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5 (3), 416-424. (Fecha de consulta: 04 noviembre del 2015). Disponible en: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141543662001000300009ext&tlng=pt>
18. Fageria, N. K. (2009). The use of nutrients in crop plants. (en línea) Boca Raton (FL, USA): CRC Press Lic. ISBN 978-1-4200-7510-6. Pag. 149-150. (fecha de consulta: 26 octubre del 2015). Disponible en: [https://books=PR4&dq=Fageria,+N.+K.+\(2009\).+The+use+of+nutrients+in+crop+plants.+Boca+Raton+\(FL,+USA\):+CRC+Press](https://books=PR4&dq=Fageria,+N.+K.+(2009).+The+use+of+nutrients+in+crop+plants.+Boca+Raton+(FL,+USA):+CRC+Press)
19. Fageria, N. K., Wrigth, R. J. & Baligar, V. C. (1988). Rice cultivar evaluation for phosphorus use efficiency. (en liena) *Plant and soil*, 111 (1) 105- 109. (fecha de consulta: 28 de octubre del 2015). Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5102/art/mendoza_b.htm
20. Falatah, A. M., & Sheta, A. S. (1999). Influence of dissolved organic carbon and initial moisture on zinc sorption by two arid soils. (en línea) *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 13(2), 133-144. (fecha de consulta: 26 octubre del 2015). Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/089030699263375>
21. Fancelli, A. L. (2006). Micronutrientes en la fisiología de las plantas. M Vázquez, 11-27 pp. *Micronutrientes en la agricultura*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina.207pp.
22. Ferraris, G. N. (2011). Micronutrientes en cultivos extensivos. (en línea). Necesidad actual o tecnología para el futuro. In F. O. García, & A. A. Correndo (Eds.), *Simposio Fertilidad* (pp. 121-133). (fecha de consulta: 28 de octubre del 2015). Disponible en: <http://www.profertilnutrientes.com.ar/images/archivos/559.pdf>.

23. Fisher, R. F., & Binkley, D. (2000). Ecology and management of forest soils. (en línea) John Willey and Sons. Inc. New York, USA. (fecha de consulta: 30 de abril del 2015), Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112704004955>
24. Flores G, U. (2012). Determinación de la sustentabilidad en el control de malezas de un sembradío de cítricos mediante cobertura vegetal de *Neonotonia wightii* en un predio del municipio de Tihuatlan Veracruz. (en línea). (fecha de consulta: 30 de abril del 2015). Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30890/1/FloresGlz.pdf>
25. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2007). Recomendaciones para el manejo de malezas. (en línea) 55p. (fecha de consulta: 04 mayo del 2015). Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0884s/a0884s01.pdf>
26. Freya. A. (2009): Ficha técnica Pastar. (en línea) DOW AGROSCIENCES DE MEXICO, S.A. DE C.V. DOW AGROSCIENCES DE MEXICO, S.A. DE C.V. (fecha de consulta: 10 de febrero del 2014). Disponible en: www.dowagro.com/mx
27. Gensemer, R. W., & Playle, R. C. (1999). The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments. (en línea) Critical reviews in environmental science and technology, 29(4), 315-450. fecha de consulta: 12 octubre 2015). Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389991259245>
28. Guzmán, V. (2010). Avances en el diagnóstico de la hematuria vesical Enzootica bovina en el Perú. (en línea) Tesis profesional de Médico Veterinario. Universidad Nacional Mayor De San Marcos - Facultad De Medicina Veterinaria - E.A.P. De Medicina Veterinaria. 83 p. (fecha de consulta: 30 enero del 2014. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/3133/2/T-UTMACH-FCS-PRE-101.pdf>
29. Haynes, R. J. (1982). Effects of liming on phosphate availability in acid soils. (en línea) Plant and soil, 68(3), 289-308. (fecha de consulta: 04 noviembre del 2015). Disponible en: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF02197935#page-1>

30. Herrera, J. M. A. (2004). Aspectos sobre el control de malezas compuestas en pastos dedicados a la ganadería de leche. (en línea). Revista Corpoica, 5 (1). 15 pag. (fecha de Consulta: 29 de enero 2014). Disponible en: <http://www.slideshare.net/camilagiron/11-captulo-3-malezas>
31. Holdridge, L. R. (1967). Life zone ecology. Life zone ecology. (Rev. ed.).
32. Huang, P. M. (1990). Organo-alumino polymer associations and their significance in soil and environmental sciences. (en línea) In Soil colloids and their associations in aggregates (pp. 179-237). Springer US. (fecha de consulta: 12 octubre 2015). Disponible en: http://link.springer.com/chapter/101007/978-1-4899-26111_9#page1
33. Iñiguez, M. (2001). Manejo y Conservación de Suelos y Aguas. ed. Cosmos. Loja, Ecuador. p. 129-130-136.
34. Jacobs, C. A., & Peck, J. H. (1993). *Pteridium*. *Flora of north america editorial committee (FNA Ed. Comm.)*. *Flora of North América North of México*, 2, 201-205.
35. Johnson, C. E. (2002). Cation exchange properties of acid forest soils of the northeastern USA. (en línea) European Journal of Soil Science, 53(2), 271-282. (fecha de consulta: 09 octubre 2015). Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.13652389.2008.01069.x/abstract>
36. Jørgensen, P. M., & León-Y, S. (1999). Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador. (en línea). Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, 75, 1-1181. (fecha de consulta: 14 de marzo del 2014). Disponible en: <http://www.mobot.org/mobot/research/Ecuador/historysp.shtml>
37. Julca, O, A., Meneses-F, L., Blas-S, R., & Bello-A, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. (en línea) Idesia (Arica), 24(1), 49-61. (fecha de consulta: 25 de octubre del 2015). Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292006000100009&script=sci_arttext
38. Kirchoff, G., Blackwell, J., & Smart, R. E. (1991). Growth of vineyard roots into segmentally ameliorated acidic subsoil's. (en línea) In Plant-Soil Interactions at

Low pH (pp. 447-452). Springer Netherlands. (fecha de consulta: 22 de octubre del 2015). Disponible en: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-3438-5_50

39. Kiss, K. & A. Bräuning (2008): El bosque húmedo de montaña. Investigaciones sobre la diversidad de un ecosistema de montaña en el Sur del Ecuador. (en línea) Proyecto de la Fundación Alemana para la Investigación Científica. Unidad de investigación FOR 402. DFG, TMF y Naturaleza y Cultura Internacional. Loja - Ecuador. 64p. (fecha de consulta: 12 de enero del 2014). Disponible en: http://www.naturalezaycultura.org/docs/bosque_humedo
40. Kogan, M. (1992). Malezas, ecofisiología y estrategias de control. Colección en Agricultura. Santiago, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía.
41. Koppen, W. (1936). Das Geographische System der Klima. En W. Koppen y R. Geiger (Eds.). Handbuch der Klimatologie. V. 1. Gebr Borntraeger. Berlín.
42. Lazcano, I. 2005. Cal Agrícola: Conceptos básicos para la producción de cultivos. (en línea) (fecha de consulta: 18 de julio del 2015). Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/5057DEAFC8DE54CC06256AD1005D7CB9/\\$file/cal+agricola+conceptos+basicos+para+la+produccion+de+cultivos.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/5057DEAFC8DE54CC06256AD1005D7CB9/$file/cal+agricola+conceptos+basicos+para+la+produccion+de+cultivos.pdf)
43. Magra, G., & Ausilio, A. (2004). Corrección de la acidez de los suelos. Agromensajes (Argentina), 13, 31-33. (fecha de consulta: 24 de mayo del 2014). Disponible en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/13/9AM13.htm>
44. Mengel, K. Kirkby. EA (1987), Principles of plant nutrition. International Potash Institute, Bern, 367-390.
45. Molina M. Sc. (2008). Manual agrícola (en línea). Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. (fecha de consulta: 12 enero del 2014). Disponible en: http://soprocal.cl/imagenes/pdf/manual_agricola4.pdf

46. Murillo, A. U. (2010). Tecnología de suelos: estudio de casos (Vol. 179). Universidad de Zaragoza.
47. Nambiar, E. S, & Sands, R. (1993). Competition for water and nutrients in forests. (en línea). Canadian Journal of Forest Research, 23(10), 1955-1968. fecha de consulta: 12 enero del 2014). Disponible en: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/x93-247#.VkgwftIvfiw>
48. Navarrete, H. (2001). Helechos comunes de la amazonia baja ecuatoriana. Editorial Simbioe; Quito: Editorial Simbioe, c2001. 152 p.
49. Navarro G. G. & Navarro G. S. (2013). Química del suelo y de los nutrientes esencial para las plantas. (en línea) 3ra Ed. España. 497pag. (fecha de consulta: 15 de octubre del 2015). Disponible en: <http://es.slideshare.net/tiffanyquimic/quimica-agricola-libro>
50. Nufarm. (2009). Hoja técnica. Metsulfuron Metil. (en línea), (fecha de consulta: 22 de mayo del 2015). Disponible en: <http://www.nufarm.com/assets/28116/1/HojatcnicaMetsulfuronMetil60WGNufarm.pdf>
51. Osorno H. (2012). Mitos y realidades de las cales y enmiendas en Colombia (en línea). Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. (fecha de consulta: 18 de marzo del 2015). Disponible en: www.bdigital.unal.edu.co/6834/1/Mitos_y_realidades_de_las_cales_y_enmiendas_en_Colombia_%5BTesis_HOH2012%5D.pdf
52. Padilla, W. (2007). Libro de suelos. CD 3° edición Quito, Ecuador, p. 40
53. Pereira W. J. (2013). Manual de coleta de solos para valores de referência de qualidade no Estado de Minas Gerais. (en línea) Belo Horizonte, 2013. 15 p. il. (fecha de consulta: 10 de febrero del 2014). Disponible en: http://www.feam.br/images/stories/solo/manual_coleta_solos_para_vrqs_projeto_solos_de_minas_feam.pdf

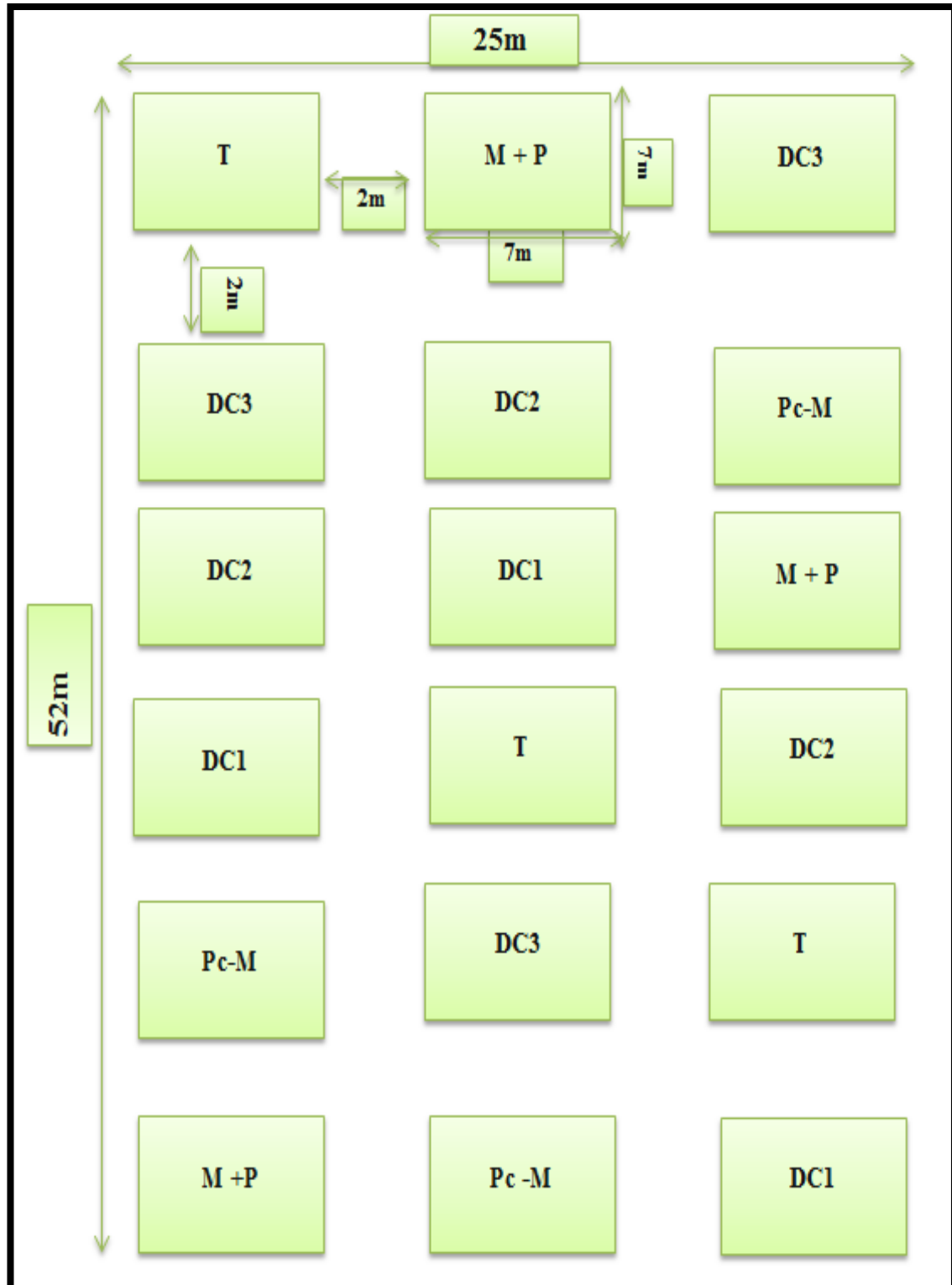
- 54.** Pinilla Q. H. (2010). Acidez de suelo y enmiendas calcáreas. Universidad de La Frontera. Boletín N° 1. Pág. 10.
- 55.** Pro-Agro (2009): Pastar. (en línea). DOW AGROSCIENCIAS DE MEXICO, S.A. DE C.V. (fecha de consulta: 10 de febrero del 2014). Disponible en: www.dowagro.com/mx
- 56.** Ratto, S. E. (2006). Los microelementos en el sistema productivo del área pampeana. (en línea) M Vázquez, 79-112. (fecha de consulta: 26 de octubre del 2015). Disponible en: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3184/095422900782775553#.Vj_zNdIvfiw
- 57.** Reyes C. P. (2010). Bioestadística Aplicada: agronomía, biología, química.-2ª Ed. México: Trillas. 216 p. Disponible en la biblioteca del AARNR (COD: 574.021 2 R579b).
- 58.** Roca, N., Pazos, M. S., & Bech, J. (2007). Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO argentino (en línea). Ciencia del suelo, 25(1), 31-42. (fecha de consulta: 29 octubre 2015). Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672007000100005&script=sci_arttext
- 59.** Rodríguez, H, & Rodríguez, J. (2011). Métodos de análisis de suelos y plantas: criterios de interpretación. 2ª ed. México; Trillas: UANL, 2011. Disponible en la biblioteca del AARNR (cod: 631,41 r635m).
- 60.** Romero C.R, (2008). “Efectos de algunas prácticas, solas y combinadas, para el control de Helechos Pteridium aquilinum en potreros”. Tesis de Grado - FIMCP. Universidad del litoral. (fecha de Consulta: 23 enero del 2014). Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/5348>
- 61.** Sadzawka, A. (2010). Efecto de las enmiendas y de los fertilizantes sobre las características de los suelos. (en línea) Boletín. 12 pág. (fecha de consulta: 24 de octubre del 2015). Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CL19920031344>

- 62.** Sánchez V. A. (2002). Evaluación del metsulfuron en el control del helecho de los pastos (*Pteridium aquilinum*). (en línea). Revista Científica, vol. 12, no 004. (fecha de consulta: 12 febrero del 2014). Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/27702>
- 63.** Sánchez, A. J. (2006). Otras consideraciones etiopatológicas de la hematuria vesical bovina. (en línea) 1er Encuentro Latinoamericano de Expertos en HVB. Memorias. Zaruma, Ecuador. Noviembre 15 al 16. 1-24 pp. (fecha de consulta: 28 de enero del 2014). Disponible en: <http://juanagro.files.wordpress.com/2011/09/etiopatologc3ada-de-la-hematuria.pdf>
- 64.** Servicio de Información y Censo Agropecuario, 2002. (en línea) Base de datos Ecuador. (fecha de consulta: 28 de enero del 2014). Disponible en: www.sica.gov.ec/
- 65.** Sierra, M. (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. (en línea) Proyecto Inefan/Gef-Birf y Ecociencia. Quito-Ecuador. (fecha de consulta: 6 de octubre del 2014). Disponible en: http://www.ecociencia.org/archivos/RSierra_PropVegEcuador_1999-120103.pdf
- 66.** Silva, M. 2012. Hematuria Enzoótica Bovina (HEB). Del sitio web: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/jornada_leche_III/hematuria_enzootica_bovina.pdf.
- 67.** SOPROCAL. (2006). Guía de uso cal agrícola. (en línea), (fecha de consulta: 18 de mayo del 2014). Disponible en: www.soprocal.cl/imagenes/pdf/manual_agricola4.pdf
- 68.** Spain, J. M., & Gualdrón, R. (1991). Degradación y rehabilitación de pasturas. Establecimiento y renovación de pasturas: conceptos, experiencias y enfoque de investigación. Cali: CIAT, 269-283.
- 69.** Sparks, D. L. (2013). Kinetics of soil chemical processes. (en línea) Academic Press. (fecha de consulta: 16 de octubre del 2015). Disponible en: <http://www.udel.edu/soilchem/sparks98fpssc.pdf>

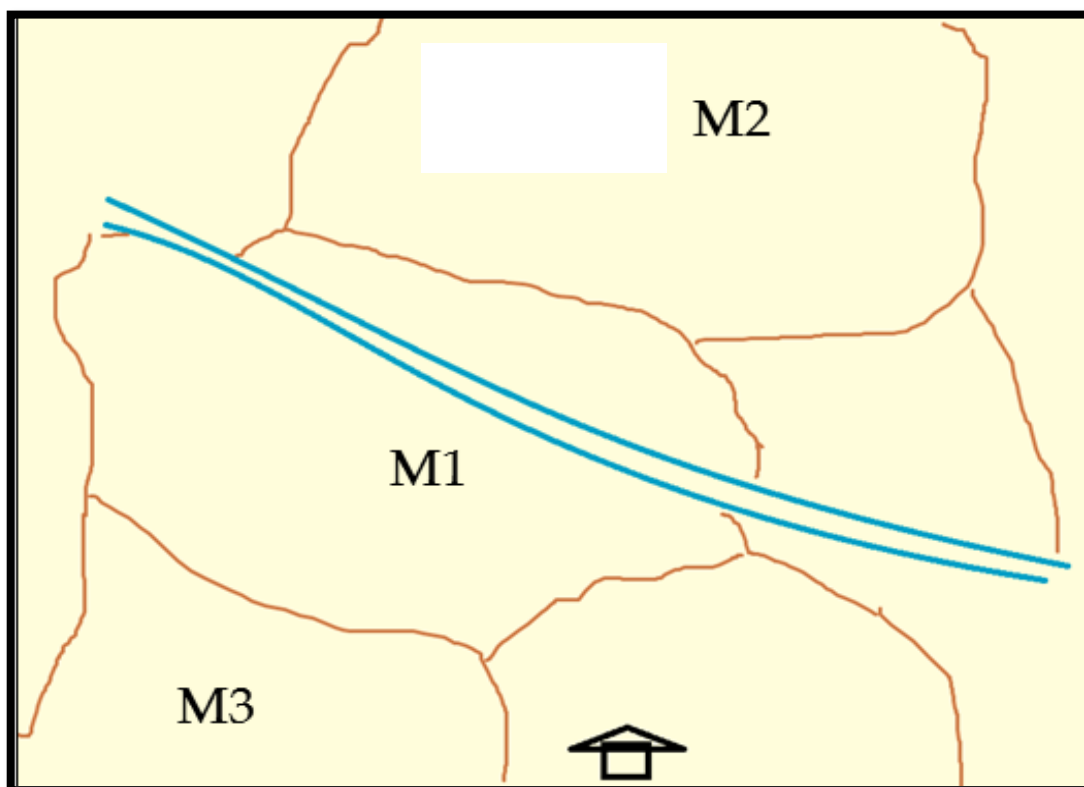
- 70.** Sposito. G. 2008. Chemistry of soils. 2da. Edición. Editorial Oxford University Press. 321 pag.
- 71.** Tan, K. H. (2014). Humic matter in soil and the environment: principles and controversies. (en línea) CRC Press. (fecha de consulta: 12 octubre 2015). Disponible en: <https://www.crcpress.com/>
- 72.** United States Department of Agriculture (2004). Soil survey laboratory methods manual. (en línea) Soil survey investigations report, 42. (fecha de consulta: 15 de octubre del 2015). Disponible en: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051290.pdf
- 73.** Valarezo M. C, et al. 1998. Condiciones físicas de los suelos de la región sur del Ecuador. Loja. Ec. Grafica Cosmos, pág. 227. 1ª ed. Disponible en la biblioteca del AARNR (cód.: 631,6 – V137c).
- 74.** Vasquez, E. R. 2009. Guía de estadística. UNL. Loja, Ecu. 48 p.
- 75.** Villarroel, R, B. (2000). Técnicas de diagnóstico de la fertilidad del suelo. Ing. Agrónomo M.Sc. Centro Regional de Investigación Remehue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. ISSN. 0717-4810.
- 76.** Vitta, J. (2004). Competencia entre Cultivos y Malezas. (en línea) (fecha de consulta: 15 de febrero 2014). Disponible en: www.producción-animal.com.ar
- 77.** Zapata, H. R. (2004). Química de la acidez del suelo. (en línea) Cali, Colombia. ISBN 958-33-6712-5. 208 p. (fecha de consulta: 20 de octubre del 2015). Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1735/>

8. ANEXOS.


Anexo 1. Esquema del Diseño Experimental en Bloques completamente al Azar (BCA) utilizado en el proyecto, sector “Carigan Alto”, Loja, marzo 2015.



Anexo 2. Zonas de muestreo del suelo previo a la implementación del experimento, sector "Carigan Alto", Loja, mayo 2014.



Anexo 3. Resultado de análisis de suelo preliminar a la ejecución del proyecto, Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Suelos, Aguas y Bromatología (AARNR), Loja, julio 2014.



LABORATORIO DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGIA
AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

LASAB

Provincia:	Loja	FECHA DE INGRESO:	11 de junio de 2014
Cantón:	Loja	FECHA DE EGRESO:	02 de julio de 2014
Parroquia:	El Valle	RESPONSABLE:	Miguel Reyes (Velez)
Sector:	Carigan		

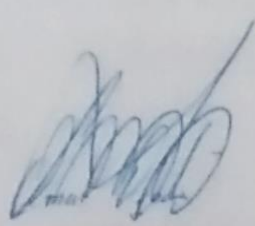
1. RESULTADOS DE ANÁLISIS


Cód. Campo	Acidez intercambiable		
	Al ³⁺ + H ⁺ (meq/100ml)	H ⁺ (meq/100ml)	Al ³⁺ (meq/100ml)
M2	6.1	4.2	1.9
M3	2.0	1.6	0.4

pH
4.27
5.20

2. INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS

Cód. Campo	Acidez intercambiable	
	Al ³⁺ + H ⁺ (meq/100ml)	Al ³⁺ (meq/100ml)
M2	Tóxico	Tóxico
M3	Tóxico	Medio





Ing. Omar Ojeda Ochoa Mg. Sc
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Anexo 4. Calculo de las dosis de encalado aplicar en el área de investigación en base al análisis preliminar.

DATOS:

pH: 4,27

Al³⁺: 1,9meq/100ml

Da: 1,20

Profundidad radicular: 15cm

Correlacionamos los meq de Ca²⁺ y Al³⁺

2meq Ca	1meq Al ³⁺
x	1,9 meq Al ³⁺
x = 3.8 meq Ca	

Pureza Cal agrícola: (CARBONAPAC:

CO₃⁻² 54% y 50,46% CaO)

Peso suelo/ha: 1800000 kg

Calculo de meq CaCO₃ – Ca

CaCO₃= 0,05g = 1meq

Ca= 0,02g= 1 meq


1meq Ca	0,02g Ca
3,8meq Ca	X= 0,076 g/100g suelo
0,05g CaCO ₃	0,02 g Ca
X	0,076 g Ca/100g suelo
X= 0,19g CaCO ₃ /100g suelo	
X= 1,90g CaCO ₃ /kg suelo	
1,90g CaCO ₃	1kg suelo
X	1800000kg
X= 3420000 g CaCO ₃ = 3420 kg CaCO ₃	

Relacionamos con la pureza del CO₃⁻² 54%

3420 kg CaCO ₃	100%
X	CO ₃ ⁻² 54%
X= 6333,33 kg/ha CO ₃ ⁻²	

X= 6 t ha⁻¹CaCO₃ (100%) (4,5 t ha⁻¹= 75%) (3 t ha⁻¹= 50%) (1,5 t ha⁻¹= 25%)

Anexo 5. Formato de los análisis de suelos entregados por el Laboratorio de Suelos, Foliare y Aguas (AGROCALIDAD) Tumbaco, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.

 AGROCALIDAD AGENCIA ECUATORIANA DE ASESORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Via Interoceánica Km. 14 ^a y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-FO01 Rev. 2
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO Hoja 1 de 2	

Informe N°: LP-SFA-EL5-1954
Fecha emisión informe: 02/10/2015


DATOS DEL CLIENTE
 Persona o Empresa solicitante: Miguel Vélez / Agrocalidad Loja
 Dirección: Tebaida Alta Teléfono: 0989564048
 Provincia: Loja Cantón: Loja Correo Electrónico: alexis92_69@hotmail.com
 N° Orden de Trabajo: 11-2015-495
 N° Factura/Documento: 2080 - 2089

DATOS DE LA MUESTRA:
 Tipo de muestra: Suelo Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
 Cultivo: Pasto
 Provincia: Loja X: 692532
 Cantón: Loja Coordenadas: Y: 9562989
 Parroquia: Sucre Altitud: 2538
 Muestreado por: Miguel Vélez
 Fecha de muestreo: 29-07-2015 Fecha de inicio de análisis: 24-09-2015
 Fecha de recepción de la muestra: 24-09-2015 Fecha de finalización de análisis: 01-10-2015

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155721	DC11	pH	Potenciométrico	---	5,90
		Materia Orgánica	Volumétrico	%	11,04
		Nitrógeno	Volumétrico	%	0,55
		Fósforo	Colorimétrico	ppm	16,8
		Potasio	Absorción Atómica	cmol/kg	0,31
		Cálcio	Absorción Atómica	cmol/kg	17,90
		Magnesio	Absorción Atómica	cmol/kg	0,97
		Hierro	Absorción Atómica	ppm	419,2
		Manganeso	Absorción Atómica	ppm	2,65
		Cobalto	Absorción Atómica	ppm	± 0,78
		Zinc	Absorción Atómica	ppm	< 1,68
		Aluminio	Volumétrico	meq/100g	0,00
		Acidez	Botanyocis	%	60
		Lime	Botanyocis	%	32
		Arcilla	Botanyocis	%	8
		Clase Textural	Cálculo	---	Francoso-Artesano

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

 AGROCALIDAD AGENCIA ECUATORIANA DE ASESORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Via Interoceánica Km. 14 ^a y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-842/2372-844/2372-845	PGT/SFA/09-FO01 Rev. 2
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO Hoja 2 de 2	

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-155721	DC11	K*	Absorción Atómica	cmol/kg	0,26
		Ca*	Absorción Atómica	cmol/kg	16,80
		Mg*	Absorción Atómica	cmol/kg	0,98
		Na*	Absorción Atómica	cmol/kg	0,25
		Bases Totales	Cálculo	cmol/kg	18,29
		CIC	Absorción Atómica	cmol/kg	17,90
		Saturación de Bases	Cálculo	%	Saturado

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás, Luis Cacuango

Observaciones:


- Las muestras que se entregaron al laboratorio no son suelos por lo que la clase textural no es 100% efectiva.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (cmol/Kg)	Ca (cmol/Kg)	Mg (cmol/Kg)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
BAJO	<1,0	0-0,15	0-10,0	<0,2	<1,0	<0,33	0-20,0	0-5,0	0-1,0	0-3,0
MEDIO	1,0-2,0	0,16-0,3	11,0-20,0	0,2-0,38	1,0-3,0	0,34-0,66	21,0-40,0	6,0-15,0	1,1-4,0	3,1-6,0
ALTO	>2,0	>0,31	>21,0	>0,4	>3,0	>0,66	>41,0	>16,0	>4,1	>6,1

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA

	Acido	Ligeramente Acido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5,6-6,4	6,5-7,5	7,6-8,0	8,1



AGROCALIDAD
 AGENCIA ECUATORIANA
 DE ASESORAMIENTO
 DE LA CALIDAD DEL AGRO

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

Ing. Rusbel Jaramillo Chamba
 Responsable de Laboratorio
 Suelos, Foliare y Aguas

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

Anexo 6. Resultados del análisis de laboratorio “AGROCALIDAD” de la clase textural de los tratamientos en los diferentes bloques, sector “Carigan Alto”, Loja octubre, 2015.

Trat.	Bloq.	% partículas			Clase textural
		Arena (Ao)	Limo (Lo)	Arcilla (Ac)	
Testigo	I	60	32	8	Franco arenoso
4,5 t ha ⁻¹	I	60	32	8	Franco arenoso
3 t ha ⁻¹	I	62	30	8	Franco arenoso
1,5 t ha ⁻¹	I	62	32	8	Franco arenoso
Testigo	II	58	34	8	Franco arenoso
4,5 t ha ⁻¹	II	58	34	8	Franco arenoso
3 t ha ⁻¹	II	60	32	8	Franco arenoso
1,5 t ha ⁻¹	II	58	34	8	Franco arenoso
Testigo	III	58	34	8	Franco arenoso
4,5 t ha ⁻¹	III	58	34	8	Franco arenoso
3 t ha ⁻¹	III	56	36	8	Franco arenoso
1,5 t ha ⁻¹	III	58	34	8	Franco arenoso

Fuente: Datos análisis de laboratorio Agrocalidad, 2015.

Elaboración: El autor, 2015

Anexo 7. Datos del laboratorio “Sanidad Vegetal” del proceso de incremento en el pH frente al encalado del suelo, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.

pH	SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MEDIA
	Días	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	
BLOQUE 1	Testigo	4,19	4,39	4,16	4,24	4,46	4,78	4,44	4,41	4,14	4,1	4,33
	4,5 t ha ⁻¹	4,28	5,33	6,17	6,02	5,99	5,58	5,83	5,63	5,42	5,62	5,69
	3 t ha ⁻¹	4,21	5,67	5,11	5,31	5,6	5,4	5,42	5,57	4,64	4,85	5,29
	1,5 t ha ⁻¹	4,69	4,7	5,62	5,02	5,84	5,94	5,42	5,58	4,5	5,09	5,24
BLOQUE 2	Testigo	4,38	4,07	3,83	3,94	4,1	4,02	3,89	4,02	3,92	3,76	3,99
	4,5 t ha ⁻¹	4,63	4,63	6,34	6,24	6,3	6,21	5,77	6,19	6,1	5,39	5,78
	3 t ha ⁻¹	4,07	4,81	4,71	4,62	5,88	5,13	5,65	5,48	5,19	5,18	5,17
	1,5 t ha ⁻¹	4,02	5,4	6,31	5,04	5,58	5,82	5,54	5,56	5,41	5,72	5,54

Continuación Anexo 7.

BLOQUE 3	Testigo	4,29	4,04	3,98	3,85	4,23	4,15	3,32	4,3	3,71	4,04	3,99
	4,5 t ha⁻¹	4,31	6,06	6,63	5,64	6,03	5,77	6,16	5,62	5,75	5,07	5,88
	3 t ha⁻¹	4,24	5,92	6,5	5,34	5,57	5,58	5,48	6,36	5,2	5,22	5,63
	1,5 t ha⁻¹	4,5	4,62	5,75	4,62	5,46	6,14	5,29	5,44	5,29	5,19	5,29

Fuente: Datos de campo, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

Anexo 8. Resultado final del análisis de suelo respecto al pH, realizado en los laboratorios de “AGROCALIDAD” (Tumbaco), Loja, octubre 2015

Encalado	Dosis t ha⁻¹	REPETICIONES			MEDIA	
		Tratamiento	I	II	III	Final
T1	0		3,60	3,57	3,67	3,61
T2	4,5		5,90	5,64	6,19	5,91
T3	3		4,93	5,08	5,33	5,11
T4	1,5		4,78	5,7	5,5 1	5,31

Fuente: Datos análisis de laboratorio Agrocalidad, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

Anexo 9. Análisis de varianza para pH, utilizando SC ajustada para pruebas, Loja, octubre 2015.

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC	F	P	
				Ajust.			
Tratamiento	3	8,6172	8,6172	2,8724	39,86	0,000	++
Bloque	2	0,2777	0,2777	0,1389	1,93	0,226	NS
Error	6	0,4324	0,4324	0,0721			
Total	11	9,3274					

Fuente: Análisis estadístico, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

S = 0,268458 R-cuad. = 95,36% R-cuad.(ajustado) = 91,50%

Anexo 10. Resultados obtenidos de la acidez del suelo en los diferentes bloques, análisis realizado por “AGROCALIDAD” (Tumbaco). Loja, octubre 2015.

Tratamiento	Bloque	pH	Acidez Intercambiable (meq/100g)			Interpretación
			Al ³⁺ + H ⁺	H ⁺	Al ³⁺	
Testigo	I	3,6	6,95	5,35	1,6	Toxico /Toxico
4,5 t ha ⁻¹	I	5,90	-0,39*	-0,39*	0	Bajo/Bajo
3 t ha ⁻¹	I	4,93	1,70	1,50	0,2	Toxico/Bajo
1,5 t ha ⁻¹	I	4,78	3,95	3,55	0,4	Toxico/Bajo
Testigo	II	3,57	6,98	5,78	1,2	Toxico /Toxico
4,5 t ha ⁻¹	II	5,64	3,70	3,70	0	Toxico/Bajo
3 t ha ⁻¹	II	5,08	1,35	1,15	0,2	Medio/Bajo
1,5 t ha ⁻¹	II	5,7	3,79	3,79	0	Toxico/Bajo
Testigo	III	3,67	9,12	8,32	0,8	Toxico /Medio
4,5 t ha ⁻¹	III	6,19	1,84	1,84	0	Toxico/Bajo
3 t ha ⁻¹	III	5,33	4,26	4,06	0,2	Toxico/Bajo
1,5 t ha ⁻¹	III	5,51	3,68	3,68	0	Toxico/Bajo

*Resultados entregados por el laboratorio, aunque en la práctica equivalen a cero

Fuente: Datos análisis de laboratorio Agrocalidad, 2015.

Elaboración: El autor, 2015

Anexo 11. Resultado de las bases de cambio (cmol/kg). Análisis laboratorio “AGROCALIDAD” (Tumbaco), Loja, octubre 2015.

Tratamiento	Bloque	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Bases Totales	CIC	% Sat Bases
Testigo	I	0,24	1,68	0,71	0,19	2,82	9,77	29
4,5 t ha ⁻¹	I	0,26	16,8	0,98	0,25	18,29	17,9	Saturado
3 t ha ⁻¹	I	0,35	12,9	1,49	0,26	15,00	16,7	90
1,5 t ha ⁻¹	I	0,41	12,3	1,53	0,21	14,45	18,0	80
Testigo	II	0,31	2,41	1,06	0,19	3,97	10,95	36
4,5 t ha ⁻¹	II	0,26	12,8	0,97	0,25	14,28	17,98	79
3 t ha ⁻¹	II	0,3	16,6	1,07	0,25	18,22	19,57	93

Continuación Anexo 11.

1,5 t ha⁻¹	II	0,22	12,2	0,68	0,25	13,35	17,13	78
Testigo	III	0,16	1,6	0,69	0,20	2,65	11,77	22
4,5 t ha⁻¹	III	0,14	15,3	0,48	0,27	16,19	18,03	90
3 t ha⁻¹	III	0,15	8,72	0,42	0,28	9,57	13,83	69
1,5 t ha⁻¹	III	0,26	11,3	0,84	0,25	12,65	16,32	77

Fuente: Datos análisis de laboratorio Agrocalidad, 2015.

Elaboración: El autor, 2015

Anexo 12. Promedio de porcentaje y relación entre los diferentes cationes de intercambio (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , y Al^{3+}), Loja, octubre 2015.

Tratamiento	Porcentaje intercambiable				
	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Na⁺	Al³⁺
Testigo	2,19	17,51	7,57	1,77	11,08
4,5 t ha⁻¹	1,22	83,29	4,51	1,43	0,00
3 t ha⁻¹	1,60	76,29	5,95	1,57	1,20
1,5 t ha⁻¹	1,73	69,58	5,93	1,36	0,78

Tratamiento	Relación cationes	
	K⁺/Mg²⁺	Ca²⁺/Mg²⁺
Testigo	0,29	2,31
4,5 t ha⁻¹	0,27	18,48
3 t ha⁻¹	0,27	12,83
1,5 t ha⁻¹	0,29	11,74

Fuente: Datos análisis de laboratorio Agrocalidad, 2015.

Elaboración: El autor, 2015

Anexo 13. Resultados de MO, macro y micro nutrientes presentes en el área de investigación, Análisis en laboratorio de “AGROCALIDAD” (Tumbaco), Loja, octubre 2015.

Tratamiento	Bloque	%		ppm	cmol/kg			ppm			
		MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Testigo	I	12,32	0,62	19,9	0,24	1,68	0,71	777,4	0,62	<0,78	<1,60
4,5 t ha⁻¹	I	11,04	0,55	16,08	0,31	17,3	0,97	414,2	2,65	<0,78	<1,60
3 t ha⁻¹	I	14,88	0,74	16,8	0,35	12,9	1,49	433,9	4,78	<0,78	2,16
1,5 t ha⁻¹	I	17,44	0,87	22,5	0,42	12,3	1,29	730,6	5,68	<0,78	2,63
Testigo	II	12	0,6	15	0,31	2,41	1,06	649,4	3,21	<0,78	<1,60
4,5 t ha⁻¹	II	10,72	0,54	7,8	0,28	13,4	0,93	634,3	3,01	<0,78	1,76
3 t ha⁻¹	II	16,8	0,84	17,4	0,3	10,9	0,86	775,7	3,06	<0,78	1,63
1,5 t ha⁻¹	II	10,4	0,52	9,7	0,22	12,2	0,68	659	1,52	<0,78	<1,60
Testigo	III	10,08	0,5	20,09	0,16	1,6	0,69	725,1	0,44	<0,78	<1,60
4,5 t ha⁻¹	III	9,76	0,49	6,2	0,18	14,9	0,54	590,5	1,26	<0,78	<1,60
3 t ha⁻¹	III	11,04	0,55	12,6	0,2	10,3	0,67	630,4	1,41	<0,78	<1,60
1,5 t ha⁻¹	III	11,68	0,58	13,2	0,26	11,3	0,84	463	2,33	<0,78	<1,60

Fuente: Datos análisis de laboratorio Agrocalidad, 2015.

Elaboración: El autor, 2015

Anexo 14. Parámetros para la interpretación de los análisis de suelos para el régimen sierra, laboratorio de Suelos, Foliare y Aguas, “AGROCALIDAD” (Tumbaco), Loja, octubre 2015.

Param.	MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cmol/kg)	(cmol/kg)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
BAJO	<1,0	0-0,15	0-10	<0,2	<1,0	<0,33	0-20,0	0-5,0	0-1,0	0-3,0
MEDIO	1,0-2,0	0,16-0,3	11,0-20,0	0,2-0,38	1,0-3,0	0,33-0,66	21,0-40,0	6,0-15,0	1,1-4,0	3,1-6,0
ALTO	>2,0	>0,31	>21,0	>0,4	>3,0	>0,66	>41,0	>16,0	>4,1	>6,1

Fuente: Datos análisis de laboratorio Agrocalidad, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

Anexo 15. Agrupación de las medias del efecto del encalado frente a los macro y micro nutrientes presentes en el suelo, utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%, Loja, octubre 2015.

Tratamiento	MO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
4,5	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
1,5	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a
3	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a
0	a	a	a	a	c	a	a	a	a	a

Fuente: Análisis estadístico, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

Anexo 16. Promedio en porcentaje de llashipa presente posterior a la aplicación de los herbicidas, sector "Carigan Alto", Loja octubre 2015.

Tratamiento	Bloque	% arvense/Semana				MEDIA
		15	30	45	60	
Testigo	I	18,75	37,5	56,25	68,75	51,25
Mapkill	I	12,5	25	31,25	43,75	33,75
Mezcla	I	12,5	18,75	25	31,25	31,25
Testigo	II	25	31,25	50	56,25	46,25
Mapkill	II	18,75	31,25	43,75	50	42,5
Mezcla	II	12,5	12,5	18,75	25	28,75
Testigo	III	31,25	50	75	87,5	65
Mapkill	III	18,75	12,5	25	43,75	32,5
Mezcla	III	12,5	25	25	31,25	35

Fuente: Datos de campo, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

Anexo 17. Análisis de varianza sobre el efecto de los herbicidas. Ajustando al error del sub-muestreo, Loja, octubre 2015.

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P	
Tratamiento	2	4963,11	4963,11	2481,55	37,83	0,000	++
Bloque	2	197,48	197,48	98,74	1,51	0,244	NS
Error muestreo	9	896,27	149,38	896,27	2,28	0,073	NS
Error	22	1443,14	1443,14	65,60			
Total	35	12329,64					

Fuente: Análisis estadístico, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

S = 8,09922 R-cuad. = 88,30% R-cuad.(ajustado) = 81,38%

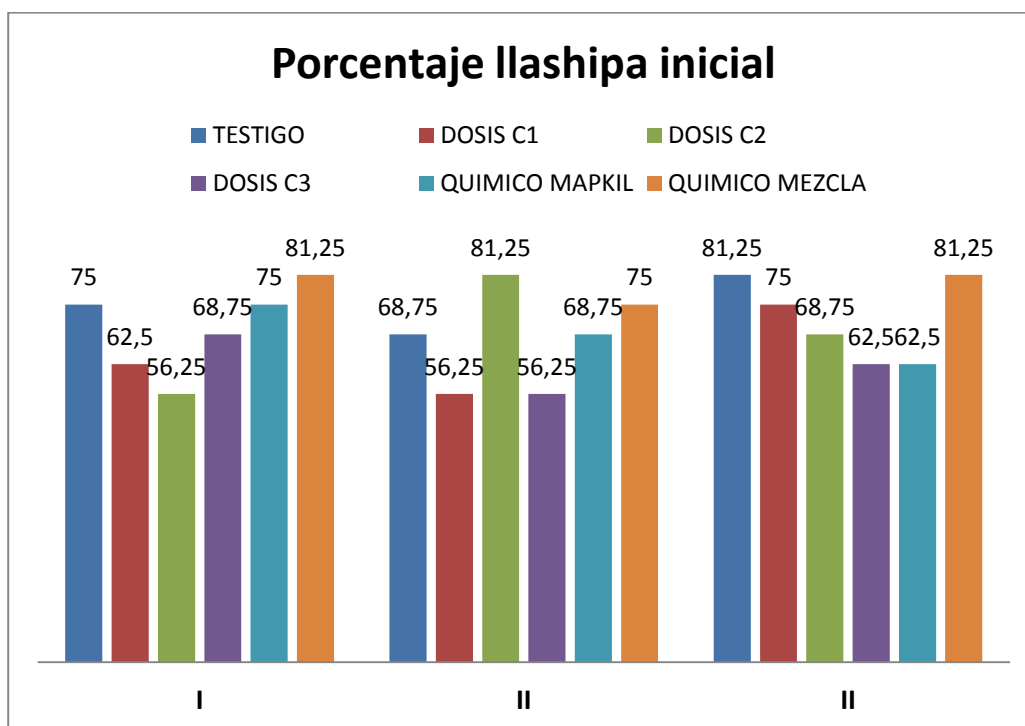
Anexo 18. Dato de campo del porcentaje de llashipa inicial en cada uno de las parcelas/Bloque, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.

% LLASIPA ANTES TECNICA					
Tratamiento/Bloque	I	II	III	TOTAL	MEDIAS
Testigo	75	68,75	81,25	225	75,00
4,5 t ha⁻¹	62,5	56,25	75	193,75	64,58
3 t ha⁻¹	56,25	81,25	68,75	206,25	68,75
1,5 t ha⁻¹	68,75	56,25	62,5	187,5	62,50
Mapkill	75	68,75	62,5	206,25	68,75
Mezcla	81,25	75	81,25	237,5	79,17

Fuente: Datos de campo, 2015.

Elaboración: El autor, 2015

Anexo 19. Gráfica de Porcentaje de llashipa iniciales, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.



Anexo 20. Datos de campo promedios de los porcentajes de llashipa presente a efecto de la implementación de cada técnica en el área de investigación, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.

Tratamiento	Bloque	% arvense/Semana				MEDIA
		15	30	45	60	
Testigo	I	18,75	37,5	56,25	68,75	45,31
4,5 t ha ⁻¹	I	12,5	12,5	18,75	25	17,19
3 t ha ⁻¹	I	12,5	25	18,75	37,5	23,44
1,5 t ha ⁻¹	I	18,75	31,25	37,5	50	34,38
Mapkill	I	12,5	25	31,25	43,75	28,13
Mezcla	I	12,5	18,75	25	31,25	21,88
Testigo	II	25	31,25	50	56,25	40,63
4,5 t ha ⁻¹	II	6,25	18,75	25	31,25	20,31

Continuación Anexo 20.

3 t ha⁻¹	II	18,75	31,25	37,5	31,25	29,69
1,5 t ha⁻¹	II	12,5	25	43,75	43,75	31,25
Mapkill	II	18,75	31,25	43,75	50	35,94
Mezcla	II	12,5	12,5	18,75	25	17,19
Testigo	III	31,25	50	75	87,5	60,94
4,5 t ha⁻¹	III	12,5	18,75	25	31,25	21,88
3 t ha⁻¹	III	12,5	18,75	18,75	37,5	21,88
1,5 t ha⁻¹	III	25	31,25	31,25	43,75	32,81
Mapkill	III	18,75	12,5	25	43,75	25,00
Mezcla	III	12,5	25	25	31,25	23,44

Fuente: Datos de campo, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

Anexo 21. Análisis de varianza de la comparación de los tratamientos con respecto al porcentaje de llashipa presente a efecto de cada técnica implementada, sector "Carigan Alto", Loja, octubre 2015.

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P	
Tratamiento	5	6853,30	6853,30	1370,66	30,09	0,000	++
Bloque	2	118,27	118,27	59,14	1,30	0,283	NS
Error muestreo	18	1119,79	1119,79	74,65	1,64	0,100	NS
Error	46	2095,27	2095,27	45,55			
Total	71	17751,74					

Fuente: Análisis estadístico, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

S = 6,74902 R-cuad.= 88,20% R-cuad. (Ajustado) = 81,78%

Anexo 22. Agrupación de medias, mediante la utilización del método Tukey, comparación de los resultados de porcentajes de llashipa con un nivel de confianza de 99%, sector “Carigan Alto”, Loja, octubre 2015.

Tratamiento	N	Media	Agrupación
Testigo	12	48,96	a
1,5 t ha ⁻¹	12	32,81	b
Mapkill	12	29,69	b c
3 t ha ⁻¹	12	27,60	b c d
Mezcla	12	20,31	c d
4,5 t ha ⁻¹	12	19,79	d

Fuente: Análisis estadístico, 2015

Elaboración: El autor, 2015

Anexo 23. Datos de campo del promedio de número de plantas de llashipa por parcela/cada 30 días, sector “Carigan Alto”, Loja, octubre 2015.

Bloque 30 DIAS						
Tratamiento	I	II	III	TOTAL	MEDIA	ASC
Testigo	84	86	102	272	91	Media
4,5 t ha ⁻¹	38	18	15	71	24	Baja
3 t ha ⁻¹	41	32	32	105	35	Media
1,5 t ha ⁻¹	33	54	73	160	53	Media
Mapkill	55	12	37	104	35	Media
Mezcla	17	29	12	58	19	Baja
60 DIAS						
Testigo	204	178	210	592	197	Alta
4,5 t ha ⁻¹	45	32	26	103	34	Baja
3 t ha ⁻¹	150	84	75	309	103	Media
1,5 t ha ⁻¹	162	102	98	362	121	Media
Mapkill	69	128	57	254	85	Media
Mezcla	36	42	18	96	32	Baja

Fuente: Datos de campo, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

Anexo 24. Ficha técnica del pasto "Ray grass" referencial en el análisis comparativo y económico de cada una de las técnicas implementadas, sector "Carigan Alto", Loja, noviembre 2015.

Ficha Técnica "RAY GRASS"

Lolium perenne

- ❖ **Nombre Vulgar:** Ray grass perenne o inglés.
- ❖ **Nombre Científico:** *Lolium perenne*
- ❖ **Origen:** *Lolium perenne* (Zona templada Asia y Norte de Europa).
- ❖ **Condiciones Edafoclimáticas:**
 - **Altitud:** 2200-3200msnm.
 - **Temperatura:** 15-22°C **Óptima:** 16-18°C
 - **Precipitaciones:** 12-25mm/semana.
 - **Suelo:** Arcillosos.
 - **pH:** 5
 - **Humedad:** 76.7%
- ❖ **Producción biomasa/Ha:** Perenne (10tn/ha/verde-3.5tn/ha/M.S.)
- ❖ **Cantidad de Semilla Asexual/Sexual:** 20 a 40 Kg/ha de semilla (*Lolium perenne*).
- ❖ **Número de Cortes:** 6 año
- ❖ **Composición Química:**
 - P.B: 16.8%
 - M.S: 23.3%
 - F.B: 27.8%
 - Digestibilidad: 74.5%
- ❖ **Altura de Corte:** 5-10cm.

Anexo 25. Determinación de los requerimientos para realizar los costos de producción de cada técnica con la inserción de una pastura, sector "Carigan Alto", Loja, noviembre 2015.

Lista de requerimientos	
	<ul style="list-style-type: none"> • Renta de tierra • Preparación del suelo: tractor • Mano de obra • Cal agrícola • Químicos (Pastar + Mapkill) • Semilla Ray grass (40 kg) • Herramientas: Palas, machetes, bomba de fumigación. • Transporte.

Clasificación de los requerimientos.

Elemento	Requerimiento	Fijo	Variable
Materia prima e insumos	Cal Agrícola		X
	Herbicidas		X
	Semilla pasto		X
Mano de obra y personal técnico	Jornales		X
	Asesor técnico	X	
Gastos generales	Herramientas	X	
	Transporte		X
	Alquiler de tractor	X	
	Renta de tierra	X	

Fuente: Análisis económico, 2015.

Elaboración: El autor, 2015

Anexo 26. Ejemplo de cálculo de costos de inversión real en la implementación de la técnica (4,5 t ha⁻¹), Loja, noviembre 2015.

COSTO REAL TECNICAENCALADO (4,5 t ha⁻¹)				
Actividad	Unidad Medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Ejecución técnica				
Arado del suelo	Horas	5	20	100
Cal agrícola	t ha ⁻¹	4,5	125	562,5
Mono obra	jornales	3	15	45
FIJOS				707,5
Semilla pasto	Kg ha ⁻¹	40	2,5	100
Siembra	jornales	5	15	75
COSTOS DIRECTOS				175
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS				882,5
Administración	%	10		88,25
Arrendamiento tierra	ha	1	600	600
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS				688,25
COSTO TOTAL				1570,75

Fuente: Análisis económico, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

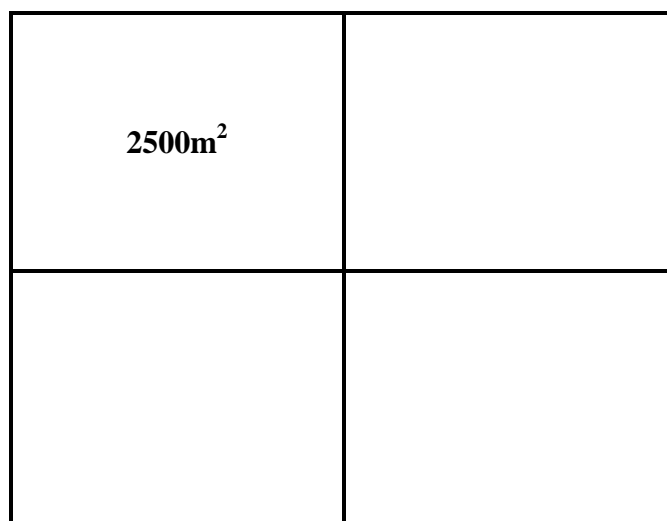
Anexo 27. Resumen del análisis de costo de producción de cada técnica ampliado a una hectárea, Loja noviembre 2015.

Técnica.	Costo Fijos	Mano de Obra	Costo Insumos y Servicios	Costo Total
Testigo (T. Artesanal)	704,5	135	360	1199,5
DOSIS 1 (4,5 t ha⁻¹)	688,25	120	762,5	1570,75
DOSIS 2 (3 t ha⁻¹)	669,5	120	575	1364,5
DOSIS 3 (1,5 t ha⁻¹)	650,75	120	387,5	1158,25
Q. Mapkill	825,8	120	378	1323,8
Mezcla (Mapkill+ Pastar)	838	150	470	1458

Fuente: Análisis económico, 2015.

Elaboración: El autor, 2015.

Anexo 28. Técnica pastoreo en una hectárea subdividida en 4 potreros. Loja, 2015.



Pasto. Ray grass perenne.

Carga animal: 2UBA (Unidades bovinas adultas)

Recuperación pasto: 40 días promedio.

Consumo 1UBA/día: 10% peso vivo (50kg promedio)

Costo mantenimiento: \$4 día/UBA

FICHA TECNICA MAPKILL 60% WG

Herbicida sistémico formulado en gránulos dispersables en agua que disminuye los riesgos de hematuria en bovinos, el único que controla helechos y mortiños en potreros. (Charly. 2010)

Ingrediente activo: Metsulfuron -Metil

Dosis: 15 gramos en 200 litro de agua

Es absorbido a través de follaje y raíces de las plantas, inhibiendo el crecimiento. Los síntomas son clorosis y enrojecimiento internerval que serán apreciados desde 1 a 3 semanas después de la aplicación dependiendo de las condiciones ambientales, el tamaño y la susceptibilidad de la maleza. La actividad residual de Metsulfuron permite el control de muchas malezas que germinan después del tratamiento. El grado de control y duración del efecto herbicida dependen del espectro, tamaño, densidad y variabilidad de las malezas, condiciones de crecimiento previas y siguientes a la aplicación, cantidad de lluvia caída y cobertura de la aplicación. (Nufarm. 2009).

MECANISMO DE ACCIÓN: El Metsulfuron-Metil es de absorción y translocación sistémica, actúa inhibiendo la enzima acetolactato sintetasa (ALS), también llamado AHAS, que es la enzima clave para la biosíntesis de los aminoácidos como leucina, isoleucina y valina.

COMPATIBILIDAD: es compatible con otros herbicidas para arroz. Use surfactantes y penetrantes.

TOXICIDAD: Categoría Toxicológica IV. (Franja verde).

FICHA TECNICA PASTAR

Es un herbicida sistémico selectivo a los pastos con bases en Aminopyralid y 2,4-D, desarrollado para el control de malezas de hoja ancha en potreros, tipos herbáceas, semileñosos y leñosas. La eficiencia de Pastar en el control de malezas de hoja ancha incrementa la carga de pasto por potreros ($t\ ha^{-1}$), lo cual repercute en mayor ganancia de peso y/o producción de leche y mayor rentabilidad para el ganadero. (Freya. 2009).

Ingredientes activos:

Aminopyralid: sal triisopropanolamina del ácido 4-amino-3,6- Dicloropiridina-2-ácido carboxílico (con un contenido no menor de 51.98% de ácido aminopyralid)

DOSIS: 1.0 L de PASTAR* en 100 L de agua.

RECOMENDACIÓN: Aplicar en pastos establecidos, preferentemente cuando la maleza tenga de 10 a 40 cm de altura y se encuentre en pleno crecimiento. Evite el pastoreo en las áreas tratadas por lo menos 7 días después de la aplicación. (Pro-Agro 2009)

Los mejores resultados se obtienen en época de lluvia cuando la maleza se encuentra en crecimiento activo y con abundante follaje. No aplique PASTAR* bajo condiciones de sequía, abundante floración o en terrenos inundados. (Pro-Agro 2009)


Se recomienda evitar el pastoreo posterior a su aplicación por tres a cuatro semanas para permitir la recuperación del potrero.

Periodo de reentrada al área tratada: 24 horas.

INCOMPATIBILIDAD: Si se desea mezclar, la mezcla se hará con productos registrados en los cultivos de la etiqueta.

FITOTOXICIDAD: PASTAR* es fitotóxico a todos los vegetales de hoja ancha por lo que se debe de evitar que entre en contacto con cultivos y plantas deseables susceptibles al ingrediente activo del PASTAR*.


Anexo 31. Hoja técnica entregada en la socialización de resultados de tesis, Loja, noviembre 2015.



1859

"EFECTO DE LA CORRECCIÓN DE LA ACIDEZ DEL SUELO, Y LA APLICACIÓN DE HERBICIDAS EN LA ERRADICACIÓN DE LA LLASHIPA "*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon"

Director: Ing. Agr. Pablo Alvarez Figueroa. Mg. Sc.
Autor: Miguel Alexis Vélez Espinoza.




INTRODUCCIÓN.

La acidez en la mayoría de los suelos de la Sierra y Amazonia provoca que se creen condiciones favorables para ciertas malezas-(llashipa), las mismas que es demasiado agresiva cubriendo toda el área de los pastizales y a su vez eliminando al mismo, haciendo estas zonas infértiles e inservibles. La rápida expansión de la maleza sobre los pastizales genera un enorme problema en el Sur del Ecuador solamente después de unos años de uso, los pastizales deben ser abandonados o renovados, porque la maleza los invade con rapidez (Kiss, & Brauning, 2008).

OBJETIVOS PLANTEADOS.

- Determinar el efecto de la corrección de la acidez del suelo mediante la aplicación de tres dosis de cal agrícola (CaCO₃), en la erradicación de la llashipa.
- Evaluar el efecto del herbicida Mapkill y la mezcla del mismo con Pastar en la eliminación de la llashipa, probando la efectividad de la dosis comercial.
- Determinar la relación beneficio-costo de cada una de las variables de investigación, mediante la aplicación del índice RNCI.

UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.



UBICACIÓN DEL CANTÓN LOJA, EN EL CONTEXTO PROVINCIA DE LOJA

UBICACIÓN GEOGRÁFICA.
Latitud: 3°57'16.4"S.
Longitud: 79°15'55.1"W.
Altitud: 2540 m.s.n.m.

UBICACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN. SECTOR "CARIGAN ALTO", LOJA

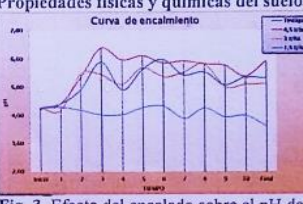
UBICACIÓN POLÍTICA.
Provincia: "Loja"
Cantón: Loja
Parroquia: "Sucre"
Sector: "Carigan Alto"

UBICACIÓN ECOLÓGICA.
Clima: Templado frío
Temperatura: Promedio oscila entre 15 a 18 °C.
Precipitación: 700 a 1200 mm
Zona de vida: Sabana tropical (Köppen 1996)
Bosque de neblina montano (1800-2800 msnm).
Sierra et al. (1999)
Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB) Holdridge (1967)
Suelo: Inceptisoles Mollisol. (Valarezo, 1998).


Fig. 2. Ubicación espacial del área de investigación, sector "Carigan Alto", Loja, noviembre 2015. (Fuente: CINFA 2015.)

RESULTADOS.

Propiedades físicas y químicas del suelo.



Curva de encaliento

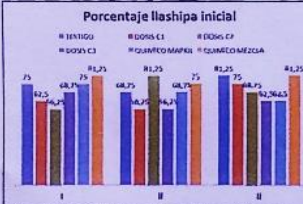


Disponibilidad de cationes tóxicas con respecto al pH

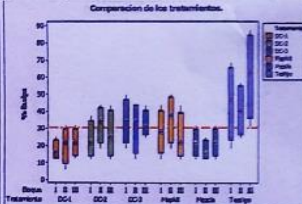
Fig. 3. Efecto del encalado sobre el pH del suelo, y disponibilidad de cationes tóxicas a efecto del CaCO₃ en el suelo.

Se observó que la incorporación de cationes de Ca²⁺, incremento el pH desde 4,27 iniciales, a rangos superiores a 5, dato que se evidencia en la fluctuación de la curva de encaliento, además se redujo la acidez cambiante de un suelo con 1,9 meq Al³⁺, a cero además se puede apreciar en la curva como fluctúan los cationes tóxicos del suelo frente al pH del suelo (Fig. 3).

A pH bajos se bloquean la disponibilidad de macro y micronutrientes en el suelo (Bohn et al. 2001), al elevar el mismo a unidades >5 estos elementos se vuelven solubles en el sustrato y a su vez asimilables para las plantas (Brady & Weil, 2008)



Porcentaje llashipa inicial



Comparación de los tratamientos.

Fig. 4. Estado inicial de las parcelas y efecto de cada una de las técnicas sobre la eliminación de la llashipa, sector "Carigan Alto", Loja, noviembre 2015.

Inicialmente con rangos de % de infestación de la maleza mayores al umbral permitido (<30%), posterior a la inserción de cada una de los tratamientos se observó que la dosis de 4,5t/ha y mezcla de herbicidas (Mapkill + Pastar) no sobrepasa el rango permitido tal como se describe en la Fig. 4.

DISEÑO EXPERIMENTAL (BCA).

Cuadro 1. Tratamiento a implementar. Loja, noviembre 2015.

Nro.	Código	Descripción.
1	T	Testigo absoluto. (Técnica Artesanal)
2	DC1	Tratamiento corrección del 75% acidez (4,5 t/ha)
3	DC2	Tratamiento corrección del 50% acidez (3 t/ha)
4	DC3	Tratamiento corrección del 25% acidez (1,5 t/ha)
5	Pc-M	Producto comercial Mapkill
6	M + P	Mezcla de herbicidas (Mapkill + Pastar)




Fig. 1. Parcelas en el área de investigación (Área: 1300m²), sector "Carigan Alto" Loja noviembre 2015

HIPOTESIS.

Ho: El efecto de la aplicación de cal y control químico en la eliminación de la llashipa es estadísticamente igual al nivel del 5% de significancia.
H1: La aplicación de cal y control químico en la eliminación de la llashipa difiere estadísticamente al nivel del 5% de significancia.

VARIABLES EVALUAR.

- Propiedades físicas y químicas del suelo antes y después del encalado.
- Aplicación del herbicida Mapkill y la mezcla del mismo con Pastar.
- Rango de eliminación de llashipa y comparación de c/u de los tratamientos.
- Comparación c/u de los tratamientos en relación al beneficio costo y la efectividad (RNCI).

METODOLOGIA.

Se realizó un análisis de suelo inicial (pH: 4,27 extremadamente ácido; Acidez I: Tóxico/tóxico), en base a estos resultados definió las dosis de CaCO₃, aplicar (Cuadro 1), se evaluó que el área presente >30% infestación (llashipa), posterior se ejecutó la técnica artesanal (Macheteo) a todas las parcelas, se sacó 3 muestras de suelo (1/Bloque), aplico las dosis de CaCO₃ al voleo, monitoreo el pH (10 semanas), cuando el arvense estuvo de 14 a 20cm H, se aplicó los herbicidas en la dosis comercial, posterior a la ejecución de cada técnica se monitoreo el % de maleza (3 meses), culminado el encubado de la cal se sacó 9 muestras de suelo (1/parcela), realizo los análisis laboratorio (Agrocalidad), finalmente se evaluó los resultados obtenidos; analítica, comparativa, estadística y económicamente cada una de las técnicas evaluadas.

CONCLUSIONES.

- La dosis de 4,5 t/ha de CaCO₃ obtuvo mejor respuesta en cuanto a incremento de pH (>5,5), reduciendo la acidez de un suelo tóxico a bajo.
- La aplicación de la mezcla de los herbicidas y la dosis 4,5t/ha controló en mayor porcentaje la incidencia de la maleza, (< pérdida de biomasa).
- Económicamente la técnica de 1,5t/ha obtuvo mayor B/C y RNCI, sin embargo la técnica de 4,5t/ha y mezcla de agroquímicos son las que mejor se adaptaron a un sistema de pastoreo rotativo.

BIBLIOGRAFIA.

- Bohn, H. L. Mc. Neil, B. L. Y. O'Connor, G. A. (2001). Soil chemistry. 3^{ra} Edition, New York, (USA): John Wiley & Sons.
- Brady N.C. and Weil R. R. (2008). The Nature and Properties of Soils. 14 ed. Pearson-Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 990 pp.
- Kiss, K. & A. Bräuning (2008): El bosque húmedo de montaña. Unidad de investigación FOR 402. DFG. TMF v NCI. Loja - Ecuador. 64n