



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**ESCUELA DE INGENIERIA ZOOTÉCNICA**

**“EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LOS PASTIZALES  
PRODUCIDOS POR EL PROCESO ERUPTIVO DEL VOLCÁN TUNGURAHUA  
EN LA HACIENDA CHOGLONTUS”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del título de:**

**INGENIERO ZOOTÉCNISTA**

**AUTOR**

**ANDRES NORBERTO HARO HARO**

**Riobamba – Ecuador**

**2011**

Esta tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal

---

Ing. M.C. Hugo Estuardo Gavilánez Ramos.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. M.C. Luis Eduardo Hidalgo Almeida.  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

Ing.M.C. Wilfrido Neptalí Capelo Báez.  
**ASESOR DE TESIS**

Riobamba, 20 de Junio del 2011

## DEDICATORIA

## **AGRADECIMIENTO**

## RESUMEN

En la Hacienda Choglontus, en la Comunidad el Manzano, cantón Penipe, se realizó la evaluación del impacto ambiental en los pastizales producidos por el proceso eruptivo del volcán Tungurahua, utilizando una estadística descriptiva de medias y porcentajes, para lo cual se efectuó una pre auditoria, auditoria y una post auditoria de los impactos existentes. Por lo que se considera que los efectos de la erupción volcánica del Tungurahua afectan significativamente el medio ambiente, contaminando el aire, suelo y agua pues destruye la vegetación de las praderas y sus alrededores, provoca enfermedades en los animales y llena de ceniza el agua. El análisis de varias muestras de cursos de agua indicó un pH cercano a neutro, con bajo nivel de nitrógeno total los sólidos disueltos y cloruros son altos. El uso actual del suelo de la hacienda Choglontus está dado por especies como son el kikuyo, ray grass y pasto azul que han logrado adaptarse a condiciones adversas, convirtiéndose en una buena alternativa para la alimentación del ganado. En general las cenizas analizadas corresponden a material inerte, con baja concentración de elementos nutritivos disponibles. Son más pobres que el suelo subyacente y, por lo tanto, no representan un aporte nutricional, pero en investigaciones realizadas se ha demostrado que luego de varios años se revertirá el valor nutricional del suelo haciéndoles muy productivos. Por lo que se recomienda realizar labores culturales en los pastizales de la hacienda para mantener la fertilidad del suelo y su capacidad de producir granos y forrajes.

## ABSTRACT

An environmental impact assessment in the grasslands produced by the Tungurahua Volcano eruptive process was done at “Choglontus” farm located in “El Manzano” Community that belongs to Penipe parish by using descriptive statistics of means and percentages; to accomplish the purpose a pre, during and after audit was performed to make evident the existing impacts. According to the results obtained, it is considered that the effects of the Tungurahua volcano eruption significantly influence the environment polluting the air, soil and water because it destroys the vegetation in the grasslands and the surroundings; it also provokes diseases in the animals and contaminates the water with the ashes. The analysis of different samples of the water in the rivers showed a pH that is very close to neutral, with a very low level of total nitrogen meanwhile dissolved solids and chlorides are very high. Currently the soil at “Choglontus” farm is occupied by some species like “kikuyu” (a strapping grass which spreads by rhizomes), ray grass and blue grass that have adapted to the adverse conditions and have become a good alternative to feed the cattle. In general, the analyzed ashes correspond to an inert material with a low nutrients concentration available. The resulting soil is poorer than the underlying soil and therefore it cannot be considered as a good nutritional source. Although in a previous research done it has been demonstrated that after several years this process will be reversed and it will turn into a much productive one. It is recommended to develop agricultural work in the grasslands of this farm to keep the fertility of the soil and its capacity to produce grain and forage.

## CONTENIDO

	Pág
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Anexos	ix
Lista de Fotografías	x
<b>I. <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>1</b>
<b>II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u></b>	<b>3</b>
<b>A. IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>3</b>
<b>B. ACTIVIDAD VOLCÁNICA</b>	<b>4</b>
<b>C. CENIZA VOLCÁNICA</b>	<b>4</b>
<b>D. FORMACIÓN</b>	<b>5</b>
<b>E. ERUPCIONES VOLCÁNICAS</b>	<b>5</b>
<b>1. <u>Erupciones explosivas</u></b>	<b>6</b>
<b>2. <u>Erupciones efusivas</u></b>	<b>6</b>
<b>F. IMPACTOS EN EL MEDIO AMBIENTE</b>	<b>6</b>
<b>1. <u>Alteración de la calidad del aire</u></b>	<b>6</b>
<b>2. <u>Impacto en la calidad del agua</u></b>	<b>7</b>
<b>3. <u>Alteraciones en la calidad del suelo</u></b>	<b>7</b>
<b>4. <u>Efectos en la agricultura y en la ganadería</u></b>	<b>8</b>
<b>5. <u>Efectos sobre el entorno</u></b>	<b>8</b>
<b>a. Tormenta de cenizas</b>	<b>8</b>
<b>b. Flujos de fuego</b>	<b>8</b>
<b>c. Avalanchas de barro</b>	<b>9</b>
<b>d. Ríos de lava</b>	<b>9</b>
<b>e. Gases y lluvia ácida</b>	<b>9</b>
<b>G. COMPOSICION DE LA CENIZA DEL VOLCAN TUNGURAHUA</b>	<b>10</b>
<b>H. ACERCA DE LOS EFECTOS DE LA CENIZA VOLCANICA         SOBRE LA SALUD HUMANA</b>	<b>12</b>
<b>1. <u>A nivel del aparato respiratorio</u></b>	<b>12</b>
<b>2. <u>A nivel de la piel</u></b>	<b>13</b>
<b>I. ANTECEDENTES IMPORTANTES A CONSIDERAR EN LAS</b>	<b>13</b>

	<b>ERUPCIONES VOLCÁNICAS EN EL ECUADOR</b>	
J.	<b>NARRATIVA DE LOS ACONTECIMIENTOS</b>	14
K.	<b>MORBILIDAD ANTES Y DURANTE LAS ERUPCIONES EXPLOSIVAS DEL VOLCAN TUNGURAHUA</b>	15
L.	<b>EMISIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y SUS EFECTOS</b>	18
1.	<u>Actividad volcánica</u>	19
2.	<u>Efectos en diversos organismos</u>	20
3.	<u>Efectos en poblaciones humanas y mecanismos de daño</u>	22
4.	<u>Los volcanes alteran el medio ambiente</u>	24
III.	<b><u>MATERIALES Y MÉTODOS</u></b>	26
A.	<b>LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO</b>	26
1.	<u>Características del lugar</u>	26
B.	<b>MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES</b>	27
C.	<b>TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	27
D.	<b>MEDICIONES EXPERIMENTALES</b>	28
E.	<b>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</b>	28
F.	<b>METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN</b>	28
1.	<u>Análisis físico y químico del agua</u>	29
2.	<u>Análisis físico y químico del suelo</u>	30
3.	<u>Análisis de aire</u>	31
4.	<u>Estudio de las especies forrajeras y su impacto</u>	31
5.	<u>Muestreo sistemático</u>	31
IV.	<b><u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u></b>	33
A.	<b>REVISIÓN INICIAL AMBIENTAL (RAI)</b>	33
1.	<u>Proceso eruptivo del volcán Tungurahua</u>	33
a.	<u>Recomendaciones</u>	34
2.	<u>Vegetación nativa y pastos cultivados</u>	35
a.	Recomendaciones	36
3.	<u>Destrucción de las praderas</u>	36
a.	Recomendaciones	37
4.	<u>Ganadería y pastoreo</u>	38
a.	Recomendaciones	39
5.	<u>Reservorio de agua</u>	40



a.	Recomendaciones	40
6.	<u>Muestra de agua</u>	41
a.	Recomendaciones	42
7.	<u>Muestra del suelo</u>	42
a.	Recomendaciones	43
8.	<u>Observación de las especies forrajeras</u>	43
a.	<u>Recomendaciones</u>	44
B.	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO	44
1.	<u>Análisis del suelo</u>	44
2.	<u>Análisis del agua</u>	47
3.	<u>Análisis del aire</u>	49
C.	ANÁLISIS DE LAS MATRICES	51
1.	<u>Matriz de manejo ambiental por etapas de producción de pastizales</u>	51
2.	<u>Matriz causa – efecto producido por el proceso eruptivo del volcán Tungurahua</u>	54
3.	<u>Matriz de interacción entre los procesos de producción</u>	56
4.	<u>Matriz cualitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda “Choglontus” y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua</u>	58
5.	<u>Matriz cuantitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán</u>	61
D.	PLAN DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL	68
1.	<u>En cuanto al aire</u>	68
2.	<u>En cuanto al suelo</u>	69
3.	<u>En cuanto al agua</u>	69
E.	APLICACIÓN DEL PLAN DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL	70
1.	<u>Cosecha</u>	71
2.	<u>Preparación del suelo y la pradera</u>	71
3.	<u>Fertilización de la pradera</u>	71
F.	<u>VISIÓN DEL PLAN DE ADMINSTRACION AMBIENTAL</u>	72
1.	<u>Objetivos e impactos esperados</u>	72

a.	Objetivos	72
b.	Impactos	73
G.	PRINCIPIOS DE LAS INTERVENCIONES	73
H.	EJES ESTRATÉGICOS	74
1.	<u>Producción, protección y acceso al agua, saneamiento básico e infraestructura social</u>	74
2.	<u>Producción y valorización de servicios ambientales</u>	76
3.	<u>Gestión local de riesgos</u>	77
a.	Propósito	78
4.	<u>Menú de intervenciones y líneas de acción</u>	78
a.	Propósito 1: Mitigación de la contaminación	78
b.	Propósito 2: Disminución de la degradación del suelo en áreas críticas	79
c.	Introducción de sistemas de agricultura y ganadería conservacionista	81
d.	Propósito 3: Estabilización de la cobertura forestal	81
I.	APLICACIÓN DEL PLAN DE ADMINISTRACION AMBIENTAL EN LA HACIENDA CHOGTUSUG	81
J.	MEDIDAS DE MITIGACION DEL PLAN DE ADMINSTRACION AMBIENTAL	83
1.	<u>Agua</u>	83
2.	<u>Suelo</u>	84
3.	Aire	84
V.	<u>CONCLUSIONES</u>	86
VI.	<u>RECOMENDACIONES</u>	87
VII.	LITERATURA CITADA	88
	ANEXOS	

## LISTA DE CUADROS

N°		Pág.
1.	COMPARACIÓN DE LA CENIZA DEL VOLCÁN PINATUBO BLANCA Y GRIS Y LA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.	10
2.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA.	11
3.	IMPACTO SOBRE LA MORBILIDAD DE LAS AREAS AFECTADAS EN TUNGURAHUA POR LA CAIDA DE CENIZA (1998–1999).	16
4.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN PENIPE.	26
5.	ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL AGUA.	29
6.	ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL SUELO.	30
7.	ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL AIRE.	31
8.	RESULTADOS ANALÍTICOS DEL AGUA DE RIEGO DE LA HACIENDA CHOGLONTUS EN EL MES DE DICIEMBRE.	46
9.	RESULTADOS ANALÍTICOS PROMEDIOS DEL AGUA DE RIEGO DE LA HACIENDA CHOGLONTUS.	48
10.	RESULTADOS ANALÍTICOS DEL AGUA DE RIEGO DE LA HACIENDA CHOGLONTUS EN EL MES DE DICIEMBRE.	50
11.	MATRIZ DE MANEJO AMBIENTAL POR ETAPAS DE PRODUCCIÓN DE PASTIZALES.	52
12.	CAUSA – EFECTO PRODUCIDO POR EL PROCESO ERUPTIVO DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.	55
13.	MATRIZ DE INTERACCIÓN ENTRE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN FORRAJERA DE LA HACIENDA CHOGLONTUS Y LA PRESENCIA DE CENIZA DEL VOLCÁN.	59
14.	MATRIZ CUALITATIVA DE INTERACCIÓN ENTRE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN FORRAJERA DE LA HACIENDA CHOGLONTUS Y LA PRESENCIA DE CENIZA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA EN LA PRADERA.	62
15.	MATRIZ CUANTITATIVA DE INTERACCIÓN ENTRE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN FORRAJERA DE LA HACIENDA	66

**CHOGLONTUS Y LA PRESENCIA DE CENIZA DEL VOLCÁN  
TUNGURAHUA EN LA PRADERA.**

**16. FERTILIZACIÓN DEL SUELO PARA 1000m<sup>2</sup>.**

**71**

**LISTA DE GRÁFICOS**

<b>N°</b>		<b>Pág</b>
<b>1.</b>	<b>Muestreo sistemático.</b>	<b>32</b>
<b>2.</b>	<b>Matriz de manejo ambiental por etapas de producción de pastizales.</b>	<b>48</b>
<b>3.</b>	<b>Matriz Causa – Efecto producido por el proceso eruptivo del volcán Tungurahua.</b>	<b>57</b>
<b>4.</b>	<b>Matriz de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán.</b>	<b>60</b>
<b>5.</b>	<b>Matriz cualitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.</b>	<b>64</b>
<b>6.</b>	<b>Matriz cuantitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.</b>	<b>67</b>

## LISTA DE ANEXOS

N°

1. Matriz de manejo ambiental por etapas de producción de pastizales.
2. Matriz causa – efecto producido por el proceso eruptivo del volcán Tungurahua.
3. Matriz de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.
4. Matriz cualitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.
5. Matriz cuantitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.
6. Análisis del suelo de la hacienda Choglontus por la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.
7. Análisis del agua de la hacienda Choglontus por la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.
8. Análisis del aire de la hacienda Choglontus por la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.

**LISTA DE FOTOGRAFIAS**

<b>N°</b>		<b>Pág.</b>
1.	Proceso eruptivo del volcán Tungurahua.	33
2.	Vegetación nativa y pastos cultivados.	36
3.	Destrucción de las praderas.	37
4.	Ganadería y pastoreo.	38
5.	Reservorio de agua.	40
6.	Muestra de agua.	41
7.	Muestra del suelo.	42
8.	Observación de las especies forrajeras.	44

## **I. INTRODUCCIÓN**

La actividad volcánica es una fuente natural de contaminación, la cual aporta una cantidad considerable de contaminantes, principalmente a la atmósfera. Se ha documentado que dicha actividad representa riesgos para los ecosistemas y las poblaciones humanas que se ubican cerca de los edificios volcánicos, no obstante se ha descrito que incluso organismos que se localizan a distancias considerables de las zonas con actividad volcánica también pueden verse afectados. Dentro de los principales riesgos volcánicos destacan la emisión de ceniza y gases, relacionándose con la cantidad y el número de exposiciones a dichos eventos contaminando y produciendo un impacto en los pastizales que son utilizados para la producción de bovinos y demás especies zootécnicas.

Los resultados de los diversos trabajos experimentales sugieren que la influencia de un factor ambiental, ya sea físico, químico o biológico, representa una fuente potencial de desequilibrio en los sistemas reguladores de los organismos. Por lo que se dice que el grado de afectación de la calidad ambiental por la actividad volcánica se puede valorar tomando en cuenta varios factores como: el área afectada por la erupción, el tiempo que persisten los efectos y residuos del material volcánico, el deterioro de la calidad de los recursos naturales y sus servicios ambientales, la alteración de la calidad de vida y de los servicios públicos.

La presente investigación intenta evaluar y demostrar el impacto producido sobre los pastizales altamente productivos, a causa del proceso eruptivo del volcán Tungurahua ya que las praderas se ha visto afectadas y han presentado una degradación y disminución productiva a partir de la erupción del volcán siendo estas víctimas de la ceniza durante unos 10 años aproximadamente. Además pretende dar respuesta al evento adverso, para lo cual varias organizaciones, tanto seccionales, como gubernamentales y no gubernamentales, apoyaron al sector afectado. Lamentablemente, sin un estudio a fondo sobre todo del factor ambiental, sin articulación y sin elementos comunes que pudieran garantizar la sostenibilidad de las acciones ejecutadas, se provocó que “a unos sectores les



llegue mucha ayuda y a otros poca o ninguna además de no contar con un sistema de aprendizaje sobre lo experimentado. Con el desarrollo de la presente investigación lo que se pretende evaluar el impacto ambiental producido sobre los pastos en la Hacienda Choglontus de la parroquia Puela ya que esta ha sido una de las zonas más productivas del cantón Penipe y proponer un plan de recuperación de la misma.

Por lo que se dará a conocer los resultados obtenidos en función de los problemas en cuanto al impacto en los pastos, mediante un plan de administración de los pastos para la producción sustentable y sostenible de las praderas. En este contexto se permitirá mitigar los riesgos de la actividad volcánica por lo que el objetivo de esta revisión es presentar los riesgos para el medio ambiente y los pastizales asociados con la emisión de ceniza volcánica. Por lo anotado anteriormente se plantearon los siguientes objetivos

- Evaluar el Impacto Ambiental en los pastizales producido por el proceso eruptivo del Volcán Tungurahua en la Hacienda Choglontus.
- Realizar una Revisión Ambiental Inicial (RAI), de los pastizales en la Hacienda Choglontus.
- Elaborar el contenido de matrices de calificación cualitativa y cuantitativa del impacto ambiental en los pastizales de la Hacienda Choglontus.
- Analizar los efectos ocasionados en los pastizales a causa del proceso eruptivo del volcán Tungurahua en cuanto tiene que ver en la calidad del agua, suelo y aire.
- Proponer un plan de administración ambiental para la recuperación de los pastizales y permanencia en una producción sustentable y sostenible del mismo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. IMPACTO AMBIENTAL

La <http://www.helid.desastres.com>.(2010), mantiene que la salud ambiental asegura las condiciones higiénico-sanitarias y ambientales de las comunidades o poblaciones afectadas por la actividad volcánica, tanto en su lugar de origen como en los sitios de refugio o desplazamiento, mediante la implementación de medidas que garantizan el manejo seguro de los siguientes componentes:

- Abastecimiento y disponibilidad de agua potable o agua segura.
- Disposición sanitaria de los residuos sólidos, excretas y aguas residuales.
- Control de vectores y de enfermedades transmisibles.
- Manipulación, almacenamiento y distribución de los alimentos.
- Sanidad animal y el fomento de los hábitos higiénicos.

Rivera, A. (2005), señalan que una gestión ambiental eficaz ante la amenaza volcánica obliga a adoptar, en primer lugar, medidas preventivas. Conforme se desarrolla el evento volcánico se deben implementar medidas que impidan el empeoramiento de la situación preexistente; por ejemplo, responder ante la interrupción de los servicios de saneamiento. Es necesario también tomar acciones de rehabilitación-reconstrucción y mejoramiento de las condiciones ambientales como elemento esencial de atención primaria ambiental.

Luhr, J. (2007), manifiestan que la actividad volcánica es una fuente natural de contaminación, la cual aporta una cantidad considerable de contaminantes, principalmente a la atmósfera, dicha actividad representa riesgos para los ecosistemas y las poblaciones humanas que se ubican cerca de los edificios volcánicos, no obstante incluso organismos que se localizan a distancias considerables de las zonas con actividad volcánica también pueden verse afectados. Dentro de los principales riesgos volcánicos destacan la emisión de ceniza y gases, por la cantidad y el número de exposiciones a dichos eventos.

## **B. ACTIVIDAD VOLCÁNICA**

Según [\(2010\)](http://www.contaminacionvolcanica.com), se han denominado volcanes de mayor riesgo a los que tienen probabilidades de experimentar una erupción explosiva en décadas o en menos tiempo, que carecen de análisis exhaustivo o monitoreo actualizado y que están rodeados por grandes poblaciones. La prevención de riesgos volcánicos depende del tipo de actividad que presente el volcán. Tales actividades van desde las columnas verticales de ceniza con alturas de diez a cuarenta kilómetros, cargadas de fragmentos de variados tamaños, hasta las caracterizadas por la circulación de una emulsión de ceniza caliente y densa, particularmente devastadora debido a su temperatura, que puede alcanzar los 500 °C, y a su velocidad, entre diez y cien metros por segundo.

## **C. CENIZA VOLCÁNICA**

Según [\(2001\)](http://www.cepis.org), la ceniza volcánica es una composición de partículas de roca y mineral muy finas (de menos de 2 milímetros de diámetro) eyectadas por un viento volcánico. La ceniza se genera a partir de la roca cuarteada y separada en partículas diminutas durante un episodio de actividad volcánica explosiva. La naturaleza normalmente violenta de una erupción, incluyendo chorros de vapor de agua (erupción freática), produce como resultado una gran cantidad de magma y tal vez roca sólida que rodea el viento volcánico, torneando las partículas hasta reducirlas al tamaño de granos de arena. La pluma que se ve a menudo sobre un volcán en erupción está compuesta principalmente de cenizas y vapor. La eyección de grandes cantidades de ceniza provoca un cono de cenizas.

Rivera, A.. (2005), señalan que la acumulación de cenizas tiende a cementarse hasta formar capas de una roca llamada toba volcánica. Las partículas más finas pueden ser arrastradas por el viento a lo largo de muchos kilómetros, que dan al paisaje un aspecto "polvoriento" al depositarse. El término piroclasto se refiere a

cualquier material volcánico sólido arrojado al aire durante una erupción. Si se eyecta magma líquido en forma de aerosol, las partículas se solidifican en el aire formando pequeños fragmentos de vidrio volcánico.

#### **D. FORMACIÓN**

<http://www.fulltextceniza.com>.(2010), mantiene que existen tres mecanismos de formación de la ceniza volcánica:

- Liberación súbita de gases atrapados que al descomprimirse provocan erupciones magmáticas Contracción térmica debida a erupciones en agua
- Eyección de partículas arrastradas durante las erupciones de vapor causando erupciones freáticas. La naturaleza violenta de las erupciones volcánicas envueltas en vapor da como resultado que el magma y la roca circundante estallen reduciendo el tamaño del polvo resultante al de micras.
- Si una erupción volcánica ocurre dentro de un glaciar, el agua fría se mezcla rápidamente con la lava creando pequeños fragmentos cristalinos, que pueden crear una gran nube de ceniza rica en pequeños cristales y que son especialmente peligrosos para la aviación.

#### **E. ERUPCIONES VOLCÁNICAS**

Para <http://www.paho.org.com>.(2010), las erupciones son el paso de material (magma), cenizas y gases del interior de la tierra a la superficie. El volumen y magnitud de la erupción variará dependiendo de la cantidad de gas, viscosidad del magma y la permeabilidad de los ductos y chimeneas. La frecuencia de estos fenómenos es muy variable, ya que algunos volcanes tienen erupciones continuas mientras que en otros transcurren miles de años de intervalo. Existen dos clases de erupciones que originan las amenazas volcánicas:

## **1. Erupciones explosivas**

En <http://www.paho.org>.(2010), se indica que se producen por la rápida disolución y expansión del gas que desprenden las rocas fundidas cuando éstas se aproximan a la superficie.

## **2. Erupciones efusivas**

<http://www.paho.spanish>.(2010), mantienen que el flujo de materiales, y no las explosiones en sí, constituyen la mayor amenaza. Los flujos varían en naturaleza (fango, ceniza o lava) y cantidad.

## **F. IMPACTOS EN EL MEDIO AMBIENTE**

<http://wwwrevista.consumer.es>.(2010), dice que una erupción volcánica es susceptible de generar diferentes impactos ambientales, tales como:

### **1. Alteración de la calidad del aire**

Según <http://wwwrevista.consumer.web>.(2011), dependiendo de la magnitud de la actividad volcánica, la primera y a veces la única señal de su actividad para la población circundante es la emisión de una cortina de humo grisáceo o blanco que contiene gases y cenizas, arrojados por la onda explosiva del volcán; esta cortina se dispersa durante mucho tiempo a grandes distancias por las condiciones meteorológicas y climáticas de la región, que sumados a la energía térmica que los transporta, alteran la calidad del aire en la zona. Se pueden considerar a los siguientes como los impactos con mayor incidencia sobre las zonas afectadas:

- La lluvia ácida;
- El efecto de invernadero;

- El vog (volcanic smog) o humo volcánico;
- El escudo solar.

## **2. Impacto en la calidad del agua**

<http://wwwconsumersmedioambiente.com>.(2010), dice que el Impacto en la calidad del agua como consecuencia de erupción volcánica se genera por la precipitación de ceniza volcánica que puede disminuir el pH (ácidos minerales fuertes  $H_2SO_4$ , HCl y HF) del agua superficial de lagos, ríos y quebradas más allá de los límites aceptables y alterar sus características de sabor, olor, color y turbiedad del agua y oxígeno disuelto. Además la contaminación química puede ser potencialmente nociva en el caso de los lixiviados. Los más comunes son lixiviados de Cl,  $SO_4$ , Na, Ca, K, Mg, F y otros elementos, que pueden encontrarse a concentraciones más bajas incluyen Mn, Zn, Ba, Se, Br, B, Al, Si, Cd, Pb, As, Cu y Fe. El exceso de flúor se reconoce como de los más peligrosos lixiviados para humanos y animales. Puede generarse también contaminación biológica debido a muerte de organismos (Mamíferos y peces) en el agua y por crecimiento microbiano en el agua turbia.

## **3. Alteraciones en la calidad del suelo**

Beaglehole R, (1996), mantiene que en un primer momento, el efecto de la acumulación de ceniza y de la lluvia ácida en el suelo es contaminante por los componentes químicos que queman la vegetación e inutilizan el suelo por varios meses. Posteriormente, el suelo puede beneficiarse de un enriquecimiento de sus nutrientes a causa de la reacción química con la ceniza. En los suelos con uso y vocación agrícola, la mezcla de ceniza volcánica con tierra aumenta la fertilidad para los cultivos y cosechas siguientes, favoreciendo así el crecimiento de las plantas y la cobertura vegetal. A diferencia de la caída de ceniza, los lahares, los flujos piroclásticos o los flujos de lava sobre el suelo dañan su potencial agrícola, porque el suelo queda cubierto por gruesas capas de lodo y sólidos inertes, que no permiten su recuperación, ni un fácil aprovechamiento.

#### **4. Efectos en la agricultura y en la ganadería**

Seaman J, (1989), reporta que la agricultura puede afectarse cuando la ceniza se deposita sobre los árboles y las plantas, haciendo que éstas se desgajen o que sus hojas se aniquilen por los depósitos de ácido. Al contaminar la cobertura vegetal, las cenizas afectan indirectamente al ganado cuando éste ingiere junto con el pasto grandes cantidades de ceniza; en algunos casos la ceniza puede provocar la muerte de los animales de pastoreo por inanición y/o intoxicación.

#### **5. Efectos sobre el entorno**

##### **a. Tormenta de cenizas**

La Organización Panamericana de la Salud, (1981), señala que la erupción volcánica expulsa por el aire o por medio de una columna de gases pedazos de lava que, según su tamaño, serán cenizas, arena, bloques. Las cenizas pueden cubrir tierras dedicadas a la agricultura y tejados hasta derrumbarlos, destruir cosechas o impedir las siembras temporalmente. La ceniza es el producto de la combustión de algún material, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles, como sales minerales. Parte queda como residuo en forma de polvo depositado en el lugar donde se ha quemado el combustible y parte puede ser expulsada al aire como parte del humo..

##### **b. Flujos de fuego**

Para <http://wwwconsumersmedioambiente.com>.(2010), las rocas calientes, de muy diversos tamaños y envueltos en gases que se desplazan como un fluido por las laderas de los volcanes, pueden alcanzar temperaturas de varios cientos de grados y velocidades entre los 50 y 150 kilómetros por hora. Se trata de los productos volcánicos más destructivos y mortales, ya que arrasan lo que encuentran a su paso, incluidas construcciones o cualquier forma de vida debido a su fuerza y alta temperatura.

### **c. Avalanchas de barro**

Leivesley S. 1989), manifiestan que se componen de fragmentos de las rocas, la cenizas, los sedimentos y la gran cantidad de agua, es lo que hace que fluyan rápidamente pendiente abajo debido a su gran capacidad de arrastre. Estas avalanchas se llevan suelos, vegetación, rocas y todos los objetos que se encuentran a su paso, formando enormes ríos de lodo y piedras. Han llegado a enterrar poblaciones enteras y a modificar el cauce de grandes ríos.

### **d. Ríos de lava**

Hogg, C. (1989), manifiesta que los ríos de lava se producen por el derrame de roca fundida que emite el volcán, aunque rara vez ocasionan víctimas ya que descienden lentamente. Estos ríos destruyen todo lo que encuentran a su paso por incineración, choque y sepultamiento.

### **e. Gases y lluvia ácida**

Bradshaw. L. (2007), dice que el magma contiene gases disueltos que son liberados por las erupciones hacia la atmósfera, normalmente tóxicas y peligrosas para la vida vegetal y animal. Los gases pueden causar efectos nocivos especialmente en el área cercana al macizo volcánico (5 kilómetros), aunque en algunos países los han provocado hasta a 30 kilómetros de distancia del punto de emisión. La lluvia ácida afecta principalmente los ojos, la piel y al sistema respiratorio de las personas. También causa daños a cosechas y animales que comen la vegetación afectada. En ocasiones, las gotas de lluvia al mezclarse con los gases adheridos a las cenizas pueden causar la lluvia ácida, perjudicial tanto para las personas, animales y vegetación, como para estructuras metálicas. Tormentas eléctricas: los gases y vapores que eructa el volcán favorecen que el aire pueda conducir electricidad producida en las nubes, originando una gran cantidad de rayos y relámpagos. Además, facilita la formación de fuertes aguaceros.



## G. COMPOSICION DE LA CENIZA DEL VOLCAN TUNGURAHUA

Zeballos, J. (1996), mantiene que los resultados de los análisis practicados por del volcán Tungurahua, muestran características de una ceniza gris, a diferencia del volcán Guagua Pichincha que produce ceniza blanca, como se indica en el cuadro 1. Para fines comparativos de la composición química utilizamos información de los estudios del volcán Pinatubo de las Filipinas.

Cuadro 1. COMPARACIÓN DE LA CENIZA DEL VOLCÁN PINATUBO BLANCA Y GRIS Y LA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

ELEMENTO	CENIZA BLANCA Vol. Punatubo	CENIZA GRIS VolPinatubo	CENIZA TUNGURAHUA
SiO <sub>2</sub>	64.19%	64.09%	58%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.69%	16.85%	17.2%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1..93%	2.04%	6.75%
MgO	2.39%	2.58%	3.65%
CaO	5.13%	5.17%	6.52%
Na <sub>2</sub> O	4.42%	4.46%	4.01%
K <sub>2</sub> O	1.51%	1.50%	1.7%
TiO <sub>2</sub>	0.5%	0.5%	0.88%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.19%	0.195	0.35%
MnO	0.10%	0.10	0.10%

Fuente: Zeballos, J. (1996).

Yano, E. (1990 ), demuestra en el cuadro 2, que la composición de la ceniza del volcán Tungurahua es bastante semejante a la ceniza gris del volcán Pinatubo; esto nos obliga a la investigación de Vanadio, Cromo, Cobalto, Níquel, Cobre y Zinc, que son compuestos que la ceniza gris, tiene en mayor cantidad y que son importantes para la salud humana.

Cuadro 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA.

COMPUESTO	VALOR REFERENCIAL	MUESTRA 02- 11-1999	MUESTRA 07- 11-1999	MUESTRA 13- 11-1999
SiO <sub>2</sub>	64.09	58.5	58.3	58.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.85	17.3	17.1	17.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.07	6.81	7	6.91
MgO	2.58	3.68	4.04	3.92
CaO	5.17	6.58	6.6	6.52
Na <sub>2</sub> O	4.46	4.04	3.87	3.93
K <sub>2</sub> O	1.5	1.71	1.68	1.7
TiO <sub>2</sub>	0.5	0.89	0.87	0.88
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.19	0.35	0.33	0.34
MnO	0.1	0.1	0.11	0.11
LOI	0.38	0.49	0.49	0.04

Fuente: Yano, E. (1990 ).

Según <http://www.cepis.org>.(2010), desde el punto de vista de salud, interesa las concentraciones de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) dada su vinculación con la fibrosis pulmonar, sin embargo los diferentes datos de la composición química de ceniza volcánica del Tungurahua arrojan valores bajos en relación al rango de normalidad

## **H. ACERCA DE LOS EFECTOS DE LA CENIZA VOLCANICA SOBRE LA SALUD HUMANA**

Maldonado D. (2005), indica que la ceniza volcánica ataca principalmente al aparato respiratorio, la piel y la conjuntiva de los ojos

### **1. A nivel del aparato respiratorio**

El mismo Maldonado D. (2005), reporta que a nivel del aparato respiratorio superior, produce irritación determinando rinitis, faringitis, amigdalitis, laringitis y empeoramiento de las sinusitis. Los efectos directos sobre las vías aéreas inferiores estarían determinados especialmente por el tamaño de las partículas respirables, partículas suspendidas en el aire de un diámetro menor de diez micrómetros ( $\text{PM}_{10}$ ) y otras menores. Como la ceniza volcánica está constituida especialmente de  $\text{SiO}_2$ , esta sustancia puede producir irritación local y desarrollar silicosis. Los pacientes con silicosis tienen altas tasas de tuberculosis. El Ecuador tiene una prevalencia muy alta de tuberculosis pulmonar según las estadísticas del Ministerio de Salud, especialmente en poblaciones indígenas.

Wister, M. ( 2005), reportan que existen algunas poblaciones indígenas viviendo alrededor del volcán. Las provincias de Chimborazo y Tungurahua han presentado desde hace algunos años prevalencias altas de tuberculosis. Existe por tanto la posibilidad de que personas infectadas, que no presentan la enfermedad, pudieran desarrollarla, activando focos latentes por vía irritativa silicótica por el  $\text{SiO}_2$ . Los pacientes que sufren de hiperreactividad bronquial, los bronquíticos crónicos, los pacientes asmáticos y las enfermedades pulmonares

obstructivas crónicas pueden complicarse. Podría existir una relación entre la presencia elevada de aluminio en el agua para beber y enfermedad de Alzheimer. Compuestos de titanio disueltos en líquidos pueden producir conjuntivitis, opacidad corneal, congestión de la mucosa del aparato respiratorio superior seguida por cicatrización y estenosis laríngea. Microelementos como el bromo volcánico pueden formar parte del agua de vertientes y durante la potabilización formar trihalometanos que son compuestos cancerígenos. Todas estas inquietudes son motivo de vigilancia y control en esta investigación. Para bien las concentraciones hasta aquí encontradas no sobrepasan los valores de otras referencias, debemos seguir haciendo nuevas determinaciones y completando las que faltan. La ceniza actúa a nivel de la conjuntiva de los ojos como cuerpo extraño; son los cristales de SiO<sub>2</sub> que afectan directamente a la conjuntiva y a la córnea, produciendo abrasiones, además del efecto irritante.

## **2. A nivel de la piel**

Rivera, A. (2005), Mantiene que el efecto de la ceniza a nivel de la piel es principalmente por su acción irritativa dérmica. Se ha reportado incremento de los cuadros diarreicos por efecto de la ceniza volcánica; los mecanismos se los debe revisar, estos podrían estar relacionados con cuadros irritativos. Se ha documentado el fallecimiento de animales atribuido a procesos digestivos por la ingesta de pasto contaminado con ceniza volcánica. Pueden existir otras enfermedades por efecto de la ceniza, pero que no han sido descritas en otros estudios, siendo esta una oportunidad importante para conocer más del efecto volcánico en la salud humana.

## **I. ANTECEDENTES IMPORTANTES A CONSIDERAR EN LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS EN EL ECUADOR**

Según <http://volcanesecuador.com>.(2010), alrededor del volcán Tungurahua se asientan algunos poblados y tres ciudades importantes Baños con más de 25000 habitantes, Ambato con más de 200.000 habitantes y Riobamba con algo menos

de habitantes. A parte de éstas se estima que unas 250.000 personas están viviendo en la zona de influencia directa del volcán. El sistema sanitario del Ecuador no es fuerte, sus presupuestos son bajos. El alto crecimiento demográfico y la urbanización no controlada producen sistemas básicos deficitarios que colapsan fácilmente, creando un escenario conflictivo para la atención del desastre; por ello necesariamente los peligros potenciales de la emergencia se ven incrementados en un escenario donde juegan, además de estos componentes, las altas tasas de morbilidad y mortalidad de enfermedades prevalentes que se agravan y producen un incremento de la morbilidad directa e indirecta por el desastre. La interculturalidad y los niveles bajos de educación dificultan también el accionar. A todo esto debemos sumar la pobreza del país, falta de sistemas adecuados de comunicación y problemas logísticos. La debilidad del diagnóstico previo de salud no permite evidenciar rápidamente los efectos de un desastre ni tampoco definir los riesgos de salud especialmente de las poblaciones más vulnerables, niños, ancianos y enfermos.

## **J. NARRATIVA DE LOS ACONTECIMIENTOS**

Para <http://www.volcantungurahua.com>.(2010), el 14 de Septiembre de 1999, las autoridades locales reportaron elevados niveles de actividad del volcán Tungurahua y se decretó la alerta amarilla. El manejo global del desastre estuvo bajo la dirección del Ministerio de Vivienda y desde Febrero del 2000 regresó a la Defensa Civil tradicionalmente responsable de las emergencias. El 16 de Octubre la provincia de Tungurahua decreta la alerta naranja y procede a la evacuación de 25.000 personas de la Municipalidad de Baños y áreas rurales aledañas. Baños, una ciudad turística de 16.000 habitantes, permaneció vacía. Se ordenó además la evacuación de todas las otras poblaciones que se encontraban en alto riesgo tanto de Tungurahua como de Chimborazo.

Según <http://www.defensacivilecuador.com>.(2010), se adecuaron albergues temporales en poblaciones cercanas, pero mucha gente no pudo hacerlo en los sitios preparados y tuvieron que albergarse con sus familiares y la demanda de asistencia médica creció. La mayoría de los emigrantes se refugiaron en Ambato,

en esta ciudad alrededor de 2500 evacuados fueron confinados en albergues. Esta ciudad no estuvo preparada para una migración masiva y de tan corto tiempo, por lo que sus sistemas sanitarios se saturaron rápidamente, produciéndose un fenómeno social muy peculiar, como gente durmiendo en las aceras, colapso de los sistemas de limpieza y recolección de la basura, provisión de alimentos, agua, etc. Algo similar pero en menor escala, se presentó en Riobamba en donde se concentró un importante contingente de emigrantes. La caída de miles de toneladas de ceniza casi diariamente en las zonas aledañas al volcán, no consideradas de alto riesgo, provocó que alrededor de 50.000 habitantes rurales, de las provincias de Tungurahua y Chimborazo, abandonaran sus hogares y tierras, al no poder soportar las condiciones inhóspitas en las que vivían.

Luhr, J. (2007), mantienen que la condición de salud de estos habitantes rurales, en particular, no fue plenamente investigada. La caída de la ceniza y el abandono de las tierras ha significado un impacto significativo sobre la agricultura y sobre las actividades productivas de la población. Se perdieron muchos cultivos. Pese a las medidas establecidas y de los altos riesgos, otros pobladores se aferran hasta hoy a su patrimonio y siguen viviendo en sitios de grave riesgo y con alta contaminación de aire, suelo y agua. Son pobladores rurales de bajos niveles sociales y culturales y económicos. El escenario de las erupciones volcánicas es heterogéneo, cambiante con el tiempo e incluso durante la misma erupción. Los efectos en la salud dependerán de las localizaciones de las poblaciones en los distintos lugares de riesgo, siendo la caída de ceniza volcánica un denominador común para la mayoría de las poblaciones afectadas y es la circunstancia atañe nuestra atención.

## **K. MORBILIDAD ANTES Y DURANTE LAS ERUPCIONES EXPLOSIVAS DEL VOLCAN TUNGURAHUA**

Beaglehole R, (1996), señala que hay una de las maneras de conocer el impacto en la salud de las personas afectadas es a través del cambio del perfil epidemiológico de las poblaciones antes y durante los procesos eruptivos, como

se reporta en el cuadro 3, comparados en el mismo período del año, lo que equivale a decir antes y durante la caída de ceniza.

Cuadro 3. IMPACTO SOBRE LA MORBILIDAD DE LAS AREAS AFECTADAS EN TUNGURAHUA POR LA CAIDA DE CENIZA (1998–1999).

MORBILIDAD	1998	1999	Increase x
	Oct. 16 - Dic. 31 No. casos	Oct. 16 - Dic. 31 N° casos	
Infecciones respiratorias altas *	1620	4171	2.6
Infecciones respiratorias bajas**	162	405	2.5
Conjuntivitis, blefaritis y orzuelos	73	170	2.3
Tuberculosis	24	54	2.3
Asma	9	19	2.1
Dermatitis	110	205	1.9
Gastritis y Duodenitis	85	142	1.7
Diarreas y gastroenteritis	462	598	1.3
Parasitosis intestinal.	789	979	1.2
Traumatismos	101	70	0.7
Subtotal 10 causas	3435	6813	2.0
Resto causas	1517	2771	1.8
TOTAL	4952	9584	1.9

Fuente: Beaglehole R, (1996), Formularios de partes diarios de consulta externa y de emergencias de áreas de salud de las provincias de Tungurahua (7 áreas) y Chimborazo (2 áreas). Procesamiento de datos y tabulación especial. \*INFECCIONES RESPIRATORIAS ALTAS=infecciones respiratorias agudas, rinofaringitis, resfriado común, faringitis, amigdalitis, laringitis, otitis, rinitis (J00, J02, J03, J05, J04, J11, J30, J31, H66.9). \*\*INFECCIONES RESPIRATORIAS BAJAS= bronquitis, neumonías (J12, J18, J04, J40) (2000).

Seaman J, (1989), manifiesta que para solucionar el déficit de información de línea basal, se decidió hacer un relevamiento de los diagnósticos de las consultas de todas las unidades operativas de las áreas de salud afectadas, consignados en los partes diarios y de emergencia, desde doce meses antes de la primera erupción explosiva. Desde el 16 de Octubre de 1998 hasta el 31 de Diciembre de 1999, más de 87.000 pacientes acudieron a las consultas externas y de emergencia de las unidades operativas del Ministerio de Salud Pública (subcentros de salud, centros de salud, centros de salud materno-infantil, hospitales cantonales) en un radio de 50 kilómetros alrededor del volcán. En estas unidades atienden especialmente médicos generales.

Para <http://www.volcantungurahua.com>.(2010), el volcán Tungurahua realizó sus primeras emanaciones de ceniza el 16 de Octubre de 1999. En este primer reporte se compara la morbilidad de dos períodos: 1998 Y 1999, del 16 de Octubre al 31 de Diciembre, pretendiendo mantener condiciones ambientales semejantes (temperatura, lluvia etc.). En total son 4952 consultas del período de 1998 y 9584 de 1999. En el Cuadro 3 podemos observar los casos de patologías atribuibles al impacto de la ceniza volcánica en los sistemas respiratorio, dérmico, ocular y gastrointestinal de la población que vive alrededor del volcán Tungurahua en un radio de 50 kilómetros. Se evidencia un incremento de 1,93 veces en el total de las consultas de un período al otro. En cambio las afecciones respiratorias altas y bajas aumentaron más de 2,5 veces, las conjuntivitis aumentaron 2,3 veces, la tuberculosis aumentó 2,25 veces y el asma 2,1 veces, lo que hace presumir un efecto de la ceniza sobre estos sistemas. En las dermatitis se observó un incremento de 1,86 veces, lo cual es similar al incremento general de las consultas, por lo que no se lo consideró como concluyente.

Según <http://www.paho.org>.(2010), el aumento en las enfermedades respiratorias superiores, inferiores y conjuntivitis concuerda con otros estudios internacionales. Llama la atención el incremento de la tuberculosis en 2,25 veces, lo que concuerda con la hipótesis de incremento, en base de una prevalencia alta de la enfermedad en esta región, sometida a una contaminación masiva con una substancia silicótica e irritante (SiO<sub>2</sub>). Sin embargo surgen interrogantes: ¿se



puede producir este fenómeno en tan corto tiempo (2,5 meses)? ¿El proceso volcánico determinó que las unidades operativas detectaran precozmente los sintomáticos respiratorios? ¿La ceniza exacerbó los síntomas de pacientes silentes?. Es ahora una necesidad la confirmación de este riesgo y los mecanismos fisiopatológicos. Estas interrogantes se deberán demostrar mediante los datos del volcán Guagua Pichincha y en otros modelos de investigaciones futuras. El aumento en el número de casos de gastritis y duodenitis (1,7 veces), de diarrea y gastroenteritis (1,3 veces) y parasitosis (1,2 veces) es inferior al incremento general de casos (1,9 veces) y estos resultados no son concluyentes mirados desde la óptica de salud.

Según [http://www.helid.desastres.com.\(2010\)](http://www.helid.desastres.com.(2010)), se espera los resultados de los hospitales provinciales y de especialidad para tener una mejor visión. Se esperaba que se pudieran incrementar los traumas debido a la caída de la ceniza, por efectos indirectos durante la limpieza de techos y en accidentes por caídas de propia altura. En este procesamiento inicial se evidenció más bien un descenso de las consultas por estas causas. Los resultados de este estudio son similares a los encontrados en otras investigaciones, pero hallazgos como el incremento de la tuberculosis y otras enfermedades que estamos estudiando, merece la atención de la comunidad científica. En las posteriores entregas se analizará más pormenorizadas la morbilidad y los resultados de la vigilancia ambiental y de agua.

## **L. EMISIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA Y SUS EFECTOS**

Leivesley, S. (1989), dicen que la actividad volcánica es una fuente natural de contaminación, la cual aporta una cantidad considerable de contaminantes, principalmente a la atmósfera. Se ha documentado que dicha actividad representa riesgos para los ecosistemas y las poblaciones humanas que se ubican cerca de los edificios volcánicos, no obstante se ha descrito que incluso organismos que se localizan a distancias considerables de las zonas con actividad volcánica también pueden verse afectados. Dentro de los principales riesgos volcánicos destacan la emisión de ceniza y gases, relacionándose con la cantidad y el número de

exposiciones a dichos eventos. En este contexto, la colaboración entre vulcanólogos, meteorólogos, químicos, biólogos, agrónomos y profesionales de la salud permitirá mitigar los riesgos de la actividad volcánica. El objetivo de esta revisión es presentar los riesgos para el medio ambiente y la salud asociados con la emisión de ceniza volcánica.

## 1. Actividad volcánica

Zimanowskiet, M. (2002), se han denominado volcanes de mayor riesgo a los que tienen probabilidades de experimentar una erupción explosiva en décadas o en menos tiempo, que carecen de análisis exhaustivo o monitoreo actualizado y que están rodeados por grandes poblaciones. La prevención de riesgos volcánicos depende del tipo de actividad que presente el volcán. Tales actividades van desde las columnas verticales de ceniza con alturas de diez a cuarenta kilómetros, cargadas de fragmentos de variados tamaños, hasta las caracterizadas por la circulación de una emulsión de ceniza caliente y densa, particularmente devastadora debido a su temperatura, que puede alcanzar los 500 °C, y a su velocidad, entre diez y cien metros por segundo. La actividad volcánica acaecida en Indonesia a finales del siglo XIX, provocó efectos claramente perceptibles por la cantidad de ceniza liberada.

Hogg, C. (1989), dice que las corrientes atmosféricas propiciaron su dispersión alrededor del planeta, provocando el llamado año sin verano, debido a un oscurecimiento generalizado y un descenso marcado de la temperatura provocado por el material particulado suspendido. Las erupciones explosivas del Monte Santa Helena en Washington en 1980 y la del Pinatubo en Filipinas 1991 representaron un importante riesgo, especialmente este último, que arrojó una cantidad colosal de sulfatos a la estratosfera, lo que provocó un descenso de la temperatura mundial que se prolongó durante dos años.

Bradshaw. L. (2007), explica que la erupción del Monte Santa Helena fue mayor que la registrada por el Chichón en México en 1982, pero expulsó menos

aerosoles a la atmósfera. La mayoría de las partículas emitidas por el Monte Santa Helena fueron grandes y sedimentaron desde la atmósfera en cuestión de semanas. Por su parte, el Chichón produjo una cantidad mayor de azufre, el cual formó dióxido de azufre, que después de reaccionar con el vapor de agua en la estratosfera, dio paso a una bruma de gotas de ácido sulfúrico, caracterizadas por su estabilidad química y sus elevados tiempos de sedimentación. Las predicciones del efecto final de la nube de polvo producida por el Chichón sobre el clima fueron que la nube provocaría un enfriamiento global en la superficie de la Tierra de 0.3 °C.

Neukirch, F. (1995), manifiesta que el estudio referente a las partículas suspendidas en la atmósfera de las zonas urbanas y rurales cercanas al volcán de Colima en México, reveló la presencia de material particulado con un tamaño comprendido entre 2.5 y 10 micras, partículas que fueron asociadas con padecimientos en vías respiratorias. México alberga a 22 de los 300 volcanes activos del mundo que, junto con Centroamérica y la zona andina, constituyen las regiones geográficas con mayor actividad volcánica en el mundo. En México han sido trece los volcanes que han producido erupciones en tiempos históricos, actividad originada por la dinámica en la zona de subducción del Pacífico, las fallas Montagua-Polochic, la falla Rivera y la reactivación de la falla que de este a oeste configura el Eje Neo volcánico Trans mexicano (Plan de contingencias del volcán Popocatepetl, Puebla 1995).

## **2. Efectos en diversos organismos**

Zeballos J, (1996) reporta que La evaluación realizada posteriormente a la erupción del volcán Irazu en Costa Rica (1963-1965) mostró que la ceniza altera significativamente las condiciones ecológicas de diversas poblaciones de insectos, mientras que en Alaska se contabilizaron pérdidas económicas por los cambios adversos sufridos por comunidades de salmón debido a las condiciones ambientales derivadas de la actividad volcánica.

Bernstein, R. (1980), plantea que la actividad volcánica influye en la estructura genética de poblaciones de invertebrados en Hawaii, lo que condiciona la fragmentación, el crecimiento masivo y el potencial para una evolución acelerada, actualmente los estudios de contaminación ambiental se ven favorecidos por la utilización de modelos experimentales, buscando con esto interpretar de la mejor manera posible la interacción medio ambiente-ser vivo. Los resultados de los diversos trabajos experimentales sugieren que la influencia de un factor ambiental, ya sea físico, químico o biológico, representa una fuente potencial de desequilibrio en los sistemas reguladores de los organismos.

Maldonado D. (2005), indica que los efectos causados por la contaminación han permitido detectar manifestaciones y alteraciones, tanto en el hombre como animales, que aún no han sido bien definidas. Por ejemplo, la exposición de un grupo de ratas a cenizas, no favoreció la susceptibilidad a la infección por citomegalovirus; sin embargo, la infección por estreptococos provocó la muerte de los animales a las 24 horas. Trabajos relacionados con la exposición a la inhalación de ceniza volcánica en modelos animales indican un aumento de los niveles de fibrinógeno en plasma y un incremento en el porcentaje de leucocitos polimorfonucleares, principalmente eosinófilos, así como una disminución del porcentaje de macrófagos a nivel alveolar. Por su parte, los estudios citogenéticas en animales que han sido expuestos a diferentes concentraciones y tipos de contaminantes ambientales muestran una elevada frecuencia de células alteradas.

Wister, M. (2005), mantiene que el estudio de exposición a la inhalación de la ceniza volcánica procedente del Monte Santa Helena, a un grupo de hámsters (dos horas diarias durante un año), permitió detectar cambios en la función pulmonar y en la arquitectura del tejido de los animales, caracterizado por alveolitis y áreas con fibrosis, y a nivel traqueal, reducción en la actividad ciliar y cambios citomorfológicos. Así mismo, se observó la llegada de neutrófilos que regulan la adhesión local de moléculas, induciendo quimiotaxis de células inflamatorias en las vías aéreas.

### **3. Efectos en poblaciones humanas y mecanismos de daño**

Rivera, A. (2005), manifiestan que la exposición a cenizas y sus efectos en la salud tienen como antecedentes la presencia de broncoespamos de la vía aérea en infantes, posterior a la erupción del volcán Soufriere. También se han registrado la aparición de síntomas respiratorios como disminución en el flujo expiratorio forzado (FEV) y aumento en la sintomatología respiratoria en poblaciones que se localizaron a 24 y 50 kilómetros del edificio volcánico, como sucedió durante la actividad del volcán Sakurajima en Japón y el Monte Santa Helena en Washington. Estudios epidemiológicos referentes a la actividad del volcán Masaya en Nicaragua, revelaron casos de irritación de la piel y de las vías aéreas.

Luhr, J. (2007), plantean que las implicaciones en la salud de poblaciones cercanas al volcán Yasur en Tanna- Nueva Zelanda se caracterizaron por alteraciones respiratorias, estrés y por la aparición de fluorosis a nivel óseo y dental. La evaluación de la exposición ocupacional a ceniza volcánica de los guardabosques en Washington, mostró una disminución en los niveles de C3 y C4 (factores de complemento; proteínas involucradas en el proceso de inflamación) con respecto al grupo de referencia, además de un marcado descenso de los niveles de inmunoglobulina G (IgG) en el suero después de un año de exposición a la ceniza volcánica. Los datos plantean que la exposición a la inhalación de ceniza afecta las funciones inmunológicas.

Beaglehole, R, (1996), manifiestan que estudios epidemiológicos de una población al oeste de Sicilia localizada en un área volcánica, han revelado el incremento en la incidencia de mesotelioma pleural maligno, carcinoma, fibrosis pulmonar y daños en el ADN. Estos efectos se relacionan con la exposición que presenta la población a rocas de origen volcánico y que contienen fibras amfíbolos. El tipo de reactividad biológica de las fibras amfíbolos es parecido al de las fibras de asbestos, las cuales se sabe que inducen fibrosis inflamatoria a nivel pulmonar y daños en el ADN a largo plazo, ocasionando carcinoma y mesotelioma pulmonar. El diagnóstico referente a los efectos sobre la función

pulmonar en personas expuestas a cenizas del volcán Popocatepetl, durante el periodo de diciembre de 1994 a enero de 1995, indujo la presencia de alteraciones en la función pulmonar en una proporción mayor a la que se esperaría en una población con baja prevalencia de tabaquismo. De esta forma, se sugiere que el patrón restrictivo corresponde a la inflamación de la vía aérea y del intersticio pulmonar, es importante mencionar que la capacidad para inducir daño por parte de las muestras de ceniza difiere, ya que no presenta la misma capacidad hemolítica una muestra de ceniza de un evento explosivo reciente con respecto a una muestra de ceniza sedimentada, de óxido de titanio o del compuesto tóxico conocido como polvo de cuarzo. Como son evidente los síntomas son difíciles de atribuir a una enfermedad específica y menos en nuestro medio, en el que las manifestaciones son comúnmente causadas por la desnutrición, las enfermedades parasitarias o las infecciones crónicas. Tal es el caso de la etiología de las enfermedades autoinmunes que pueden ser multifactoriales (estando involucrados la genética, aspectos hormonales, inmunológicos o factores ambientales).

La Organización Panamericana de la Salud, (1981), plantea que los factores ambientales son diversos y los más comunes incluyen infecciones por virus, bacterias y parásitos, los cuales se pueden asociar a PM10 y PM2.5, además de la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos, partículas de mercurio y radón en el ambiente. Se sabe que los macrófagos pulmonares participan en la eliminación de partículas inhaladas, demostrándose que los asbestos inhalados activan factores quimiotácticos dependientes del complemento en la superficie alveolar, que facilitan el reclutamiento de macrófagos a sitios de depósitos fibrosos. No obstante, se ha determinado que la exposición a ceniza volcánica no siempre induce la acumulación de macrófagos. Esto sugiere que, debido a las características fisicoquímicas de las cenizas, en ciertas ocasiones se puede activar el complemento y, consecuentemente, atraer macrófagos.

Leivesley, S. (1989), indican que se ha demostrado que durante la exposición continua a la inhalación de polvo fino la afección se puede complicar con algún tipo de infección; por tanto, la importancia de investigar los contaminantes en la

atmósfera radica en conocer los riesgos que suponen para la salud y el tiempo que pueden permanecer en el ambiente sin que se desarrollen lesiones definitivas. Cuando la presencia de la causa irritadora o de sus consecuencias inmediatas se prolongan, el proceso de defensa tisular puede dar lugar a la fibrosis, iniciándose en cualquier punto de la estructura bronco pleuro pulmonar. La fibrosis puede ser localizada y considerada como cicatricial o terminal, pero si persiste, la fibrosis será evolutiva y aumentará en intensidad y en extensión llegando a ser total. En ocasiones la fibrosis puede iniciarse de forma simultánea en varios puntos y, si es progresiva, llegar a confluir. Por su parte, los mecanismos inmunológicos pueden ser los responsables de las alteraciones en la arquitectura del pulmón como consecuencia de la exposición a partículas contaminantes. Los estudios de campo y laboratorio indican que la exposición moderada a la ceniza volcánica puede dar paso a enfermedades respiratorias e incluso a la fibrosis pulmonar.

#### **4. Los volcanes alteran el medio ambiente**

Hogg, C. (1989), reporta que la influencia de los volcanes en la historia de la humanidad es innegable: condicionan completamente la vida de los pueblos y ciudades situados cerca de ellos, pueden transformar dramáticamente el entorno, en algunos casos sus cenizas benefician las cosechas y las lluvias ácidas que provocan pueden perjudicar a nuestra salud. No obstante, su vinculación directa con las alteraciones del medio ambiente comenzó a confirmarse recién el pasado siglo XX, cuando se relacionaron las erupciones volcánicas con la alteración del clima global del planeta. No es de extrañar, pues, que incluso se les haya dedicado un parque temático, situado cerca del Puy de Dome en la Auvernia francesa. La primera conclusión al observar la distribución de los volcanes a lo largo del mundo es que no ha sido el azar, precisamente, el que los ha ubicado en el lugar en que se encuentran. Los volcanes surgen debido a la fricción entre las placas tectónicas, que al encajarse una bajo otra propician la fusión de rocas dentro de la corteza, este magma tiende a ascender a la superficie a través de grietas o fisuras.

Bradshaw, L. (2007), indica que si bien una erupción constituye un espectáculo único y maravilloso, también supone una amenaza, y no sólo derivada de los flujos de lava, la caída de cenizas y proyectiles, las corrientes de fango y los gases tóxicos. La actividad volcánica puede, asimismo, accionar otros eventos naturales peligrosos, incluyendo deformación del paisaje, inundaciones por rotura de paredes de lagos o por embotamiento de arroyos y ríos, y derrumbes provocados por temblores. Y a estos perjuicios conocidos se han sumado la comprobación de su negativa influencia en la salud, sobre todo en la de niños menores de tres años, y su discutida incidencia en el cambio climático, del que se comenzó a hablar en la década de los 90 del siglo pasado



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La investigación se desarrolló en la Hacienda Choglontus, propiedad del Sr. Gonzalo Cuadrado, en la Comunidad El Manzano, Parroquia Puela, Cantón Penipe, Provincia de Chimborazo. La cual tuvo una duración de 16 semanas (120 días) distribuidos en (2) semanas para recolección de información, (2) validación y selección de información, (2) análisis y determinación de parámetros de la información para la toma de decisiones, (2) elaboración del plan de administración, (4) aplicación del plan de administración ambiental, (4) evaluación de la aplicación del plan de administración ambiental.

##### 1. Características del lugar

Las condiciones meteorológicas del lugar donde se realizó la investigación se expone en el cuadro 4.

Cuadro 4. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN PENIPE.

PARÁMETROS	VALORES PROMEDIO
Temperatura (°C)	13 –15
Precipitación (mm/año)	535.2
Humedad relativa (%)	64.67

Fuente: SIISE. (2001).

Las condiciones meteorológicas imperantes en el área de influencia es de una altitud de 2500 msnm, con temperaturas de 13 a 15 °C, Precipitación anual de 535.2 mm anuales, con humedad relativa de 64.67 % y se halla ubicada a una latitud 1°34' sur y su longitud 78°31' 60" oeste .

## **B. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES**

La investigación de campo se desarrolló en las instalaciones de la Hacienda Choglontus.

- Cámara fotográfica.
- Equipo de toma de muestras para Agua.
- Equipo de toma de muestras para Suelo.
- Equipo de toma de muestras para Aire.
- Materiales de oficina para toma de muestras.
- Pala
- Equipo de protección
- Cartel
- Cuaderno
- Azadón
- Computador
- Fundas
- Marcador
- Tijeras
- Mesa

## **C. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

Los análisis estadísticos y pruebas de significancia que se realizaron sobre los impactos ambientales causados por el proceso eruptivo del volcán Tungurahua sobre los pastizales utilizados para la alimentación de ganado bovino de la Hacienda “Choglontus”, fueron:

- Cálculo de medias de los resultados obtenidos utilizando el Método Estadístico Descriptivo, para las matrices de interacción en la evaluación del Impacto Ambiental y sus medidas de mitigación.

- Muestreo sistemático por tiempo (cada 15 días), es decir 2 muestras cada mes, para la determinación del tamaño de la muestra y los puntos críticos de contaminación de la hacienda Choglontus durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre.
- Determinación de las Medias y Desviación Estándar en la valoración de análisis físico-químico, bromatológico, de las fuentes de agua, suelo y aire.

#### **D. MEDICIONES EXPERIMENTALES**

- Análisis físico y químico del agua.
- Análisis físico y químico del suelo.
- Análisis de aire.
- Estudio de las especies forrajeras y su impacto.

#### **E. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

- Revisión Inicial Ambiental (RAI).
- Recolección de información (muestreo sistemático).
- Selección de información del RAI.
- Análisis y determinación de parámetros de la información para la toma de decisiones.
- Elaboración del plan de administración.
- Aplicación del plan de administración ambiental.
- Evaluación de la aplicación del plan de administración ambiental.

#### **F. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN**

El control se efectuó según lo planificado con lo ejecutado, y se realizó durante todo el transcurso del ensayo. Las variables se definieron mediante las siguientes expresiones:

## 1. Análisis físico y químico del agua

Se midieron los siguientes parámetros que se describen en el cuadro 5, y de acuerdo a la metodología que se aplicó en el laboratorio CESSTA.

Cuadro 5. ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL AGUA.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS
Conductibilidad eléctrica	CE	mS/cm	APHA/AWWA Methods No. 2510
Sólidos disueltos totales	SD	mg/L	APHA/AWWA Methods No. 2540-F
Sodio	Na	mg/L	APHA/AWWA Methods No. 3030 B, 3111B
Cloruros	Cr	mg/L	APHA/AWWA Methods No. 4500 Cl <sup>-</sup> B
Nitrógeno	N-NO <sub>3</sub>	mg/L	APHA/AWWA Methods No. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Bicarbonato	HCO <sub>3</sub>	mg/L	APHA/AWWA Methods No. 2320 B
Potencial hidrogeno	pH		Methods No. 4500 H <sup>+</sup> B
Relación de Absorción de sodio	-----	-----	-----

Fuente: CESTTA (2010).

## 2. Análisis físico y químico del suelo

Para los análisis físicos y químicos del suelo de la Hacienda Choglontus se midieron los siguientes parámetros que se expresan en el cuadro 6.

Cuadro 6. ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL SUELO.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS
Nitrógeno	N	%	Kjendal
Potasio	K	%	Absorción atmosférica
Fosforo	P	%	Espectrofotométrico
Calcio	Ca	%	Absorción atmosférica
Magnesio	Mg	%	Absorción atmosférica
Manganeso	Mn	%	Absorción atmosférica
Cu	Cu	%	Absorción atmosférica
Zinc	Zn	%	Absorción atmosférica
Hierro	Fe	%	Absorción atmosférica
Potencial hidrogeno	Ph		Potenciométrico
Conductibilidad eléctrica	CE	uS/cm	Conductimétrico
Materia Orgánica	M.O	%	Volumétrico

Fuente: CESTTA (2010).

### 3. Análisis de aire

Para la realización de los análisis del aire se midieron los siguientes parámetros que se expresan en el cuadro 7.

Cuadro 7. ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL AIRE.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS	LÍMITE DE DETECCIÓN
Óxido de azufre	SO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>		
Monóxido de Carbono	CO	ug/m <sup>3</sup>	Celdas Electroquímicas	0,1
Dióxido de Nitrógeno	NO <sub>x</sub>	ug/m <sup>3</sup>		

Fuente: CESTTA (2010).

### 4. Estudio de las especies forrajeras y su impacto

Se realizó un estudio completo de las especies forrajeras destinadas para la alimentación bovina, encontradas en la Hacienda Choglontus para de esta manera evaluar su impacto producido por el proceso eruptivo del volcán Tungurahua.

### 5. Muestreo sistemático

Para realizar el muestreo sistemático se inicio con el trazado de un horizonte sobre el terreno de la Hacienda "Choglontus", y se eligió un punto crítico al azar como se ilustra en el gráfico 1, y a partir de él a intervalos constantes de tiempo (es decir cada 15 días), y en forma ordenada se sorteó los demás puntos hasta completar la muestra. Para el número de elementos en la población primero se

dividió para el número deseado en la muestra el cociente nos indicó si cada decimo, cada onceavo, o cada centésimo elemento en la población van a ser seleccionados obteniéndose una muestra aleatoria simple con los elementos en la población ordenados al azar. Para el cálculo de la muestra se aplicó la siguiente fórmula:

$$\# n = \frac{(k^2) * N * p * q}{(e^2 * (N-1)) + (k^2) * p * q}$$

En donde:

$$K = 1,44$$

$$N = 20$$

$$P = 0,5$$

$$Q = 0,5$$

$$E = 0,15$$

$$\#n = \frac{(1,44)^2 * 20 * 0,5 * 0,5}{0,15^2 * (20-1) + 1,44^2 + 0,5 * 0,5} = \frac{10,36}{0,95} = 10,96 \text{ muestras}$$

# n = 10,96 muestras que corresponden a 11 muestras

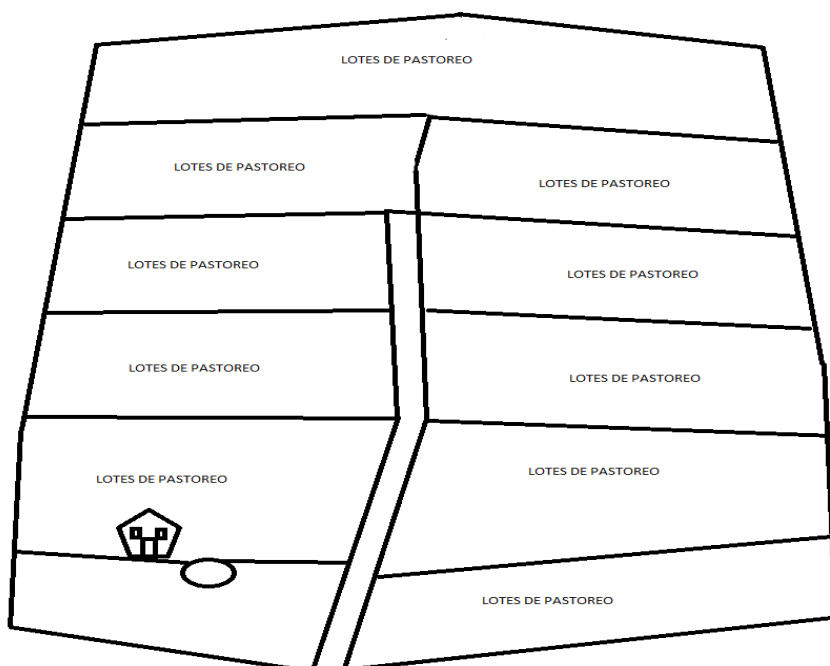


Gráfico 1. Muestreo sistemático.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **A. REVISIÓN INICIAL AMBIENTAL (RAI)**

La revisión inicial ambiental (RAI), efectuada en la Hacienda “Choglontus” inicio con un diagnóstico y la identificación de las zonas con dificultad para una producción adecuada de pastos para la alimentación ganadera; así como también, las medidas de prevención, control y mitigación.

#### **1. Proceso eruptivo del volcán Tungurahua**

De acuerdo al COE, (2010); el escenario de emisión de cenizas originadas por este volcán fue considerado una amenaza baja, media y alta, por su alta probabilidad de ocurrencia, pero con bajo poder destructivo casi total afectación sobre el territorio del cantón Penipe. Dependiendo de la magnitud de la actividad volcánica, la primera y a veces la única señal de su actividad para la población circundante es la emisión de una cortina de humo grisáceo o blanco que contiene gases y cenizas, arrojados por la onda explosiva del volcán; esta cortina se dispersa durante mucho tiempo a grandes distancias por las condiciones meteorológicas y climáticas de la zona; estos productos, sumados a la energía térmica que los transporta, alteraron la calidad del aire en la zona, como se ilustra en la fotografía 1.



Fotografía 1. Proceso eruptivo del volcán Tungurahua.



El mayor impacto se registró en la salud de los habitantes, con casos de enfermedades oculares y respiratorias, en los sectores más vulnerables de la población como niños y ancianos. En el año 2004 se observó que el 71% de las nubes de ceniza alcanzaron alturas entre 5 y 8 Km de altura y su distribución fue más amplia con respecto a aquellas nubes que alcanzaron mayor altura (>9 Km). Las nubes de menor altura fueron transportadas por el viento predominantemente hacia el suroeste del volcán y sus velocidades oscilaron entre 5 y 20 nudos. También se nota que cuando las corrientes de aire tuvieron velocidades de 20 nudos, las nubes de gases y ceniza tuvieron otros rumbos como al oeste, suroeste y noreste, mientras que aquellas con menores velocidades (5-10 nudos) presentaron rumbos principalmente hacia el norte y noreste del cantón Penipe; ubicándose la Hacienda “Chonglontus” en este sector, por lo que fue altamente afectada por este proceso eruptivo. Encontrándose el nivel II de emergencia a los sectores de: Choglontus, Manzano, Anabá, Puela, Tingo, Pungal de Puela, Palitahua, Pachanillay, Capil, Ganzhi, El Altar y Guzo, pertenecientes al cantón Penipe, los impactos con mayor incidencia sobre las zonas afectadas fueron:

- La lluvia ácida; que afecta a los pastos
- El efecto de invernadero;
- El humo volcánico;
- El escudo solar.

#### **a. Recomendaciones**

Al ser un fenómeno natural que ocurre inesperadamente y que lo único que se puede hacer, es seguir con las sugerencias de los organismos que monitorean estos fenómenos para precautelar la vida tanto de los seres humanos como de los animales y esperar que el proceso eruptivo finalice; para iniciar la reconstrucción de las praderas, puesto que una erupción condiciona completamente la vida de los pueblos y ciudades situados cerca de ellos, pueden transformar dramáticamente el entorno, en algunos casos sus cenizas benefician las cosechas en un futuro, pero las lluvias ácidas que provocan pueden perjudicar la

salud humana y animal. Para contrarrestar y disminuir la acción negativa del proceso eruptivo del volcán Tungurahua se tendrá que realizar convenios emergentes con empresas proveedoras de alimentos y agua en coordinación del COE provincial y responsable del área.

- Cooperar y dar asistencia técnica, rehabilitar inmediatamente el sistema de comunicaciones que resultare afectado por el evento, realizar la remoción de escombros para facilitar la libre circulación en las zonas afectadas.
- Coordinar con la Junta Cantonal de Defensa Civil para la recepción, almacenamiento y distribución de combustibles que serán utilizados para la maquinaria y equipos a emplearse en la emergencia para atención a las zonas afectadas y a la población.
- Establecer grupos y horarios de trabajo permanentes para el restablecimiento en el menor tiempo posible de las vías afectadas para de este modo contribuir con las áreas de salud, saneamiento ambiental, agua y alimentos, etc.

## **2. Vegetación nativa y pastos cultivados**

Por los antecedentes de erupciones anteriores del volcán Tungurahua, en un radio de hasta 4 Km se ha registrado caída de cenizas con un espesor de 9mm, avalanchas de escombros y rocas, lo que ha provocado una destrucción de la vegetación silvestre y de pastizales utilizados para la alimentación de ganado mayor lechero. En los alrededores de la hacienda “Chonglontus” como se ilustra en la fotografía 2, se observó una baja presencia de vegetación nativa en la zona, puesto que la influencia de la ceniza sobre el suelo ha retrasado su desarrollo; sobreviviendo de esta manera solo las especies vegetales que se han adaptado a las condiciones ambientales del sector; los pastizales aún se conservan ya que los productores de la hacienda “Choglontus” han tratado de todas las formas para mantener sus praderas vivas para el consumo sus animales.



Fotografía 2. Vegetación nativa y pastos cultivados.

#### **a. Recomendaciones**

Para continuar manteniendo los pastizales lo recomendable es realizar un desmonte o limpieza y formar cercas vivas, para de esta manera mantener la vegetación nativa; pero sin dejar que la misma se introduzca o sea muy agresiva con los pastizales cultivados.

### **3. Destrucción de las praderas**

El proceso eruptivo del volcán Tungurahua ha provocado catástrofes naturales en la Hacienda “Choglontus” como la erosión y formación de quebradas por las avalanchas de lodo bajadas por quebradas aledañas y por los movimientos telúricos ocasionados en el sitio de la influencia siendo este uno de los más afectados. La acumulación de estratos de cenizas como se ilustra en la fotografía 3, pudo también causar desplomes de los techos en las viviendas más vulnerables y contaminación de las vertientes de agua. En caso de precipitaciones, se generó un barro fangoso que afectó no solo las carreteras pavimentadas, sino a las vías de evacuación (empedrados, tierra), produciendo situaciones de aislamiento en los barrios y caseríos.



Fotografía 3. Destrucción de las praderas.

#### a. Recomendaciones

- Planificar la Evacuación y Atención del Ganado determinando Áreas de Seguridad idóneas y aptas, así como el retorno de los mismos a sus lugares de origen y establecer las necesidades para su reactivación.
- Ampliar su red de acción a las vías que considera como alternas, mejorando las características geométricas, rasantes y sistemas de drenaje.
- Actualizar periódicamente la información centralizada de los recursos con que cuenta (generación, transmisión, distribución, equipos de operación y mantenimiento, comunicaciones, transporte de personal, etc.) para abastecer la energía a las empresas estratégicas y población civil).
- En caso de ser necesario, pedir el apoyo de las Fuerzas Armadas para solventar el déficit de personal o medios en la habilitación de puentes y vías de comunicación.

#### 4. Ganadería y pastoreo

Como se pudo observar en la fotografía 4, la agricultura puede afectarse cuando la ceniza se deposita sobre los árboles y las plantas, haciendo que éstas se desgajen o que sus hojas se aniquilen por los depósitos de ácido. Al contaminar la cobertura vegetal, las cenizas afectan indirectamente al ganado cuando éste ingiere junto con el pasto grandes cantidades de ceniza; en algunos casos la ceniza puede provocar la muerte de los animales de pastoreo por inanición y/o intoxicación.

Otro impacto importante fue el aspecto económico, ya que la producción agrícola y de animales menores y mayores se encontró afectadas, lo que originó una incidencia mayor a nivel económico regional y local. Naturalmente, la gravedad de los efectos es directamente proporcional a los volúmenes generados por el fenómeno de difusión de las cenizas. La caída de ceniza está en función de la dirección de los vientos en determinadas épocas.



Fotografía 4. Ganadería y pastoreo

### **a. Recomendaciones**

Limpiar las pasturas que han sido afectadas por la ceniza volcánica para que de esta manera el animal no consuma pastos contaminados, ya que como sabemos la erupción volcánica expulsa por el aire o por medio de una columna de gases pedazos de lava que, según su tamaño, serán cenizas, arena, bloques, entre otras, además de cubrir tierras dedicadas a la agricultura y tejados hasta derrumbarlos, destruir cosechas o impedir las siembras temporalmente y que directamente afectan tanto la provisión de alimento para el ganado como el estado en que quedan las pasturas de la hacienda pues los suelos se vuelven en ese momento infértiles. Pero lo importante que hay que esperar es que la ceniza y los materiales piroclásticos pueden convertir los suelos a futuro en extremadamente fértiles y permitirán a los agricultores obtener abundantes cosechas

- Se recomienda la construcción de cercas vivas o de diques que controlen en cierta medida la destrucción pero lo más importante cuidar de las praderas que soporten los procesos eruptivos.
- Capacitar a la Población en lo referente a la conservación y racionamiento de alimentos, tener a mano lo mínimo indispensable de preferencia alimentos no precederos.
- Por lo que se recomienda limpiar las pasturas que han sido afectadas por la ceniza volcánica para que de esta manera el animal no consuma la ceniza volcánica.
- Establecer el inventario de insumos agropecuarios que serán utilizados después de la emergencia y coordinar el abastecimiento de alimentos a la población afectada.
- Realizar la evacuación de animales a las áreas de seguridad previstas, pero después Apoyar al retorno de los animales evacuados a sus lugares de origen.

- Coordinar la recepción, manejo y administración de alimentos provenientes de países, organismos e instituciones donantes.

## 5. Reservorio de agua

El agua de riego utilizada en los pastizales se encuentra en una cisterna protegida de la caída de ceniza como se ilustra en la fotografía 5, para evitar contaminación, pero su protección ya se encuentra deteriorada por lo que la ceniza volcánica producida por el volcán Tungurahua, puede provocar una contaminación que perjudica la salud de los animales y el riego de las praderas de la propiedad.



Fotografía 5. Reservorio de agua.

### a. Recomendaciones

Se recomienda mejorar la protección de la cisterna para que en el momento de caída de ceniza volcánica no contamine el agua, ni altere su calidad, de igual manera que sirva de precaución de otros contaminantes.

- Establecer el registro de comerciantes, mayoristas y minoristas de productos alimenticios y empresas proveedoras de agua dentro de la respectiva jurisdicción.
- Mantener limpia la cisterna, no dejar reposar el agua por un transcurso largo de tiempo y proteger la cisterna del ingreso y caída de ceniza volcánica, si es posible clorar el agua de la misma, e implementar medidas de protección de las fuentes de agua.

## 6. Muestra de agua

La recolección de la muestra de agua para el análisis respectivo permitió saber el grado de impacto ambiental en los pastizales en la hacienda “Choglontus”; como se ilustra en el grafico 6, puesto que, la contaminación química puede ser potencialmente nociva en el caso de los lixiviados. Los más comunes son lixiviados de Cl, SO<sub>4</sub>, Na, Ca, K, Mg, F y otros elementos, que pueden encontrarse a concentraciones más bajas incluyen Mn, Zn, Ba, Se, Br, B, Al, Si, Cd, Pb, As, Cu y Fe. El exceso de flúor se reconoce como de los más peligrosos lixiviados para humanos y animales.



Fotografía 6. Muestra de agua.



### a. Recomendaciones

- Realizar las protecciones respectivas a las fuentes naturales de agua para asegurar el abastecimiento.
- Seleccionar sitios y locales que podrían utilizarse como almacenes de agua para la atención de los animales y coordinar su uso.

### 7. Muestra del suelo

Se estima que la erupción del volcán Tungurahua causó daños y pérdidas en el Cantón Penipe por un total de US\$ 12 millones, equivalente a casi la totalidad del Producto Interno Bruto (PIB) local. El impacto fue directo en la población que, en los peores momentos de la emergencia (1999), debió afrontar la evacuación temporal de los habitantes de seis de las siete parroquias existentes y albergarlos en condiciones precarias, sin ninguna opción laboral de por medio, como se ilustra en la fotografía 7.



Fotografía 7. Muestra del suelo.

Se realizó una toma de muestra de suelo para el análisis respectivo que permitió saber el grado de impacto ambiental que provocó el proceso eruptivo del volcán Tungurahua en los pastizales en la hacienda “Choglontus”. Se efectuó del segmento afectado por la caída de ceniza y en distintos puntos de la pradera de la propiedad. En un primer momento, el efecto de la acumulación de ceniza y de la lluvia ácida en el suelo es contaminante por los componentes químicos que

indujeron a la carbonización de la vegetación e inutilizan el suelo por varios meses. Posteriormente, el suelo pudo beneficiarse de un enriquecimiento de nutrientes por la meteorización química de la ceniza. En los suelos con uso y vocación agrícola, la mezcla de ceniza volcánica con tierra aumenta la fertilidad para los cultivos y cosechas siguientes, favoreciendo así el crecimiento de las plantas y la cobertura vegetal. A diferencia de la caída de ceniza, los lahares, los flujos piroclásticos o los flujos de lava sobre el suelo dañaron su potencial agrícola, porque el suelo quedó cubierto por gruesas capas de lodo y sólidos inertes, que no permitieron su recuperación, ni un fácil aprovechamiento.

#### **a. Recomendaciones**

- Después del pastoreo de los animales hacer una aspersión adecuada de las heces bovinas, una fertilización del suelo y una renovación de la pradera cuando estas ya no brinden los beneficios nutricionales a los semovientes.
- Mantener actualizado el croquis zonal de los potreros de primer, segundo y tercer orden en la propiedad para mantenerlas en buen estado.

#### **8. Observación de las especies forrajeras**

Se pudo observar en la fotografía 8, la presencia en las praderas de especies como: el *Poa Pratenses*, el *Ray grass perenne* y el *Pennisetum clandestinum* han sido los únicos forrajes predominantes que se han mantenido en las praderas gracias a que presentan una buena capacidad de rebrote y que responden bien a los pastoreos intensivos. Su calidad nutritiva es buena y resulta una mezcla de pastos muy apetecible para ganado ovino, vacuno y equino. La aptitud forrajera es buena, las mejor entre sus géneros. Son plantas espontáneas que no precisan resiembra y resisten admirablemente el pisoteo y pastoreo intenso, toleran muy bien el frío y las heladas. Prefieren condiciones de buena iluminación pero toleran la sombra. Su temperamento edáfico es amplio, soportan texturas pesadas y terrenos mal drenados, aunque los prefieren bien drenados y fértiles. Toleran

bastante bien el calor y la sequía, con un excelente comportamiento invernal. Son poco exigentes en nutrición mineral pero requiere suelos ricos en materia orgánica, arcillosos y húmedos.



Fotografía 8. Observación de las especies forrajeras.

#### **a. Recomendaciones**

- Mantener bien drenada las praderas, con una buena fertilización constante que sea preferentemente alta en materia orgánica, para que el pasto azul, el ray grass el kikuyo y el pasto lanudo que registran alta resistencia a las adversidades del impacto ambiental puedan repoblar la pradera y así se disponga de alimento para el ganado de la hacienda.
- Si no se llena las necesidades alimenticias de los semovientes se podrá optar por la producción de forraje hidropónico para alimento de los animales a través de invernaderos.

### **B. ANALISIS FÍSICO QUÍMICO**

#### **1. Análisis del suelo**

En el análisis físico químico del suelo de la hacienda Choglontus se pudo observar un contenido bajo en nitrógeno, especialmente en los meses de agosto, septiembre y octubre con aproximadamente 0.06%, mientras que en el mes de

diciembre se registró el mayor contenido de este nutriente con 0,22% que es muy interesante puesto que al encontrar nitrógeno en el suelo, sobre todo en pasturas, hay crecimiento, para que se libere nitrógeno hace falta temperatura y humedad, por lo que hay que ajustar el manejo del N, P y S, a las curvas de crecimiento, actualmente, en la zona se habla de variedades que producen hasta 130 kg/MS/ha/día. Para producir 100 kg/MS/ha/día en una pastura con 15 a 18% de Proteína Bruta, las plantas consumen entre 2,5 a 3 kg de N/ha/día, entre 0,3 a 0,4 Kg. de Fósforo y 0,2 Kg. de Azufre, por lo que es necesario de una gran cantidad de este elemento para poder suplir las necesidades de la vegetación que resistente a las erupciones como son el kikuyo, ray grass y el pasto azul.

Además como señala Maldonado D. (2005), la mayor parte de nitrógeno es parte integrante de materiales orgánicos complejos del suelo e interviene en la descomposición de la materia orgánica que mejora muchas propiedades químicas, físicas y microbiológicas que favorecen el crecimiento de las plantas, por encima del suelo y contribuye al brillante color verde característico de las plantas saludables. La tasa de crecimiento de las plantas generalmente, es proporcional a la tasa a la cual se provee el nitrógeno. Si el suelo tiene deficiencia de nitrógeno, las plantas se vuelven altas y débiles, raquíticas y pálidas. Como suele aparecer en relativamente pequeñas cantidades en praderas naturales, el nitrógeno junto con el fósforo, a menudo, se convierte en el nutriente que limita el crecimiento de las plantas; y por consiguiente, limita la productividad de las praderas. El potasio de la pradera es muy bajo ya que registro una media de 1.32 meq/100g; el fosforo alto especialmente en el mes de diciembre con 25 ppm, según el análisis realizado la carencia de Potasio es mucho más frecuente en los suelos arenosos debido a que se lava este elemento fuera del alcance de las raíces con la lluvia y el riego continuado. También en suelos con mucha cal puede escasear y la alta cantidad de fosforo en el suelo. El ganado se puede desplazar, teniendo la oportunidad de buscar su alimento y nutrirse. Las plantas, por el contrario deben encontrarlo, sin poder desplazarse, por lo que tiene que prepararlo partiendo del anhídrido carbónico del aire, de los elementos nutrientes, del agua, del suelo y la energía solar. Son fábricas que producen azúcares, grasas, proteínas, etc. Su crecimiento y desarrollo se manifiestan cuando los

factores mencionados no se encuentran limitados. En el análisis del contenido de calcio, magnesio y zinc se registraron valores más altos en el mes de diciembre y que correspondieron a 6,65; 1,79 y 9,2 ppm respectivamente; lo que se debió, a la actividad del volcán se vio aumentada en este mes de estudio y por lo tanto se enriqueció el suelo pero eso no fue un indicativo de que en ese momento existió mayor fertilidad, ni cambio en el pH del suelo con un promedio neutro, se indican en el cuadro 8. Ya que como indica Andrade, W. (1993), estos elementos (minerales), deben ser descompuestos para que formen parte del sustrato y de esa manera ingresen y puedan introducirse a la planta, por su intermedio de su sistema radicular.

Cuadro 8. RESULTADOS ANALÍTICOS DEL SUELO DE LA HACIENDA CHOGLONTUS EN EL MES DE DICIEMBRE.

PARÁMETROS	MESES				
	AGOS	SEP	OCT	NOV	PROMEDIO
N (%)	0,06	0,08	0,06	0,06	0,07
K (meq/100g)	0,06	0,06	0,06	0,09	0,07
P (Ppm)	24	22	24	25	23,75
Ca( meq/100g)	0,35	0,43	0,38	0,4	0,39
Mg (meq/100g)	0,07	0,07	0,067	0,076	0,071
Zn (Ppm)	1,15	1,12	1,12	1,16	1,14
Fe (Ppm)	58,44	56,44	56,44	58,48	57,45
Cu (Ppm)	2,46	2,48	3,02	2,74	2,68
Mn (Ppm)	3,94	4	3,99	4,1	4,01
Ph	6,71	7,02	6,88	6,99	7
C. ELECTRICA (uS/cm)	122,6	150,6	201,1	187,4	165,4
M. O. (%)	0,92	0,99	1,06	0,92	0,97

Fuente: CESTTA (2010).

También se observó las medias registradas del Fe (57.45 ppm), que fue alto, Cu (2.68ppm), que fue nivel de fertilización medio y baja en Mn con (4.01 ppm).

## **2. Análisis del agua**

Al realizar el análisis del agua de la hacienda “Choglontus”, se pudo identificar que en el mes de diciembre el valor más bajo de pH que correspondió a 7,2 y que es muy bueno; puesto que, a mayores niveles de pH como se registro en los meses de agosto (7.7) y noviembre (7.6) el suelo se vuelve ligeramente alcalino y que se provocado por la presencia de ceniza y que normalmente quema la vegetación.

La conductibilidad eléctrica promedio presento las mejores respuestas en el mes de noviembre donde se registra 4187 (us/mc), en tanto que el porcentaje de sólidos disueltos más altos fue el reportado en el mes de agosto con 4410, al igual que los cloruros con 1220 y el sodio con 527 mg/l. En tanto que los reportes del nitrógeno total y bicarbonatos con mayores niveles fue el registrado en el mes diciembre con 8 mg/l. Los resultados analíticos del agua de riego de la hacienda Choglontus en el mes de diciembre se indican en el Anexo 9.

En este sentido Guerrero, A. (1996), indica que el agua es el elemento esencial para el desarrollo agropecuario sostenible y sustentable; su aprovechamiento, utilización y conservación racionales constituyen elementos en cualquier estrategia de desarrollo, El suelo por otra parte, es un factor que debe ser tomado en cuenta en segunda instancia en todo programa de riego especialmente en cuanto a sus características físico-químicas iniciales. El clima, igualmente afecta el uso y manejo del agua de riego debido principalmente a la temperatura, precipitación, evaporación, etc.

Además Salamanca, R. (1983), reporta que el cultivo, como objetivo final de toda actividad agropecuaria deberá estar en función directa de los tres factores antes mencionados, básicamente enfocados desde el punto de vista de la tolerancia

relativa a la salinidad y sequía. Finalmente las prácticas de riego y drenaje así como las prácticas culturales en general, son las que están más directamente controladas por el hombre, deberán estar orientadas, al manejo racional del agua, del suelo y del cultivo, teniendo como objetivo final la obtención de rendimientos económicamente rentables sin deterioro de los mismos. Por lo que se realiza el análisis del agua. Determinación de parámetros de la información para la toma de decisiones, que se indica en el cuadro 9.

Cuadro 9. RESULTADOS ANALÍTICOS DEL AGUA DE RIEGO DE LA HACIENDA CHOGLONTUS EN EL MES DE DICIEMBRE.

PARAMETROS	MESES				
	AGOS	SEP	OCT	NOV	PROMEDIO
PH	7,7	7,3	7,32	7,6	7,48
C. ELECTRICA (uS/cm)	4410	4012	3897	4187	4126,5
SOLIDOS DISUELTOS (mg/L)	2163	2124	2083	2070	2110
CLORUROS (mg/L)	1220	1183	1198	1211	1203
SODIOS (mg/L)	527	536	521	521	526,25
NITROGENO TOTAL (mg/L)	5	5	8	6	6
BICARBONATOS (mg/L)	64	58	62	66	62,5
RAS (mg/L)	42,8	40,9	43,8	40,25	42,5

Fuente: CESTTA (2010).

En el análisis del agua de riego se observó, alta salinidad o conductividad eléctrica que produce exceso de sal en la tierra o en las praderas provocando que las sales se acumulen en el substrato formando una capa de color blanco por lo que las especies forrajeras no toleran la sal ya que esta compacta los suelos e impide que los forrajes puedan absorber el agua y por lo tanto los nutrientes que se encuentran disueltos en ella.

En el análisis también se pudo observar un pH neutro, sólidos y nitrógenos totales ligeros, no existió presencia de cloruros, siendo que estos compuestos no se presentan en cantidades elevadas no presentan problema alguno en el riego de la pradera ya que el sodio produce terrenos con una aireación e infiltración deficiente por otro lado el cloro es absorbido por las raíces y se acumula en los tejidos resultando toxico.

### **3. Análisis del aire**

En el análisis del aire se registro un promedio de 6.18 en dióxido de carbono correspondiéndole la menor contaminación al mes de septiembre con 4.17 y la más alta en el mes de noviembre con 8.99; en tanto que el contenido más alto de monóxido de carbono fue registrado en el mes de noviembre con 4.34 y los más altos valores fueron los registrados en el mes de agosto con 15,7. Finalmente los sedimentos más altos fueron los análisis de las muestras del mes de diciembre con 3.82 (cuadro 10), observándose que en el análisis del aire las respuestas fueron muy variables sin poder determinar exactamente en qué mes se presentó la contaminación mayor para los tres parámetros de estudio por lo que se debió tomar en cuenta que la majestuosidad de un volcán o de un nevado nos hace detener un momento y repensar en cuan maravilloso es nuestro planeta o lugar donde habitamos.

Según Bradshaw. L. (2007), en muchos casos la conocida nube gris que vista la ciudad deja revelado que la contaminación por emisiones de ceniza cada día llega a índices alarmantes que inciden en el comportamiento del ecosistema y ecología de esta ciudad. La gran contaminación mundial afecta a los nevados y la conducta de los volcanes convirtiendo y llenando a nuestro planeta en incertidumbres atmosféricas. Los volcanes durante su proceso eruptivo emiten grandes cantidades de gases provenientes de las profundidades del centro de la tierra, estos gases son el producto de la fundición de las rocas a altas temperaturas. Las grietas volcánicas permiten que los gases y el vapor de agua presurizados en el interior del volcán, alcancen la superficie formando lo que se conoce como fumarolas. Las fumarolas están compuestas principalmente por



vapor de agua proveniente de las lluvias, y lo demás está constituido por gases de origen magmático. Sin embargo, estos gases muchos de ellos tóxicos se encuentran en bajas concentraciones y son generalmente diluidos en la atmósfera.

Dentro de los gases que son emitidos por los volcanes tenemos el dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, ácido sulfhídrico, hidrógeno y el flúor. Los gases pueden ser lavados por las lluvias que son acompañados por las erupciones, provocando lluvias ácidas que podrían impactar seriamente en el medio ambiente; este fenómeno puede ocurrir a kilómetros a la redonda del volcán. Este fenómeno es nocivo pues causa corrosión y daños en las vegetaciones aledañas.

El dióxido proveniente de este proceso eruptivo es más pesado que el aire y puede acumularse en las áreas bajas, alcanzando eventualmente altas concentraciones que pueden provocar serios problemas e incluso terminar con la vida de personas, animales y plantas. Adicionalmente el dióxido puede acumularse en las aguas de los lagos cratéricos, hasta alcanzar grandes concentraciones y ser expulsado violentamente a la atmósfera. El flúor en altos índices es tóxico y puede ser absorbido por las partículas de ceniza volcánica que posteriormente caen sobre el terreno.

Cuadro 10. RESULTADOS ANALÍTICOS DEL AGUA DE RIEGO DE LA HACIENDA CHOGLONTUS EN EL MES DE DICIEMBRE.

MESES	PARAMETROS		
	SO <sub>2</sub> dióxido de azufre (ug/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> dióxido de nitrógeno (ug/m <sup>3</sup> )	sedimentos totales (ug/m <sup>3</sup> )
AGOSTO	5,88	15,7	1,87
SEPTIEMBRE	4,17	12,2	0,3
OCTUBRE	7,44	9,75	0,13
NOVIEMBRE	8,99	4,34	0,18
PROMEDIOS	6,62	10,50	0,62

Fuente: CESTTA (2010).

## C. ANÁLISIS DE LAS MATRICES

### 1. Matriz de manejo ambiental por etapas de producción de pastizales

En la evaluación de la matriz del manejo ambiental por etapas de producción de los pastizales que se indica en el cuadro 11 y gráfico 2, manifiesta que en el momento de la cosecha el agua, el suelo y la pradera produce un impacto positivo ya que en el momento de la cosecha que se realizó por pastoreo no existe riego, mientras que el aire y la parte social producen impacto negativo por lo que el aire se encuentra contaminado por la ceniza volcánica que emana el volcán Tungurahua. En la post cosecha el agua produce impacto negativo ya que una vez que el animal sale del pastoreo se realizó el riego de la pradera para un retorno pronto del forraje, en cambio el aire, el suelo, la pradera y la parte social producen un impacto positivo.

En la preparación del suelo el agua, el aire y la pradera producen un impacto positivo, el suelo, y la parte social producen impacto negativo. En la fertilización el agua, el aire, el suelo, la pradera y la parte social presentaron un impacto negativo. En cuanto al riego el agua, el aire, el suelo, la pradera y la parte social presentaron un impacto negativo, ya que las erupciones volcánicas afectaron a las praderas por los flujos de lava, la caída de cenizas y proyectiles de fango y los gases tóxicos, deformación del paisaje, inundaciones por rompimiento de las paredes de un lago o por embobedamiento de arroyos y ríos, y derrumbes provocados por temblores.

Cuadro 11. MATRIZ DE MANEJO AMBIENTAL POR ETAPAS DE PRODUCCIÓN DE PASTIZALES.

ETAPA	RECURSO NATURAL	IMPACTO AMBIENTAL	DENOMINACIÓN CUANTITATIVA
COSECHA	Agua	No existe	0
	Aire	Si existe	1
	Suelo	No existe	0
	Pradera	No existe	0
	Social	Si existe	1
POST COSECHA	Agua	No existe	0
	Aire	No existe	0
	Suelo	No existe	0
	Pradera	No existe	0
	Social	Si existe	1
PREPARACIÓN DEL SUELO	Agua	No existe	0
	Aire	No existe	0
	Suelo	Si existe	1
	Pradera	No existe	0
	Social	Si existe	1
FERTILIZACIÓN	Agua	Si existe	1
	Aire	Si existe	1
	Suelo	Si existe	1
	Pradera	Si existe	1
	Social	Si existe	1
RIEGO	Agua	Si existe	1
	Aire	Si existe	1
	Suelo	Si existe	1
	Pradera	Si existe	1
	Social	Si existe	1

\* Si existe: 1

No existe: 0

Fuente: Haro, A. (2010).

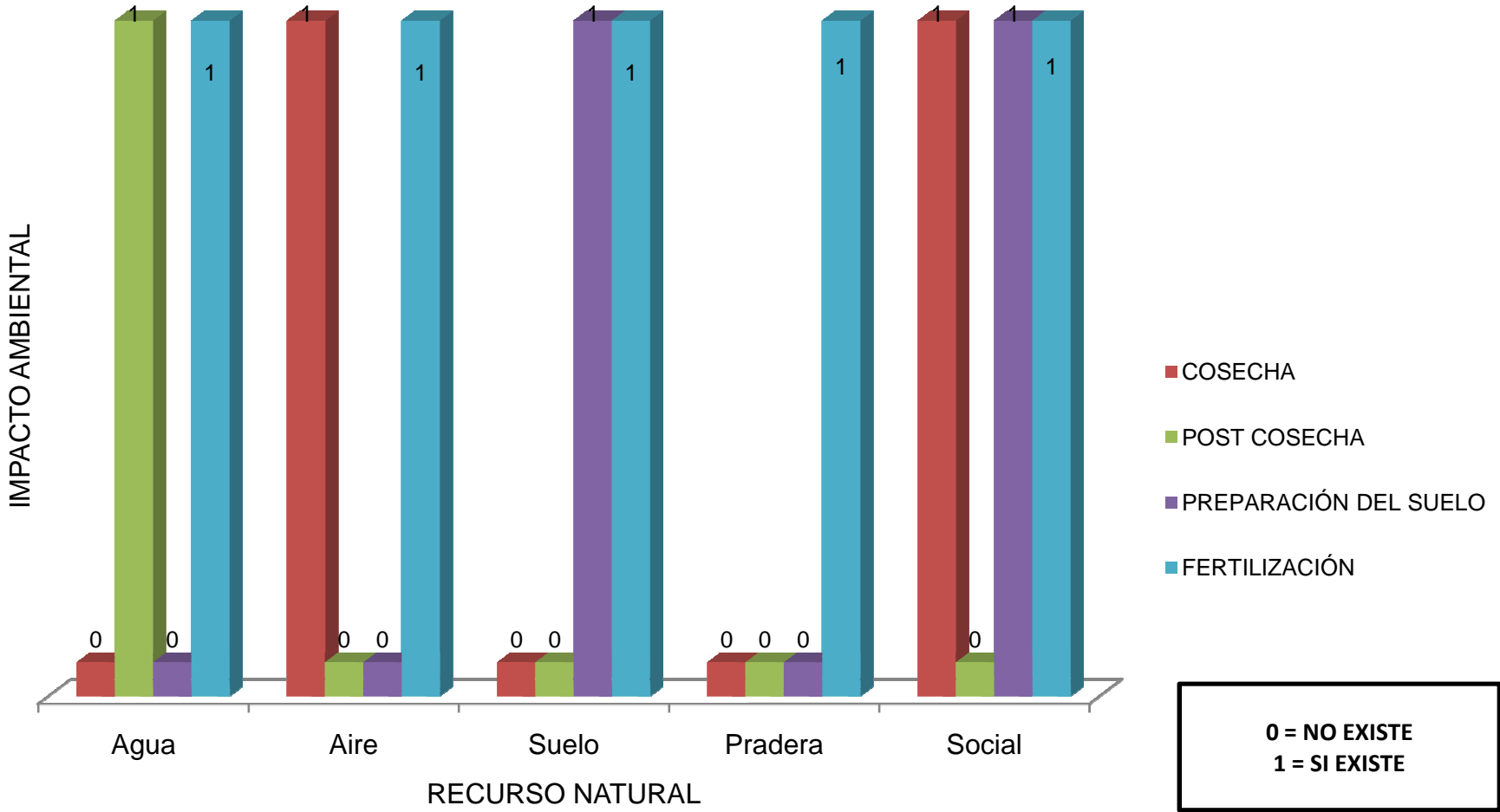


Gráfico 2. Matriz de manejo ambiental por etapas de producción de pastizales.

## **2. Matriz causa – efecto producido por el proceso eruptivo del volcán Tungurahua**

En la matriz causa – efecto producido por el proceso eruptivo del volcán Tungurahua se observó presencia de contaminación en el aire con alta naturaleza de impacto, duración temporal, de influencia local, alta intensidad y con un tipo de efecto no mitigable, debido a que el aire no siempre va estar contaminado de ceniza pero si de otros componentes que produzcan impactos negativos. En la contaminación de suelo si existe aparición de impacto de baja naturaleza ambiental con una duración temporal por lo que su intensidad es baja ya que su tipo de efecto es mitigable. La contaminación de agua de igual manera presenta impacto de alta naturaleza con una permanente duración siendo puntual en su área de influencia con alta intensidad y un efecto mitigable. En cuanto al efecto – socio económico también presenta impacto de baja naturaleza con una permanente duración de impacto ya que su área de influencia es local con baja intensidad y con efecto mitigable de impacto.

Esta matriz que se reporta en el cuadro 11, indica los efectos en la pradera, por causa de las erupciones volcánicas; es decir, la presencia de desertificación, degradación de los recursos naturales en tierras áridas que crean condiciones improductivas, resulta de un conjunto de acciones interrelacionadas e interdependientes, generalmente causadas por sequías combinadas con la presión de las poblaciones humanas y animales, caída de lodo, cenizas, piroplastos entre otros que imponen serios problemas para aquellos ganaderos y agricultores que apuestan a este trabajo. Pero en general el suelo de la hacienda “Choglontus” se encuentra erosionado, la misma que ocurre en todo tipo de condiciones climáticas, pero se le considera más dañina en zonas áridas ya que su combinación con la salinización es un causal de desertificación. Como indica Zeballos J, (1996), las erosiones eólicas ocurren en cualquier tipo de pendiente; y, tiene tres efectos principales como son: la pérdida de soportes y nutrientes

Cuadro 12. MATRIZ CAUSA – EFECTO PRODUCIDO POR EL PROCESO ERUPTIVO DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

IMPACTO AMBIENTAL IDENTIFICADO	APARICIÓN	NATURALEZA DEL IMPACTO	DURACIÓN	ÁREA DE INFLUENCIA	INTENSIDAD	TIPO DE EFECTO
Contaminación de aire	1	1	0,5	1	1	0
	Si	Alto	Temporal	Local	Alto	No mitigable
Contaminación de suelo	1	0	0,5	0,5	0	1
	Si	Bajo	Temporal	Puntual	Bajo	Mitigable
Contaminación de agua	1	1	1	0,5	1	1
	Si	Alto	Permanente	Puntual	Alto	Mitigable
Efectos socio - económicos	1	0	1	1	0	1
	Si	Bajo	Permanente	Local	Bajo	Mitigable

Fuente: Andrés Haro (2010).

Denominación cuantitativa:

Aparición: Si= 1; No= 0; Naturaleza del impacto: Alto= 1; Bajo= 0; Duración: Temporal= 0,5; Permanente= 1; Área de influencia: Local= 1; Puntual= 0,5; Intensidad: Alto=1; Bajo=0; Tipo de efecto: No mitigable= 0; Mitigable= 1

necesarios para el crecimiento de los cultivos; el daño causado por los sedimentos acumulados por la erosión en las corrientes de río abajo; y, la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua por la pérdida de suelos y la sedimentación de las cuencas y reservorios, lo que resulta en la reducción del flujo natural, la matriz causa efecto se ilustra en el gráfico 3.

### **3. Matriz de interacción entre los procesos de producción**

En la interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda "Choglontus" y la presencia de ceniza del volcán, se puede manifestar que existen afectaciones positivas de la calidad de los suelos en el momento de la cosecha, post cosecha, preparación del suelo y agregación de impacto en el momento de la fertilización y el riego. En el cambio de uso del suelo existe agregación de impacto en la cosecha, post cosecha y riego y afectaciones negativas en la preparación del suelo y fertilización. Por otra parte en la calidad del agua existe agregaciones positivas en el momento del riego, afecciones negativas en el momento de la cosecha y post cosecha y agregación de impacto en la preparación del suelo y la fertilización.

En la calidad del aire se puede manifestar afecciones positivas en el momento de la cosecha, post cosecha, riego y preparación del suelo, afecciones negativas en el momento de la fertilización. En cuanto a los olores existe afecciones positivas en el momento de la preparación del suelo y la fertilización, afecciones negativas en el momento de la cosecha y post cosecha, agregación de impacto en el momento del riego. Por otra parte existen afecciones negativas en los procesos de producción en la parte agrícola y ruidos. De igual manera existen afecciones positivas en todos los procesos de producción en la parte de relaciones con la comunidad y pastizales. Lo que tiene que ver con lo indicado por Yano E, (1990) que dice que casi todos los volcanes expulsan ceniza, pero su emanación varía ampliamente en volumen e intensidad, una densa caída de ceniza puede causar total obscuridad o reducir drásticamente la visibilidad. Las partículas finas de grandes erupciones viajan alrededor del mundo pudiendo también afectar el clima mundial. Las nubes de polvo y ceniza pueden permanecer en el aire durante días

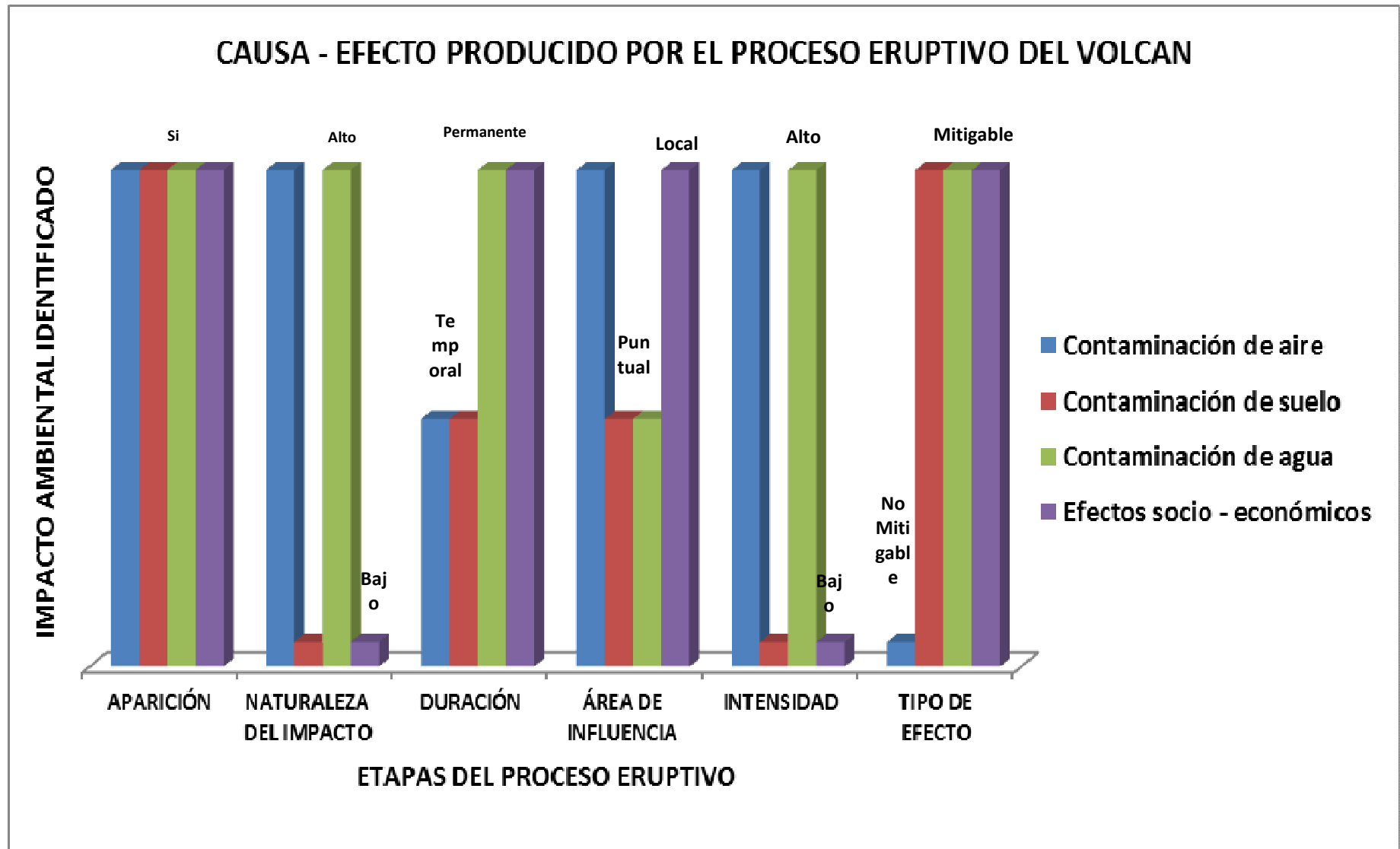


Grafico 3. Matriz Causa – Efecto producido por el proceso eruptivo del volcán Tungurahua.



o semanas y diseminarse sobre grandes distancias, causando problemas respiratorios y dificultad para realizar las labores agrícolas como también afectan en el animal. Pero sin embargo los fértiles suelos volcánicos y los pintorescos terrenos atraen a la gente a instalarse en las faldas de los volcanes.

#### **4. Matriz cualitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda “Choglontus” y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua**

En interacción cualitativa entre los procesos de producción forrajera de la hacienda “Choglontus” y la presencia de ceniza del volcán en la pradera como se indica en el cuadro 12 y grafico 4, registró un alto impacto en los procesos de producción en la calidad del aire, olores, ruidos y en los factores agrícolas. Por otro lado existe impacto moderado en los procesos de producción en la calidad del agua y bajo impacto en los procesos de producción en la calidad de los suelos, cambios de uso del suelo, relaciones con la comunidad y pastizales.

El modo más eficiente para reducir el daño causado por deslizamientos de tierra es situar los proyectos de desarrollo en terreno estable y utilizar las áreas susceptibles a deslizamientos de tierra como espacios abiertos o para actividades de poca intensidad, por ejemplo parques o pastizales. Se debe establecer controles para el uso de la tierra con objeto de prevenir que las áreas amenazantes se usen como asentamientos o para situar estructuras de importancia. Estos controles también deben tener en cuenta la reubicación fuera de las zonas peligrosas, particularmente si ya existen sitios alterativos.

Según <http://www.volcanes.com>.(2010), debe restringirse el tipo y la cantidad de construcciones , como son establos, casas, reservorios, plantas de ordeño, entre otras que se asienten en áreas de alto riesgo, restringiéndose también las actividades que puedan activar un deslizamiento de tierra como puede ser el sobrepastoreo, las siembras excesivas, entre otras. En lugares donde la necesidad de tierra es crítica, puede justificarse el uso de métodos de ingeniería

Cuadro 13. MATRIZ DE INTERACCIÓN ENTRE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN FORRAJERA DE LA HACIENDA CHOGLONTUS Y LA PRESENCIA DE CENIZA DEL VOLCÁN.

			PROCESOS DE PRODUCCIÓN									
			Cosecha		cosecha		del suelo		Fertilización		Riego	
FACTORES	COMPONENTES	FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS										
Abióticos	Suelo	A. Calidad de los suelos	A	1	A	1	A	1	C	0,5	C	0,5
		B. Cambio de uso en el suelo	C	0,5	C	0,5	B	-1	B	-1	C	0,5
	Agua	A. Calidad del agua	B	-1	B	-1	C	0,5	C	0,5	A	1
	Aire	A. Calidad del aire	A	1	A	1	A	1	B	-1	A	1
		B. Olores	B	-1	B	-1	A	1	A	1	C	0,5
		C. Ruidos	B	-1	B	-1	B	-1	B	-1	B	-1
Culturales	Económicos	A. Relaciones con la comunidad	A	1	A	1	A	1	A	1	A	1
	Usos del suelo	A. Pastizales	A	1	A	1	A	1	A	1	A	1
		B. Agrícolas	B	-1	B	-1	B	-1	B	-1	B	-1

A: afectaciones positivas= 1

B: afectaciones negativas= - 1

C: agregación de impacto= 0

Fuente:

Haro,

A.

(2010)

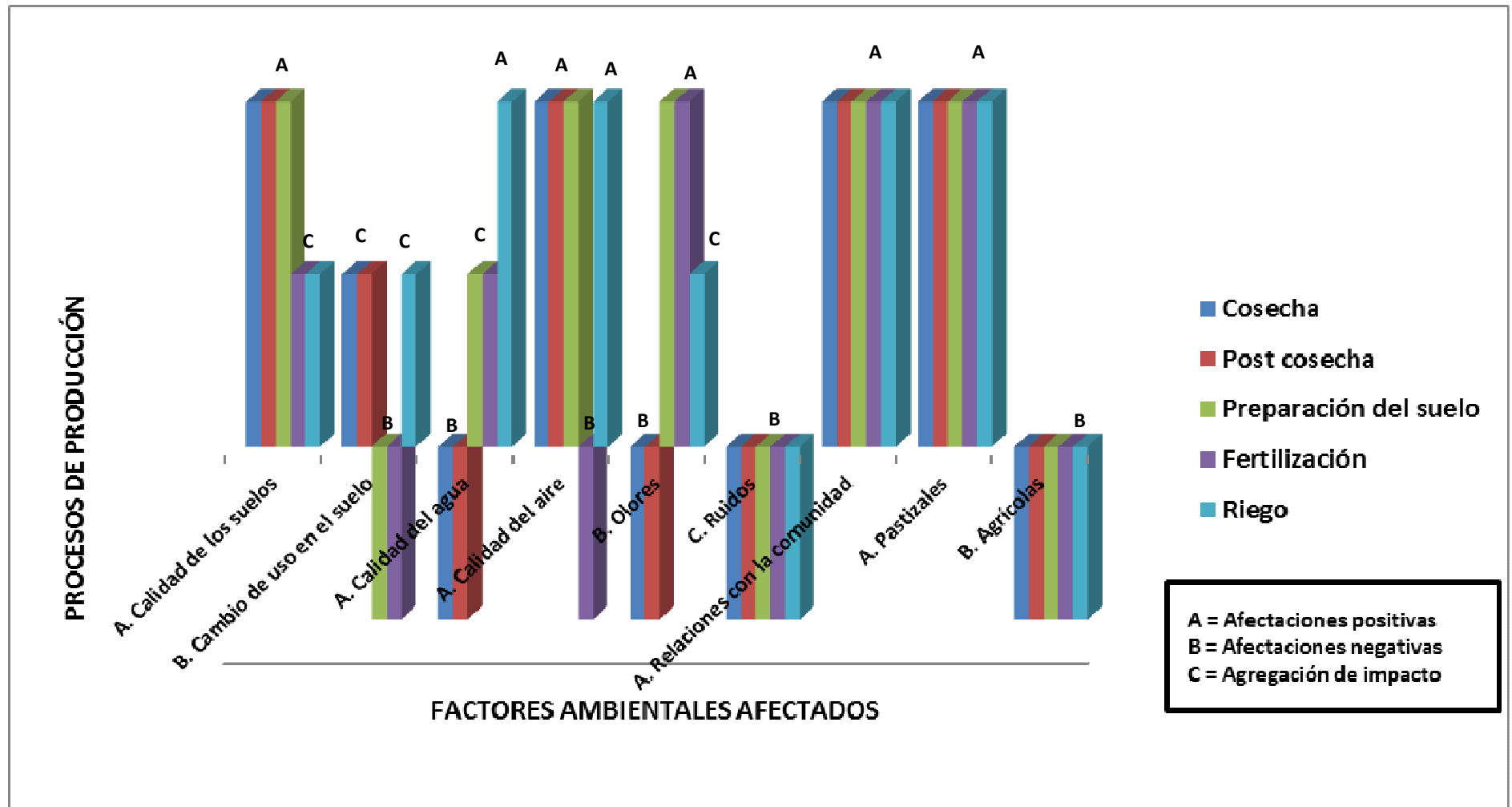


Gráfico 4. Matriz de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán.

costosos para estabilización. Los gobiernos deben asumir la responsabilidad de los gastos de reparación por daños causados por los deslizamientos de tierra así como también los esfuerzos para prevenirlos. Las actividades de control de deslizamientos de tierra originalmente tenían conexión con la legislación de conservación para el mejoramiento de los suelos, control de erosión y mantenimiento de la tierra agrícola y forestal. Posteriormente se dispuso por ley un amplio programa de control dedicado exclusivamente a deslizamientos de tierra, por medio del cual el gobierno asume los gastos de recuperación de desastres naturales de los cuales ningún individuo es responsable.

Hay diferentes grados de alteración de las comunidades naturales que constituyen un ecosistema, que van desde la simple explotación de algunos de sus recursos vegetales y animales que conduce a cambios en las densidades demográficas de las especies explotadas, hasta la radical destrucción de las comunidades y del suelo en que éstas se desarrollan, como ocurre en los casos más extremos de erosión.

##### **5. Matriz cuantitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán**

La interacción cuantitativa que se registro entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza volcánica como de las erupciones del volcán Tungurahua, se indica en el cuadro 13, no se observa en la pradera afectación en los procesos de producción, en la calidad de los suelos y cambio de uso de los suelos. Mientras que se registra un 31% de afecciones en los procesos de producción en la calidad del agua. Un 30% de afecciones en los procesos de producción en las relaciones con la comunidad y los pastizales. Un 61% de afectaciones en los procesos de producción en la calidad del aire y un 100% de afectaciones en los procesos de producción en cuanto a los factores de olores, ruidos y factores agrícolas, ya que como observamos, un alto porcentaje de especies forrajeras nativas han desaparecido y las únicas especies que han resistido fueron el ray grass, kikuyo y pasto azul, que ha servido de alimento para el ganado.

Cuadro 14. MATRIZ CUALITATIVA DE INTERACCIÓN ENTRE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN FORRAJERA DE LA HACIENDA CHOGLONTUS Y LA PRESENCIA DE CENIZA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA EN LA PRADERA.

			PROCESOS DE PRODUCCIÓN									
			Cosecha		Post cosecha		Preparación del suelo		Fertilización		Riego	
FACTORES	COMPONENTES	FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS										
Abióticos	Suelo	A. Calidad de los suelos	c	0	c	0	c	0	c	0	c	0
		B. Cambio de uso en el suelo	c	0	c	0	c	0	c	0	c	0
	Agua	A. Calidad del agua	b	0,5	b	0,5	b	0,5	b	0,5	b	0,5
	Aire	A. Calidad del aire	a	1	a	1	a	1	a	1	a	1
		B. Olores	a	1	a	1	a	1	a	1	a	1
		C. Ruidos	a	1	a	1	a	1	a	1	a	1
Culturales	Económicos	A. Relaciones con la comunidad	c	0	c	0	c	0	c	0	c	0
	Usos del suelo	A. Pastizales	c	0	c	0	c	0	c	0	c	0
		B. Agrícolas	a	1	a	1	a	1	a	1	a	1

a: de impacto alto= 1

b: de impacto moderado= 0,5 c: de impacto bajo= 0

Fuente: Haro, A. (2010).

Para Guerrero, A. (1996), la pirámide trófica que caracteriza a un ecosistema puede ser muy fácilmente alterada o modificada sin que a primera vista se aprecie un daño sobre la comunidad viviente, pero a la larga los efectos pueden aparecer y modificar la estructura de las comunidades, un ejemplo palpable de este caso es la destrucción de los pastizales de la hacienda "Choglontus" en que la mayoría de especies nativas y de forrajes que constituían las fuentes de nutrientes para los animales han desaparecido sea porque se han quemado o porque los suelos han sido demasiado ácidos que impidieron que vuelvan a florecer y únicamente han podido sobrellevar estas condiciones fueron especies como el ray grass, que es de germinación algo más lenta, su color es verde más oscuro o profundo, tiene una tasa de crecimiento menor y resiste más las altas temperaturas antes de desaparecer. La Matriz cualitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus se ilustra en el gráfico 5.

Su más importante característica es el buen crecimiento inicial con lo cual brinda un establecimiento de la mezcla más homogéneo ya que de otra manera el suelo queda desprotegido por un periodo el cual favorece al crecimiento de las malezas. Gracias a estas características es muy apto para intersembras; como así, para la elaboración de mezclas de césped. El kikuyo es una gramínea de origen africano, de mayor presencia, de las más comunes y mejor adaptadas en las zonas de clima frío, a una altitud entre 1000 y 3200 m.s.n.m. Se adapta a cualquier tipo de suelo, pero no prospera bien si éstos son muy pobres.

Resiste especialmente a la sequía y su óptima producción se obtiene en suelos de alta fertilidad con un mínimo de 750 mm de precipitación anual. Es una planta que se extiende superficialmente, posee rizomas gruesos y succulentos, que pueden alcanzar hasta un metro de longitud. Se propaga vegetativamente por medio de estolones. Las hojas alcanzan de 10 a 20 cm de largo, y de 8 a 15 mm de ancho. Algunos tallos crecen erectos (50 a 60 cm). Se usa para pastoreo, ensilaje, heno, prados y campos de deporte. Como se puede ver en la observación de las especies forrajeras existen algunas variedades que soportan las altas temperaturas provocadas por la caída de la ceniza es por eso que se debería fomentar la siembra de ellas para abastecer de alimento al ganado, pero

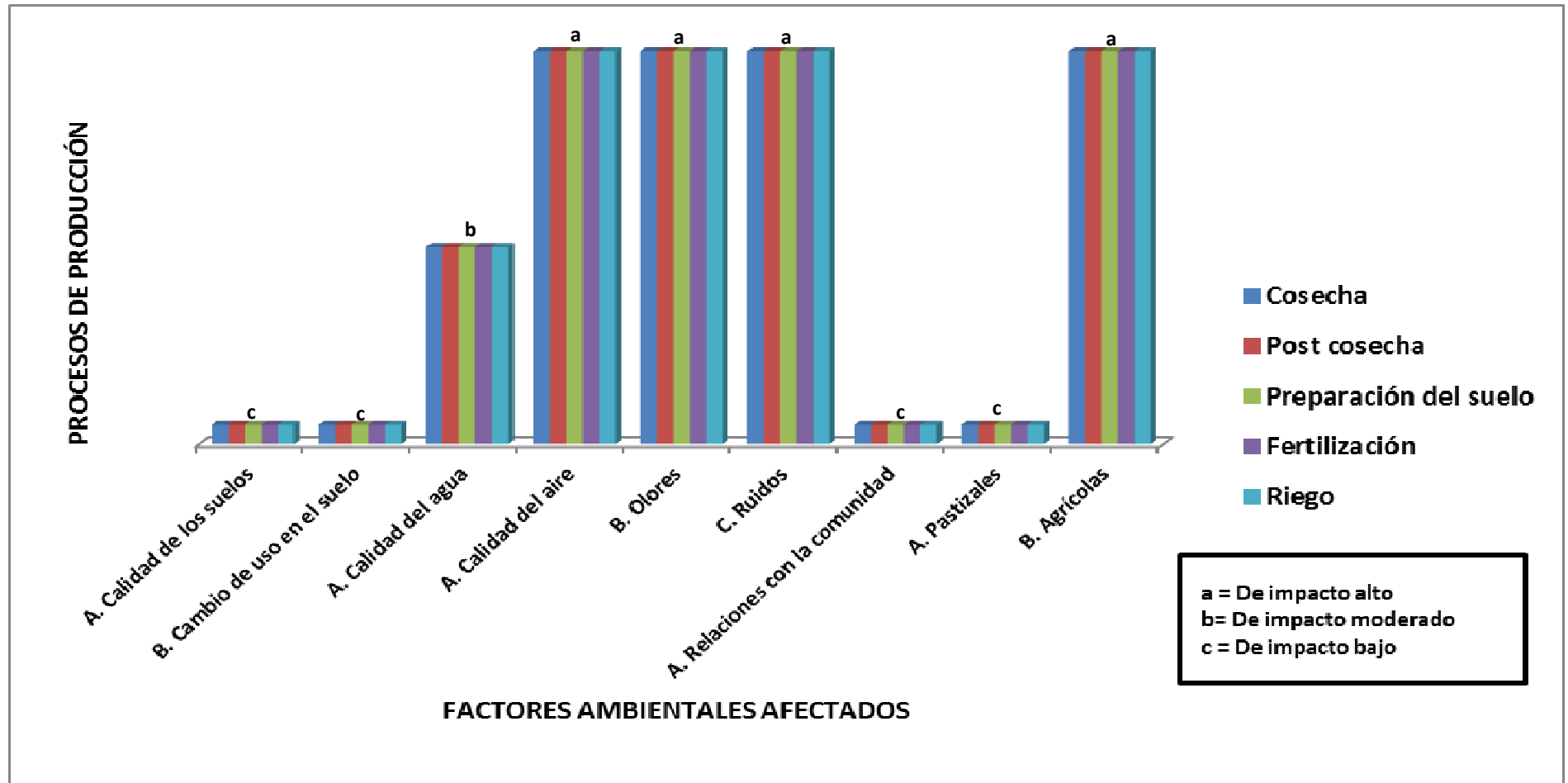


Gráfico 5. Matriz cualitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.

siempre con las debidas precauciones para no perjudicar su salud .Cuando se hace un mal manejo de este pasto, por ejemplo un sobrepastoreo, existe el riesgo de invasión de la maleza conocida como lengua de vaca. Y el pasto azul que se adapta desde 2600 m hasta 3200 m al aumentar la altitud su expresión fenotípica es mejor. A 3200 metros emerge en 20 días, el primer pastoreo se puede realizar a los 80 días después de la siembra., tiene excelente resistencia a roya. Presenta un denso cubrimiento, esta condición hace praderas con buena cobertura, de buena digestibilidad y alto contenido de proteína.

Esto mismo puede ocurrir dentro de cualquier otro ambiente natural, y de hecho está ocurriendo continuamente sin que las personas interesadas en la ecología tengan suficientes elementos para interpretar estos cambios por falta de estudios profundos. Los agricultores y pastores han utilizado al fuego con varios propósitos, como la limpieza de los terrenos recién desmontados para la agricultura, la eliminación de residuos agrícolas, la eliminación de la vegetación con fines de destrucción de malezas, plagas y animales peligrosos y la quema de los pastizales para favorecer el desarrollo de renuevos verdes para el ganado y para la cacería, ya que el fuego puede facilitar el acorralamiento de animales en zonas restringidas o la salida de algunos de ellos de sus guaridas.

Además Andrade, W. (1993), señala que el fuego es por lo tanto un instrumento importante de la colonización y expansión del hombre sobre la Tierra, pero esto ha tenido consecuencias en la generación de paisajes que difieren de lo que originalmente existía. Una prueba de lo anterior es el hecho de que ciertas praderas comienzan a cubrirse de árboles tan pronto como los fuegos periódicos son interrumpidos, como es el caso de los pastizales después de una erupción volcánica. La Matriz cuantitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera reporta efecto beneficios y negativos para la hacienda por lo que las respuestas de la evaluación de la matriz cuantitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera se reportan en el cuadro 15 y gráfico 6.



Cuadro 15. MATRIZ CUANTITATIVA DE INTERACCIÓN ENTRE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN FORRAJERA DE LA HACIENDA CHOGLONTUS Y LA PRESENCIA DE CENIZA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA EN LA PRADERA.

			PROCESOS DE PRODUCCIÓN					
			Cosecha	Post cosecha	Preparación del suelo	Fertilización	Riego	
FACTORES	COMPONENTES	FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS						
Abióticos	Suelo	A. Calidad de los suelos	0	0	0	0	0	0
		B. Cambio de uso en el suelo	0	0	0	0	0	0
	Agua	A. Calidad del agua	31	31	31	31	31	155
	Aire	A. Calidad del aire	61	61	61	61	61	305
		B. Olores	100	100	100	100	100	500
		C. Ruidos	100	100	100	100	100	500
Culturales	Económicos	A. Relaciones con la comunidad	30	30	30	30	30	150
	Usos del suelo	A. Pastizales	30	30	30	30	30	150
		B. Agrícolas	100	100	100	100	100	500
			452	452	452	452	452	

Fuente: Andrés Haro (2010).

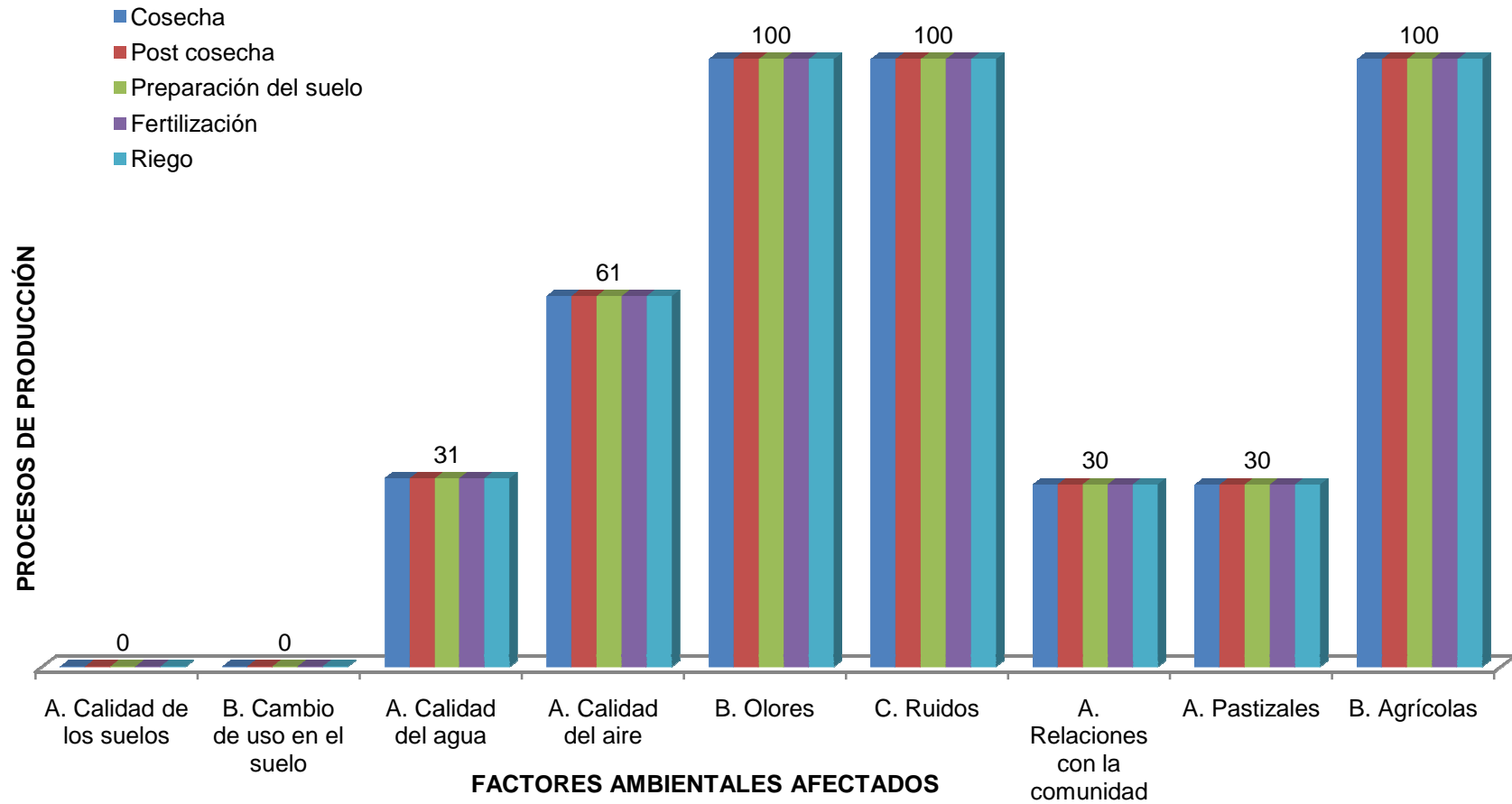


Gráfico 6. Matriz cuantitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.

## **D. PLAN DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL**

Los pastizales conforman uno de los biomas más extendidos del planeta, aunque no hay coincidencia, datos de distintos autores indican que entre un 31 y un 43 % de las tierras del planeta están ocupadas por pastizales, se trata de un bioma de gran plasticidad ambiental, con variantes biológicas que comprenden distintos tipos de sabanas, estepas gramíneas y arbustivas, praderas templadas, praderas y sabanas anegables, praderas y arbustales montañosos, tundras etc. Se considera que más del 50% de los biomas de pastizal manifiestan actualmente distintos niveles de degradación, que oscila entre leve y extrema. La historia del uso de la tierra en los últimos 300 años demuestra que un porcentaje significativo de tierras de pastizales y de tierras boscosas ha sido convertido en tierras agrícolas y tierras urbanas. Es así que muchos pastizales del mundo se encuentran fragmentados por mosaicos de cultivos anuales y pasturas cultivadas.

De acuerdo a los parámetros de información seleccionados sobre la contaminación por las cenizas a las praderas de la hacienda, en los cuales se tomaron en cuenta los procesos de producción realizados con respecto a los factores abióticos y culturales y los factores ambientales afectados, en los cuales las actividades realizadas para mejora y recuperación tanto de los pastizales como del suelo y el agua de riego, serían:

### **1. En cuanto al aire**

En cuanto al aire de la hacienda Choglontus y sus alrededores no se puede realizar ningún proceso de recuperación ya que la contaminación producida por la caída de ceniza no es permanente ni predecible por lo que el aire siempre estará en constante variación y solo se verá afectado en el momento eruptivo del volcán Tungurahua. Por lo que para manejar racionalmente cualquier ecosistema necesitamos conocer su "fisiología" o funcionalidad. Un primer aspecto que deben reconocer los biólogos y los agrónomos es que gran parte del conocimiento científico y técnico se ha generado a partir de estudios que han abarcado una ventana reducida de espacio y de tiempo. Cuesta a menudo reconocer que

detrás del corto plazo y de la escala geográfica reducida operan procesos complejos que escapan a la percepción; y que, para ser entendidos y manejados, requieren un enfoque espacial y temporal mucho más amplio que el convencional. Pero el largo plazo y el macro-espacio plantean problemas singulares que nuestros ensayos agronómicos convencionales no logran abordar con éxito, uno de ellos es la erupción volcánica que muchas veces termina con el ecosistema de la región.

## **2. En cuanto al suelo**

En cuanto al suelo de la hacienda Choglontus se realizó una fertilización del suelo tomando en cuenta los parámetros de los análisis del suelo de la fertilización en el RAI. En un primer momento, el efecto de la acumulación de ceniza y de la lluvia ácida en el suelo es contaminante por los componentes químicos que queman la vegetación e inutilizan el suelo por varios meses. Posteriormente, el suelo puede beneficiarse de un enriquecimiento de sus nutrientes a causa de la reacción química con la ceniza. En los suelos con uso y vocación agrícola, la mezcla de ceniza volcánica con tierra aumenta la fertilidad para los cultivos y cosechas siguientes, favoreciendo así el crecimiento de las plantas y la cobertura vegetal. A diferencia de la caída de ceniza, los lahares, los flujos piroclásticos o los flujos de lava sobre el suelo dañan su potencial agrícola, porque el suelo queda cubierto por gruesas capas de lodo y sólidos inertes, que no permiten su recuperación, ni un fácil aprovechamiento. La agricultura se vio afectada cuando la ceniza se depositó sobre los árboles y las plantas, haciendo que éstas se desgajen o que sus hojas se aniquilen por los depósitos de ácido. Al contaminar la cobertura vegetal, las cenizas afectan indirectamente al ganado cuando éste ingiere junto con el pasto grandes cantidades de ceniza; en algunos casos la ceniza puede provocar la muerte de los animales de pastoreo por inanición y/o intoxicación.

## **3. En cuanto al agua**

El Impacto en la calidad del agua como consecuencia de erupción volcánica se

genera por la precipitación de ceniza volcánica que puede disminuir el pH (ácidos minerales fuertes  $H_2SO_4$ , HCl y HF) del agua superficial de lagos, ríos y quebradas más allá de los límites aceptables y alterar sus características de sabor, olor, color y turbiedad del agua y oxígeno disuelto. Además, la contaminación química puede ser potencialmente nociva en el caso de los lixiviados. Los más comunes son lixiviados de Cl,  $SO_4$ , Na, Ca, K, Mg, F y otros elementos, que pueden encontrarse a concentraciones más bajas incluyen Mn, Zn, Ba, Se, Br, B, Al, Si, Cd, Pb, As, Cu y Fe. El exceso de flúor se reconoce como de los más peligrosos lixiviados para humanos y animales. Puede generarse también contaminación biológica debido a muerte de organismos (mamíferos y peces) en el agua y por crecimiento microbiano en el agua turbia.

## **E. APLICACIÓN DEL PLAN DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL**

La necesidad de prevenir y mitigar los efectos resultantes de la ocurrencia de desastres de origen natural y antrópico en la hacienda Choglontus y sus alrededores se ha convertido en uno de los temas prioritarios para diferentes grupos sociales y gubernamentales vinculadas con el manejo del medio ambiente y los recursos naturales. Para la aplicación del Plan de Administración Ambiental se lo realizara mediante el plan elaborado realizada de la siguiente manera: Amenaza (Peligro). Factor de riesgo derivado de la probabilidad de que un fenómeno de posibles consecuencias negativas, se produzca en un determinado tiempo y lugar. No existe amenaza sin vulnerabilidad. Tradicionalmente se clasifica a las amenazas en: naturales, antrópicas y socio-naturales.

Las amenazas naturales tienen su origen en la dinámica propia de la corteza terrestre, de la atmósfera y de la biota (ejemplos: terremotos, erupciones volcánicas, huracanes, tsunamis, lluvias torrenciales, entre otras). Las amenazas antrópicas son atribuibles a la acción humana directa sobre elementos de la naturaleza y/o de la sociedad ejemplos: vertimiento de residuos sólidos o efluentes, que provoca contaminación del agua; liberación de partículas contaminantes al aire, que ocasiona enfermedades respiratorias, las amenazas socio-naturales se expresan a través de fenómenos de la naturaleza, pero en su

ocurrencia o intensidad interviene la acción humana. Para lo cual se han planteado varias acciones que están encaminadas a la reconstrucción, conservación y progreso de la tierra cultivada las cuales fueron:

### 1. Cosecha

La cosecha de los pastizales se ha realizado mediante pastoreo de los bovinos de producción lechera con una carga animal por hectárea de 1,6 UBA/Ha. Siendo de esta manera utilizadas sus praderas y pastizales de la hacienda "Choglontus".

### 2. Preparación del suelo y la pradera

La preparación de la pradera previo a la fertilización se realizó mediante un corte de igualación de la misma post cosecha, ya que la Hacienda no dispone de maquinaria se realizó un corte de igualación manual para trabajar con rebrotes.

### 3. Fertilización de la pradera

Para la fertilización se dispondrá de los elemento (Nitrógeno, fosforo, potasio y materia orgánica) ya calculados para 1000m<sup>2</sup>, la cual para cumplir con los requerimientos de nitrógeno utilizaremos 10Kg, de urea en suelo húmedo y para cumplir con los requerimientos de fosforo, potasio y materia orgánica se utilizara 225Kg de materia orgánica entera en este caso gallinaza y 45Kg de humus.

Cuadro 16. FERTILIZACIÓN DEL SUELO PARA 1000m<sup>2</sup>.

		UNIDAD	CANTIDAD
MATERIA	ORGÁNICA	Kg	25.000
ENTERA			
HUMUS		Kg	5.000
UREA		Kg	100

Fuente: Haro, A. (2011).

## **F. VISIÓN DEL PLAN DE ADMINISTRACION AMBIENTAL**

La visión del Plan de Administración Ambiental de la hacienda Choglontus se encuentra enmarcada en los aspectos definidos para el plan Estratégico de la zona como son: Los productores y trabajadores de los alrededores de la hacienda “Choglontus” tienen acceso a servicios básicos de salud, infraestructura y educación así como a mercados e inversiones que les permite mejorar sus ingresos y la satisfacción de sus necesidades, combinando actividades empresariales agrícolas y no agrícolas y servicios ambientales que se han fortalecido como instancias de manejo, velando por la generación de beneficios en el área. Los elementos relevantes que el Plan retoma de la visión son: el acceso a servicios básicos y el acceso a servicios ambientales. Ambos elementos implican acciones de conservación de los recursos, especialmente del suelo, aire y agua de la hacienda y sus alrededores como también mitigación de la contaminación y prevención del deterioro en el largo plazo.

### **1. Objetivos e impactos esperados**

#### **a. Objetivos**

Por objetivos a definir para realizar las acciones de mitigación de la contaminación ambiental de la hacienda Choglontus por efecto de la erupción del volcán Tungurahua estuvieron orientados a:

- La conservación, recuperación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales: agua, suelo, bosque.
- Disminución del riesgo por desabastecimiento de agua, eventos naturales y antrópicos en el área de la hacienda “Choglontus”.
- La producción agrícola y ganadera sostenible que incluye el potencial económico de los productos y la mitigación del impacto ambiental.

- La focalización geográfica de las intervenciones dentro del área y los actores claves con los cuales se desarrollarán las acciones.

#### **b. Impactos**

- Mantener e incrementar la oferta de agua para usos múltiples en el área, como también mantener e incrementar la cobertura vegetal resistente a las condiciones ambientales después de la erupción y reducir la tasa de deforestación.
- Disminuir el riesgo por desabastecimiento de agua en poblaciones críticas y de eventos naturales asociados a inundaciones, deslizamientos o incendios.
- Aportar en la generación de ingresos y empleo a través del uso sostenible de los recursos naturales, el mejoramiento de la calidad ambiental y fomento de alternativas productivas generadas por los mercados verdes y ecoturismo.
- Contribuir a la reducción de efectos a la salud humana y animal asociados a la contaminación por aguas residuales rurales y urbanas y desechos sólidos y agroindustriales.

#### **G. PRINCIPIOS DE LAS INTERVENCIONES**

Los principios del Plan de Gestión Ambiental se encontraron ligados a los siguientes principios:

- Conservación de los pastizales de la hacienda Choglontus en regulación hídrica/ calidad de agua/ proveedora/ recarga de agua en cantidad y calidad. Ello implicadefinición de mecanismos de retribución de estos servicios por parte de lapoblación localizada en la cercanía de la hacienda. Y que esta retribución sea reinvertida en las demás poblaciones (pagos por servicios



ambientales); lo anterior con el fin de mejorar la infraestructura básica para agua potable, desechos sólidos, aguas negras.

- Que las actividades agrícolas sean intensivas en el uso de la mano de obra. Diversificación de las fuentes de ingresos: agrícola -servicios ambientales comercio; para minimizar la vulnerabilidad económica de la población.
- Consolidación del sector rural o sea la integración de la agricultura con el sector de transformación y comercialización (ej. agroindustria.).
- Generación de opciones no agrícolas en zonas agrícolas: pequeñas industrias, pequeñas empresas que permitan estabilizar la población en las zonas rurales.
- Desarrollo de oportunidades de empleo en zona rural combinando potencial de los recursos naturales (ecoturismo, materias primas para artesanía, productos agrícolas no tradicionales) con otras potencialidades.

## **H. EJES ESTRATÉGICOS**

Los ejes estratégicos fueron definidos tomando en cuenta el diagnóstico rápido del estado de los recursos naturales, las condiciones del suelo y la visión de largo plazo para la zona. Responden a las principales problemáticas, identificadas en la zona de Choglontus, de los recursos agua, bosque, suelo y riesgos ambientales. Algunas de las acciones propuestas en los ejes presentan traslapes entre sí debido a las interrelaciones que se presentan con los recursos naturales.

### **1. Producción, protección y acceso al agua, saneamiento básico e infraestructura social**

En este eje se definieron acciones para mantener, incrementar y mejorar la calidad y cantidad de la oferta de agua, déficit de saneamiento básico e infraestructura social, calidad del suelo, estado de los pastizales de la hacienda entre otras. Se parte de la necesidad de agua de aproximadamente el 37 % de los habitantes del área del programa quienes no cuentan con abastecimiento de agua

por tuberías y del gran porcentaje de los sistemas de agua establecidos que presentan problemas de calidad. Adicionalmente en dos de las zonas identificadas se cuenta con potencial para desarrollar agricultura intensiva con sistemas de riego potenciando las oportunidades de desarrollo económico. Finalmente, esta zona forma parte del sistema de río Blanco, y su dinámica genera impactos positivos (producción de agua) y negativos (contaminación y sedimentos) hacia la parte media y baja de la hacienda. Estas intervenciones buscan incidir en las dinámicas que afectan la disponibilidad en cantidad y calidad del agua, para satisfacer la demanda de los diferentes usos requeridos en el área y a lo largo de las poblaciones vecinas. Por lo tanto las acciones del Programa debieron encaminarse a la prevención, mitigación, y restauración del recurso en áreas críticas dentro de las zonas priorizadas. En este sentido fue necesario abordar el cambio de uso del suelo, la contaminación por diversas causas y las necesidades de abastecimiento de agua.

- El impacto esperado es el incremento de la disponibilidad de agua para usos consuntivos, productivos (agrícola, recreativos) y ecológico de fuentes superficiales y subterráneas. Los beneficios se consideran tanto dentro como fuera del área de intervención. Los ámbitos de acción del eje son los sitios ubicados como áreas críticas según el menú de intervenciones identificado.
- El propósito general fue la disminución del deterioro de los recursos hídricos por pérdida de la cobertura boscosa, erosión de suelos y contaminación del agua por diversas fuentes y promover el acceso al agua y saneamiento básico.
- Se consiguió la mitigación de la contaminación para lo cual se realizaron acciones dirigidas hacia la mitigación de las fuentes principales de contaminación hídrica en la zona: desechos sólidos, desechos del beneficiado y de saneamiento básico.
- No se propuso como línea de acción el tratamiento de las aguas negras debido a la magnitud de la inversión requerida en esta área. Aunque las acciones no son competencia del Programa en su totalidad, se puede brindar apoyo técnico y financiero a los diferentes actores directamente responsables,

quienes en ocasiones requieren colaboraciones puntuales para dar respuesta a la problemática. También es importante tomar en cuenta que pueden desarrollarse acciones piloto en áreas priorizadas que sirvan de modelo a seguir en el tema.

- Disminución de la degradación del suelo en áreas críticas: incluye capacitación, sensibilización y asistencia técnica para la implementación de prácticas que incrementen los niveles de cobertura, conservación de suelos y agua.
- Estabilización de la cobertura forestal: se promoverá el uso sostenible de los recursos forestales para que cumplan con funciones económicas y ambientales de manera que se disminuya la tasa de deforestación.
- Protección de fuentes de agua y áreas de recarga hídrica: Se desarrollaron acciones en coordinación con las comunidades y municipalidades que gestionen la protección de fuentes de abastecimiento de agua y áreas de recarga. Las acciones a desarrollar son asistencia técnica, gestión cofinanciamiento de pequeñas obras de protección y acceso al agua potable.

## **2. Producción y valorización de servicios ambientales**

En este eje se detallan las acciones que buscaron garantizar la permanencia e incremento de los servicios ambientales generados en la zona: protección de la biodiversidad, mitigación del cambio climático, mitigación de riesgos y su valorización económica que contribuya a buscar mecanismos de sostenibilidad. La identificación y desarrollo de sistemas de compensación por servicios ambientales que permitan flujos económicos, locales o nacionales contribuirá a mantener los servicios ambientales para el área en general y en áreas específicas, para lo cual se han identificado oportunidades de conservación y generación de servicios ambientales asociados al manejo bosque y a la inclusión de prácticas de agricultura sostenible en las áreas agrícolas. Los impactos esperados incluyeron la protección de la biodiversidad, estabilización micro

climática, protección del suelo, disminución de generación de sedimentos y garantizar la calidad y cantidad de agua. Los beneficios de la implementación de las acciones del eje son locales y regionales. El ámbito de acción prioritario son las áreas naturales que sirven de alimento, las zonas de recarga hídrica y las zonas con potencial de producción orgánica y certificada. El propósito general fue:

- Garantizar la provisión de servicios ambientales del área y desarrollar mecanismos de sostenibilidad.
- Fortalecimiento de la conservación en áreas naturales de la hacienda Choglontus: se propone desarrollar acciones diversas que contribuyan al mantenimiento de las áreas y sus funciones ecológicas de acuerdo a los nuevos enfoques participativos.
- Establecimiento de sistemas de protección de las especies que evidenciaron resistencia los efectos de una erupción volcánica como fueron ray grass, kikuyo y pasto azul mediante acciones que buscan la sostenibilidad local de los recursos que están generando los servicios ambientales para beneficio de la producción ganadera.

### **3. Gestión local de riesgos**

Las intervenciones identificadas para este eje incluyen acciones de organización comunitaria para la disminución de riesgos ambientales. La zona de investigación como es la hacienda Choglontus presenta amenazas de carácter natural y antrópicas que para el eje de gestión de riesgo, son consideradas altas, el trabajo realizado cuenta con una propuesta metodológica desarrollada por

- Prevención y mitigación de impactos de desastres naturales, a partir de la cual se han retomado los elementos centrales que se presentan en el mismo.
- Plan de Gestión Ambiental que debieron ser adecuadamente gestionadas para la disminución del riesgo para la población de la zona.

- El impacto de las intervenciones en la disminución de la vulnerabilidad de las comunidades frente a las amenazas presentes y generación de la capacidad de respuesta en las comunidades para contrarrestar los efectos de los fenómenos naturales.
- El ámbito de acción son las zonas de alta vulnerabilidad frente a amenazas ambientales y los beneficios son percibidos local y regionalmente.

#### **a. Propósito**

- Reducir la vulnerabilidad frente a las amenazas naturales y antrópicas de la zona fortaleciendo las capacidades locales de prevención, mitigación y respuesta.
- Fortalecimiento de las capacidades locales para la gestión de riesgo e implementación de programas para la reducción de riesgos y gestión de riesgo con entidades nacionales

#### **4. Menú de intervenciones y líneas de acción**

Se detalla el menú de intervenciones sugerido y las líneas de acción a desarrollarse en cada eje estratégico. En todos los ejes se propone acciones de fortalecimiento que tienen como objetivo contribuir al incremento de las capacidades administrativa, de gestión y económica de actores locales y favorecer los procesos de gestión de servicios y del desarrollo local. En este sentido deberán establecerse actividades en conjunto con los involucrados para detallar las acciones necesarias.

#### **a. Propósito 1: Mitigación de la contaminación**

Para realizar la mitigación de la contaminación de la hacienda Choglontus por efecto de las erupciones volcánicas se efectuaron las siguientes acciones:

- Manejo Integral de los desechos sólidos: Es una competencia de los propietarios de la hacienda quienes realizan esfuerzos a diferente nivel.
- Fortalecer la gestión: esta acción implica coordinación con las entidades encargadas de los desechos sólidos para establecer una agenda conjunta de puntos de apoyo y necesidades específicas para resolver la problemática.
- Cofinanciar estudios técnicos: Se deben financiar asistencias técnicas especializadas sobre la gestión de los desechos cuando sean requeridos para que en conjunto con otra inversión tenga impacto en el corto plazo.
- Financiar experiencias piloto: para desarrollar proyectos de manejo integral de los desechos como rellenos sanitarios manuales, cierre de botaderos a cielo abierto, experiencias de separación y compostaje de desechos, con el fin de iniciar procesos ejemplarizantes en el área.

#### **b. Propósito 2: Disminución de la degradación del suelo en áreas críticas**

El segundo propósito para lograr la disminución de la degradación del suelo en áreas críticas incluyeron las siguientes acciones:

- Intervención en la hacienda con obras de conservación de suelos y agua, Se promovió mediante la asistencia técnica, incentivos y capacitaciones el desarrollo de actividades que aumenten la cobertura y propicien la infiltración y conservación de agua dentro de la hacienda.
- Brindar asistencia técnica: se desarrollarán los componentes de asistencia técnica para introducir prácticas agroecológicas y lograr la minimización de impactos ambientales en las áreas críticas definidas, por las erupciones volcánicas.

- Financiar incentivos: El Programa apoyará la realización de estas prácticas con incentivos que promuevan la adopción de las medidas y que constituyan una inversión rentable económicamente.
- Financiar pequeñas obras hidráulicas: Cuando sea demandado se deberá apoyar obras de drenajes, estabilización de taludes y otras obras de beneficio colectivo y de impacto comprobado en la conservación de suelos y agua.
- Diversificación productiva con sistemas agroforestales y silvopastoriles. Estos sistemas proporcionan beneficios económicos y ambientales además de reducir la dependencia de granos básicos. Se promoverá mediante la asistencia técnica, incentivos y capacitaciones, en el desarrollo de aquellas especies que toleran las inclemencias de las erupciones volcánicas.
- Brindar asistencia técnica: La introducción de estos sistemas conlleva una serie de beneficios tanto económicos como ambientales, por lo que deberá proporcionarse asistencia especializada para maximizar estos impactos positivos.
- Financiar incentivos: El Programa promoverá la adopción de los sistemas mediante la provisión de incentivos que contribuyan a disminuir los costos para los productores y que muestren rentabilidad en el mediano plazo.
- Brindar asistencia técnica: Se deberá realizar los estudios correspondientes para solucionar la problemática especificando las opciones técnicas para su control.
- Gestionar fondos: Se deberá gestionar fondos a las instancias nacionales en conjunto con las comunidades interesadas y las municipalidades para cubrir los costos de las obras de mitigación.
- Cofinanciar las obras: Se cofinanciarán las obras que por su importancia y prioridad sean establecidas en común acuerdo con los involucrados.

### **c. Introducción de sistemas de agricultura y ganadería conservacionista**

Se trata de introducir un menú tecnológico ambientalmente más sostenible para actividades tradicionales. Labranza mínima, agricultura orgánica, ganadería semitecnificada, entre otras medidas a ser introducidas para mitigar los impactos en áreas críticas. Brindar asistencia técnica: El Programa deberá incluir estas opciones dentro de la asistencia técnica a las haciendas con el objetivo de que se logre la adopción o se inicien procesos.

### **d. Propósito 3: Estabilización de la cobertura forestal**

- Ordenamiento agrícola sostenible. Se brindará apoyo técnico para la formulación de planes de manejo de pastizales que propicien mayor productividad de la explotación agrícola, especialmente de especies que sean resistentes a las condiciones adversas de las erupciones volcánicas.
- Brindar asistencia técnica: El Programa deberá apoyar con asistencia técnica y gestión ante los encargados de los planes de manejo de pastizales que se incrementen el área agrícola que cuente con ellos.
- Protección de áreas agrícolas municipales o comunitarias. Se promoverán planes de aprovechamiento y protección de estos recursos para que sean sostenibles.
- Brindar asistencia técnica: en la elaboración de planes de manejo y la prevención de labores agrícolas específicas.

## **I. APLICACIÓN DEL PLAN DE ADMINISTRACION AMBIENTAL EN LA HACIENDA CHOGTUSUG**

El desastre generado por la erupción del volcán Tungurahua, ocurrido el 16 y 17 de agosto del mes y año en curso, a diferencia de lo sucedido el 14 de julio, ha causado severas alteraciones sobre el medio, afectando a la estructura



socioeconómica en los espacios geográficos de los flancos occidentales del volcán. Los cambios se dieron en forma drástica y en cuestión de horas modificaron el paisaje y causaron serias afectaciones a los recursos naturales. El objetivo principal de este estudio, fue el de analizar y evaluar los impactos ambientales sobre los medios físico, biótico, socioeconómico y ambiental, causados por la erupción del volcán Tungurahua, sobre el levantamiento de la línea base de la hacienda de fotografías,

El marco geográfico del área de estudio, lo constituye una parte de los territorios de los cantones: Penipe de la provincia de Chimborazo geológicamente compuestos por antiguas lavas y materiales piroclásticos, que bajo la acción de procesos geomorfológicos, climáticos e hidrológicos, han dado lugar a la formación de diversos tipos de relieves, sobre los cuales se han desarrollado suelos arenosos, profundos, con excesivo drenaje y bajo nivel de fertilidad, en las partes secas y, suelos limosos a franco-limosos, profundos, localizados en las partes húmedas.

La distribución de la cobertura vegetal, está en función de los pisos ecogeográficos, así, en los flancos medios del volcán, existe una franja de matorral húmedo (“ceja andina”), bajo esta vegetación, se halla una franja discontinua de pastizales, para especialmente compuestos por kikuyo, ray grass y pasto azul luego dar paso a cultivos de maíz, fréjol, papa, y, además pequeñas áreas dedicada a la ganadería.

La metodología de trabajo se fundamentó en la explotación de productos de sensores remotos y en el procesamiento de datos e información obtenidos en campo. La secuencia metodológica se basó en el cumplimiento de las siguientes fases:

- Recopilación de información; Elaboración de un mapa de unidades de tierras; Obtención de datos de campo y elaboración de un mapa de isolíneas de acumulación de piroplastos;
- Toma de imágenes fotográficas; y, evaluación de impactos ambientales. En cuanto a la metodología para la evaluación de los impactos ambientales, se

utilizó la propuesta de la Matriz causa- efecto de Leopold en sus diferentes ramificaciones, basada en el análisis de la importancia del impacto, que entre otros aspectos señala:..."La importancia del efecto viene representada por un número que se obtiene de traducir cada una de las propiedades de los impactos a un valor numérico".

- Durante el desarrollo del estudio, fueron analizados los impactos generados sobre los componentes ambientales: agua, suelo, aire, flora-fauna, socioeconómico y paisaje.

## **J. MEDIDAS DE MITIGACION DEL PLAN DE ADMINSTRACION AMBIENTAL**

### **1. Agua**

Se recordó que el abastecimiento de agua es la actividad más importante en el restablecimiento de las medidas de salud ambiental. Durante una emergencia volcánica es muy probable que los sistemas de abastecimiento de agua colapsen, bien sea por el impacto de los residuos volcánicos en las estructuras de los sistemas o por la contaminación de los cuerpos de agua de los cuales se abastecen. Esta situación impide utilizar el agua para el consumo humano, uso doméstico o para proveer a los animales . El abastecimiento de agua deberá ser suministrado de acuerdo con las necesidades priorizadas en la evaluación sanitaria. Es muy importante recalcar que, luego de un evento volcánico, el uso del agua se restringe únicamente al consumo doméstico y hospitalario. Ninguna actividad (productiva, recreativa, minera, agrícola, comercial, etc.) que demande el consumo de agua se debe desarrollar en el área de influencia de la emergencia, hasta que no se garantice el normal abastecimiento de agua potable en la zona de impacto.

- Debe hacerse todo lo posible para restablecer el suministro normal de agua y proteger los pozos individuales y los tanques de almacenamiento específicamente los que dotan de agua a la hacienda Choglontus tanto para el consumo humano como para el animal. Esto puede lograrse sellando las

grietas de las paredes de los pozos y los techos de los depósitos, creando drenajes adecuados alrededor de los pozos y techando los reservorios.

- Distribuir agua potable a las áreas afectadas o a los albergues temporales. Los carro tanques para el transporte del agua pueden obtenerse de empresas que venden agua, lecherías, cervecerías, plantas embotelladoras, etc. Comprobar que están limpios y desinfectados. No deben usarse camiones que han sido utilizados para transportar combustibles, productos químicos o aguas residuales, y para el caso de los animales es necesario identificar fuentes de agua que no hayan sido contaminadas o tratar el agua por procesos de sedimentación y filtración antes de que la consuman.

## **2. Suelo**

Los elementos en mayor riesgo son los asentamientos construidos en laderas pronunciadas terrenos ligeros o a lo largo de despeñaderos. Los asentamientos construidos al pie de laderas pronunciadas, en abanicos aluviales de desagüe o en la desembocadura de arroyos emergentes de valles montañosos. Caminos y otros medios de comunicación a través de áreas montañosas.

Además se debe considerar la planificación de los sitios para evitar el uso de áreas peligrosas como asentamientos o como ubicación de estructuras importantes, como es en el caso de la hacienda los establos, lecherías o zonas de vivienda. En algunos casos es necesario considerar la reubicación. Reducción de la amenaza cuando sea posible. Estructuras con técnicas de ingeniería que toleren o que se acomoden a posibles movimientos terrestres. Cimentación sobre pilotes para proteger contra la licuefacción. Cimentación monolítica para evitar asentamientos diferenciales.

## **3. Aire**

Los volcanes elevados como es el caso del Tungurahua ejercen un efecto de “chimenea” que, junto con el calor y la fuerza de una erupción, resultan en la

dispersión de gases en la atmósfera. Sin embargo, hay ocasiones en las cuales los gases pueden concentrarse, o ser liberados, en el suelo. Algunos volcanes liberan rápidamente gases durante los períodos de silencio entre las fases eruptivas mayores. Una investigación reciente ha demostrado que aun los volcanes con mínima evidencia de actividad pueden estar liberando dióxido de carbono y radón desde el magma profundo por difusión en el terreno y el flujo de esos gases podría elevarse rápidamente después de una erupción.

Las muertes provocadas por los gases son raras comparadas con otras muertes relacionadas con los volcanes, aunque se debe admitir que los efectos de los gases sobre los humanos durante las erupciones no han sido bien documentados. Las emisiones volátiles principales son vapor de agua, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) y dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>), seguidos de ácido clorhídrico (HCl), ácido fluorhídrico (HF), monóxido de carbono (CO), hidrógeno (H), helio (He) y radón (Rn). Las emisiones volátiles inorgánicas, como mercurio, también pueden ser importantes en ciertos volcanes (por ejemplo, en Kilauea, con el potencial de contaminación ambiental).

Los materiales orgánicos volátiles (por ejemplo, hidrocarburos polinucleares aromáticos y halogenados) también pueden ser detectados en pequeñas cantidades en nubes eruptivas, particularmente si el calor de la erupción ha incinerado árboles y otros vegetales. En las nubes de las erupciones del Tungurahua también se encontraron apreciables cantidades de sulfuro de carbonilo, disulfuro de carbono y dióxido de nitrógeno

## V. CONCLUSIONES

- Los efectos de la erupción volcánica del Tungurahua afectan significativamente el medio ambiente de la hacienda Choglontus, contaminando el aire, suelo y agua ya que destruye la vegetación de las praderas y sus alrededores, provoca enfermedades en los animales y llena de ceniza el agua.
- El análisis de varias muestras de cursos de agua indicó un pH cercano a neutro (promedio 7,48), con bajo nivel de nitrógeno total (6), bastante menor que el máximo aceptado por la norma de agua. Los sólidos disueltos y cloruros son altos (2110 mg/l respectivamente), en comparación con los límites máximos aceptados por dicha norma.
- El uso actual del suelo de la hacienda Choglontus está dado principalmente por especies como son el kikuyo, ray grass y pasto azul que han logrado adaptarse a condiciones adversas, convirtiéndose en una buena alternativa para la alimentación del ganado pero siempre teniendo cuidado de que no esté contaminado por cenizas volcánicas.
- En general, las cenizas analizadas corresponden a material inerte, con baja concentración de elementos nutritivos disponibles. Son más pobres que el suelo subyacente y, por lo tanto, no representan un aporte nutricional en el corto plazo, pero en investigaciones realizadas se ha demostrado que luego de varios años se revertirá el valor nutricional del suelo haciéndoles muy productivos. .

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar labores culturales en los pastizales de la hacienda para poder mantener la fertilidad del suelo es decir su capacidad de producir granos y forrajes.
- Se debería realizar un estudio más profundo de las especies que resultaron resistentes a las condiciones adversas por la presencia de ceniza para que se apliquen tecnologías que permitan el mejor desarrollo vegetativo y por lo tanto se proteja el suelo de la hacienda evitando la lixiviación total de la capa arable.
- La medida más práctica para evitar los efectos de los volcanes, es no construir ni habitar en zonas amenazadas por ellos. Si ya hay población en dichas zonas, deben mantener una constante vigilancia del volcán y la preparación de planes de emergencia que incluyan ensayos de evacuación, que son imprescindibles para proteger la vida y salud de las personas y de los animales.
- Se recomienda analizar las cenizas en términos de los eventuales aportes a la fertilidad, es decir, la disponibilidad de nutrientes presentes en las cenizas volcánicas que representan una fuente potencial de desequilibrio en los sistemas reguladores de los organismos.
- Poner en práctica las medidas de mitigación de los impactos ambientales sobre la calidad del suelo aire y agua para mantener la actividad agrícola y pecuaria de la hacienda Choglontus y así generar trabajo para las personas que lo necesitan.

## VII. LITERATURA CITADA

1. ANDRADE, W. 1993. Recolección y Caracterización de Especies Forrajeras Altoandinas. Tesis de grado. Escuela de Ingeniería Zootécnica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp 11 - 12.
2. BEAGLEHOLE, R.1996. Epidemiología Ambiental y laboral. 1a ed. Washington, Estados Unidos. Edit. Organización Panamericana de la Salud. pp 123 - 137.
3. BERNSTEIN, R. 1980. Immediate public health concerns and actions in volcanic eruptions: lessons from the Mount St. Helens eruptions. 1a ed. Montana, Estados Unidos. Edit. PublicHealth. pp 25-37.
4. BRADSHAW, L. 2007. Under the volcano: 1a ed. Texas, Estados Unidos. Edit. fire, ash and asthma. pp 90 -111.
5. ECUADOR. COMITE DE OPERACIONES ESPECIALES 2010. COE Tungurahua. Medidas de prevención contra las erupciones volcánicas.
6. ECUADOR. Estación Agrometeorológica del cantón Penipe. 2010. Riobamba, Ecuador.
7. ESTADOS UNIDOS. 2010. Instituto Geofísico EPN; USGS, Vancouver, WA. Expresado en WT%.
8. GUERRERO, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. sn. Bilbao, España. Edit. Mundi-Prensa, p 206.

9. HOGG, C. 1989. Erupciones volcánicas. México DF. Mexico. Edit Harla, S.A. de C.V. pp 141 - 155.
10. <http://wwwrevista.consumer.web>. 2011. Barrios, L. Narrativa de los acontecimientos de las erupciones volcánicas.
11. <http://www.paho.spanish>. 2010. Baxter, P. Efectos a nivel del aparato respiratorio.
12. <http://www.paho.org>. 2010. Falk, H. Estudio a cerca de los efectos de la ceniza volcanica sobre la salud humana.
13. <http://www.paho.org.com>. 2010. Foster, L. composición de la ceniza del volcán Tungurahua.
14. <http://www.cepis.org>. 2001. Frost, F. Impacto en la calidad del agua por erupciones volcánicas.
15. <http://wwwrevista.consumer.es>. 2010. Higashi, H. Antecedentes importantes a considerar en las erupciones volcánicas en el Ecuador.
16. <http://wwwcontaminacionvolcanica.com>. 2010. Knani, J. Alteración de la calidad del aire por erupciones volcánicas.
17. <http://volcanesecuador.com>. 2010. Meli, R. La Actividad volcánica y sus efectos sobre el aire suelo y agua.
18. <http://www.helid.desastres.com>. 2010. Pineda, I. Las erupciones volcánicas y sus efectos sobre el medio ambiente.



19. <http://www.defensacivilecuador.com>. 2010. Rivera, A. Formas de como Los volcanes alteran el medio ambiente , tormenta de cenizas y flujos de fuego por las erupciones volcánicas.
20. <http://www.volcantungurahua.com>. 2010. Tapia, A. Efectos en poblaciones humanas y mecanismos de daño.
21. <http://www.consumersmedioambiente.com>. 2010. Vilchis, A. Morbilidad antes y durante las erupciones explosivas del volcán Tungurahua.
22. <http://www.cepis.org>. 2010. Yanes, P. Estudio de la Emisión de ceniza volcánica y sus efectos.
23. <http://www.fulltextceniza.com>. 2010. Yokoyama, Y. Efectos en la agricultura y en la ganadería por erupciones volcánicas.
24. <http://www.volcanes.com>. 2010. Zaporta, M. Avalanchas de barro y Ríos de lava por las erupciones volcánicas.
25. LEIVESLEY, S. 1989. Exposición ambiental después de una catástrofe natural. 1a ed. México DF. Mexico. Edit Harla, S.A. de C.V. pp 59 - 76.
26. LUHR, J. 2007. Mineral and Glass Compositions, Pumices: Evidence for Dynamic Disequilibrium in the Dacite on Mount Pinatubo. sn Washington, Estados Unidos. Edit Universidad of Washington Press. pp 733-750.
27. MALDONADO, D. 2005. Efectos de la ceniza volcánica sobre el aparato respiratorio. Memorias de un Simposio. Centro de Documentación de la Representación de OPS/OMS en el Ecuador. Catalogo 570.

28. NEUKIRCH, F. 1995 . Prevalence of asthma and asthma-like symptoms in three French cities. sn. New Jersey, Estados Unidos. Edit Respir Med. pp 685- 692.
29. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 1981. Los efectos del desastre sobre la salud y un enfoque del socorro. En: Publicación Científica No. 443. Administración sanitaria de emergencias con posterioridad a los desastres naturales. pp 3-8.
30. RIVERA, A. 2005. Las erupciones volcánicas. 1a ed. Puebla, México. Edit. Universidad Autónoma de Puebla. pp 70, 72, 75.
31. SALAMANCA, R. 1983. Pastos y Forrajes. Producción y manejo. 1a ed. Bogotá-Colombia. Edit. Santo Tomás. pp 62, 78.
32. SEAMAN, J, 1989. Enfermedades transmisibles y su control después de desastres naturales. 1a ed. México D.F. Mexico. Edit Harla, S.A. de C.V. pp 39 - 58.
33. WISTER, M. 2005. Inhalation Studies of Mt St. Helens Volcanic Ash in Animals: Respiratory Mechanics, Airway Reactivity and Deposition. 1a ed. Washington, Estados Unidos. Edit. Environmental Research. pp 230-240.
34. YANO, E. 1990. Health effects of volcanic ash: a repeat study. sn. Health, Estados Unidos. Edit. Arch Environ pp 367-73.
35. ZEBALLOS J, 1996. The effects of volcanoes on health: preparedness in México. 1a ed. Mexico DF, Mexico World. Edit Health Stat Q. pp 204-208.

# ANEXOS

Anexo 1. Matriz de manejo ambiental por etapas de producción de pastizales.

ETAPA	RECURSO NATURAL	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS PREVENTIVAS	MEDIDAS DE CONTROL	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
			Cuales son:	Cuales son:	Cuales son:
COSECHA	Agua	No existe			
	Aire	Si existe			
	Suelo	No existe			
	Pradera	No existe			
	Social	Si existe			
POST COSECHA	Agua	No existe			
	Aire	No existe			
	Suelo	No existe			
	Pradera	No existe			
	Social	Si existe			
PREPARACIÓN DEL SUELO	Agua	No existe			
	Aire	No existe			
	Suelo	Si existe			
	Pradera	No existe			
	Social	Si existe			
FERTILIZACIÓN	Agua	Si existe			
	Aire	Si existe			
	Suelo	Si existe			
	Pradera	Si existe			
	Social	Si existe			
RIEGO	Agua	Si existe			
	Aire	Si existe			
	Suelo	Si existe			
	Pradera	Si existe			
	Social	Si existe			

Fuente: Haro, A. (2011).

ANEXO 2. Matriz causa – efecto producido por el proceso eruptivo del volcán Tungurahua.

IMPACTO AMBIENTAL IDENTIFICADO	APARICIÓN	NATURALEZA DEL IMPACTO	DURACIÓN	ÁREA DE INFLUENCIA	INTENSIDAD	TIPO DE EFECTO
Contaminación de aire						
Contaminación de suelo						
Contaminación de agua						
Efectos socio - económicos						

Fuente: Haro, A. (2011).

Especificaciones:

Aparición: SI y NO

Naturaleza del impacto: ALTO, MEDIO Y BAJO

Duración: TEMPORAL y PERMANENTE

Área de influencia: LOCAL y PUNTUAL

Tipo de efecto: MITIGABLE y NOMITIGABLE

Anexo 3. Matriz de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.

			PROCESOS DE PRODUCCIÓN				
			Cosecha	Post cosecha	Preparación del suelo	Fertilización	Riego
FACTORES	COMPONENTES	FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS					
Abióticos	Suelo	A. Calidad de los suelos					
		B. Cambio de uso en el suelo					
	Agua	A. Calidad del agua					
	Aire	A. Calidad del aire					
		B. Olores					
		C. Ruidos					
Culturales	Económicos	A. Relaciones con la comunidad					
	Usos del suelo	A. Pastizales					
		B. Agrícolas					

Fuente: Haro, A. (2011).

Especificaciones:

A: afectaciones positivas;

B: afectaciones negativas;

C: agregación de impacto.

Anexo 4. Matriz cualitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.

			PROCESOS DE PRODUCCIÓN				
			Cosecha	Post cosecha	Preparación del suelo	Fertilización	Riego
FACTORES	COMPONENTES	FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS					
Abióticos	Suelo	A. Calidad de los suelos					
		B. Cambio de uso en el suelo					
	Agua	A. Calidad del agua					
	Aire	A. Calidad del aire					
		B. Olores					
		C. Ruidos					
Culturales	Económicos	A. Relaciones con la comunidad					
	Usos del suelo	A. Pastizales					
		B. Agrícolas					

Fuente: Haro, A. (2011).

Especificaciones:

a: de impacto alto

b: de impacto moderado

c: de bajo impacto

Anexo 5. Matriz cuantitativa de interacción entre los procesos de producción forrajera de la hacienda Choglontus y la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.

			PROCESOS DE PRODUCCIÓN				
			Cosecha	Post cosecha	Preparación del suelo	Fertilización	Riego
FACTORES	COMPONENTES	FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS					
Abióticos	Suelo	A. Calidad de los suelos					
		B. Cambio de uso en el suelo					
	Agua	A. Calidad del agua					
	Aire	A. Calidad del aire					
		B. Olores					
C. Ruidos							
Culturales	Económicos	A. Relaciones con la comunidad					
	Usos del suelo	A. Pastizales					
		B. Agrícolas					

Fuente: Haro, A. (2011).

Especificaciones:	FILA	COLUMNA
A: de impacto alto: 61 a 100	305 a 500	549 a 900
B: de impacto moderado: 31 a 60	155 a 300	279 a 540
C: de bajo impacto: 0 a 30	0 a 150	0 a 270



Anexo 6. Análisis del suelo de la hacienda Choglontus por la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.

Fuente: CESSTA. (2010).

ELEMENTOS	MESES DE INVESTIGACIÓN					PROMEDIO
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
N (%)	0,06	0,08	0,06	0,06	0,22	0,096
K (meq/100g)	0,06	0,06	0,06	0,09	6,37	1,328
P (Ppm)	24	22	24	25	25,8	24,16
Ca( meq/100g)	0,35	0,43	0,38	0,4	6,65	1,642
Mg (meq/100g)	0,07	0,07	0,067	0,076	1,79	0,4146
Zn (Ppm)	1,15	1,12	1,12	1,16	9,2	2,75
Fe (Ppm)	58,44	56,44	56,54	58,48	63,15	58,61
Cu (Ppm)	2,46	2,48	3,02	2,74	3,5	2,84
Mn (Ppm)	3,94	4	3,99	4,1	10,78	5,362
Ph	6,71	7,02	6,88	6,99	8,8	7,28
C. ELECTRICA (uS/cm)	122,6	150,6	201,1	187,4	2982	728,74
M. O. (%)	0,92	0,99	1,06	0,92	4,34	1,646

Anexo 7. Análisis del agua de la hacienda Choglontus por la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.

MESES	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	SUMA	$\bar{x}$
PH	7,7	7,3	7,32	7,6	7,2	37,12	7,424
C. ELECTRICA (uS/cm)	4410	4012	3897	4187	3865	20371	4074,2
SOLIDOS DISUELTOS (mg/L)	2163	2124	2083	2070	2025	10465	2093
CLORUROS (mg/L)	1220	1183	1198	1211	1122	5934	1186,8
SODIOS (mg/L)	527	536	521	521	507	2091	522,75
NITROGENO TOTAL (mg/L)	5	5	8	6	8	32	6,4
BICARBONATOS (mg/L)	64	58	62	66	67	317	63,4
RAS (mg/L)	42,8	40,9	43,8	40,25	42,26	169,76	42,44

Fuente: CESSTA. (2010).

Anexo 8. Análisis del aire de la hacienda Choglontus por la presencia de ceniza del volcán Tungurahua en la pradera.

	PARAMETROS		
	SO2 dióxido de azufre (ug/m3)	NO2 dióxido de nitrógeno (ug/m3)	sedimentos totales (ug/m3)
AGOSTO	5,88	15,7	1,87
SEPTIEMBRE	4,17	12,2	0,3
OCTUBRE	7,44	9,75	0,13
NOVIEMBRE	8,99	4,34	0,18
DICIEMBRE	7,6	10,31	3,82
SUMA	34,08	52,3	6,3
PROMEDIOS	6,816	10,46	1,26

Fuente: CESSTA. (2010).