



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO CIENTÍFICO DE MAGISTER EN
GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN.**

**TEMA: "EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA
POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A
LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA (CANTÓN QUERO).**

AUTOR: EMERSON JAVIER JÁCOME MOGRO

LATACUNGA – ECUADOR

2011

Siendo el veintisiete de julio de 2009, se ha finalizado la investigación realizada con el tema: **“EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA (CANTÓN QUERO)**. La cual ha sido responsabilidad, en todo el proceso del autor, por lo que declaro, concluido el documento.

Atentamente,

Emerson Jácome
CI: 0501974703

DEDICATORIA:

A las personas que respetan, quieren y cuidan a la naturaleza.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, de forma especial a los que integran el departamento de Postgrado. A mi familia, amigos y compañeros por su ayuda.

EL AUTOR

ÍNDICE

| | TEMA | PAGS |
|--------------------|-------------|-------------|
| PORTADA | | i |
| DEDICATORIA | | ii |

| | |
|--|--------------|
| AGRADECIMIENTO | iii |
| HOJA DE RESPONSABILIDAD DEL AUTOR | iv |
| ÍNDICE | v |
| ÍNDICE GENERAL | vi |
| ÍNDICE DE CUADROS, GRÁFICOS, ANEXOS Y FOTOS | viii |
| RESUMEN | xviii |
| SUMMARY | |

INDICE GENERAL

| CONTENIDO | PAGS |
|------------------------------------|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 OBJETIVOS | 2 |
| 1.1.1 OBJETIVO GENERAL | |
| 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | |
| 1.2 HIPÓTESIS | |

CAPÍTULO II

| | |
|--|-----------|
| MARCO TEÓRICO | 3 |
| 2.1 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES OCASIONADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA | |
| 2.1.1 CENIZA VOLCÁNICA | 5 |
| 2.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CENIZA VOLCÁNICA | |
| 2.1.1.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | |
| 2.1.1.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | 6 |
| 2.1.1.4 EFECTOS | |
| 2.2 ZONA DE INFLUENCIA DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCANICA | 7 |
| 2.2.1 COMPONENTE FÍSICO | |
| 2.2.2 ZONAS DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL | 8 |
| 2.2.3 GEOMORFOLOGIA | |
| 2.2.4 COMPONENTE BIÓTICO | |
| 2.3 CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA | 25 |
| 2.4 COMPONENTE SOCIOECONÓMICO | 31 |
| 2.5 EFECTO DE LA CENIZA SOBRE LAS PLANTAS | 32 |
| 2.6 SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO | 33 |
| 2.6.1 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO | 34 |
| 2.6.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO | 36 |
| CAPÍTULO II | |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 39 |
| 3.1 MÉTODOS DEL CASO: | |
| 3.2 UBICACIÓN DEL ESTUDIO | |
| 3.2.1 DIVISIÓN POLÍTICA DEL ESTUDIO EN EL CANTÓN QUERO | |
| 3.2.4 SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO EN EL CANTÓN QUERO | |
| 3.3 MATERIALES Y EQUIPOS. | 40 |
| 3.4 METODOLOGÍA DEL CASO. | |
| 3.4.1 FACTORES EN ESTUDIO | |
| 3.4.2 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | |
| 3.4.2.1 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES | 41 |
| 3.4.2.2 MATRIZ DE IMPACTOS DE LEOPOLD | |
| 3.4.2.3.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS | |
| 3.4.2.3.1 CALIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS | 42 |

| | |
|--|----|
| 3.4.2.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN EL ÁREA FOLIAR A LOS VEGETALES DE EXPLOTACIÓN COMERCIAL DE LA ZONA | 43 |
| 3.4.2.3 EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS | |
| ANÁLISIS QUÍMICO | |
| ANÁLISIS FÍSICO | 44 |
| 3.4.2.4 EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOCIAL DE LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS | 46 |

CAPÍTULO III

| | |
|---|----|
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 48 |
| 4.1 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA. | |
| 4.2 EVALUACIÓN DE LA AFECTACIÓN DE LA CENIZA VOLCÁNICA A LA PARTE FOLIAR DE CATORCE ESPECIES VEGETALES DE EXPLOTACIÓN COMERCIAL EN LA ZONA AFECTADA | 57 |
| 4.3 ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICO DEL SUELO EN LA ZONA AFECTADA POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA | 59 |
| 4.4 ANÁLISIS SOCIAL DEL EFECTO OCASIONADO A LOS HABITANTES POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA | 73 |

CAPÍTULO IV

| | |
|--------------------------------|----|
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 80 |
| CONCLUSIONES: | |
| RECOMENDACIONES: | 84 |
| TÉRMINOS DE REFERENCIA | 86 |
| BIBLIOGRAFÍA | 94 |

INDICE DE CUADROS, FOTOS, GRAFICOS Y ANEXOS

| CUADRO | ÍNDICE DE CUADROS | PAGS |
|---------------|---|-------------|
| 1 | EVENTOS A ESTUDIARSE EN LA MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES | 5 |

| | | |
|----|---|----|
| | OCASIONADAS AL EMDIO SUELO POR EFECTOS DE LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA | |
| 2 | CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA CENIZA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. | 6 |
| 3 | CULTIVOS COMERCIALES ENCONTRADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO | 9 |
| 4 | CULTIVOS ASOCIADOS LOCALIZADOS EN LA ZONA ALTO ANDINA DEL VOLCAN TUNGURAHUA | 24 |
| 5 | USOS TERRITORIALES CON CULTIVOS DEL AREA EN ESTUDIO | 25 |
| 6 | ESPECIES FLORISTICAS DE LA ZONA HUMEDA MONTANA | 26 |
| 7 | FAUNA DEL PISO ALTOANDINO | 28 |
| 8 | DAÑOS OCASIONADOS POR LA CENIZA EN LA AGRICULTURA | 32 |
| 9 | EFECTO DE LA RETENCIÓN DE CENIZA EN ALGUNOS CULTIVOS | |
| 10 | RESULTADOS DEL ANÁLISIS OBTENIDO DE UN SUELO DEL AÑO 1998 – 1999 DEL CANTÓN QUERO ANTES DE SER AFECTADO POR EL PROCESO ERUPTIVO ACTUAL | 38 |
| 11 | EVENTOS A ESTUDIARSE EN LA MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES OCASIONADAS AL EMDIO SUELO POR EFECTOS DE LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA EN SUELOS AGRÍCOLAS | 41 |
| 12 | CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA, CONSIDERANDO DISTINTOS NIVELES DE CONFIANZA | 46 |
| 13 | MATRIZ CAUSA EFECTO, EN LA INVESTIGACIÓN “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA” C.E.Y.P.S.A. – U.T.C. 2007 | 48 |
| 14 | CRITERIO BATELLE - COLUMBUS, EN LA INVESTIGACIÓN DE “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007” | 50 |
| 15 | CRITERIO CONESA, EN LA INVESTIGACIÓN DE “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007” | 51 |
| 16 | CARATERIZACION DEL CRITERIO CONESA, EN LA INVESTIGACIÓN DE “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007” | 52 |
| 17 | VALORACION DE EVENTOS CRITERIO CONESA, EN LA INVESTIGACIÓN DE “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007” | 53 |
| 18 | MATRIZ DE LEOPOLD, EN LA INVESTIGACIÓN DE “EVALUACIÓN DEL | 54 |

| | | |
|----|---|----|
| | IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007” | |
| 19 | EVALUACION DEL IMPACTO OCASIONADO POR LA CAIDA DE CENIZA EN LA INVESTIGACIÓN DE “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007” | 55 |
| 20 | RESULTADO EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS Y EVENTOS OCURRIDOS EN LA INVESTIGACIÓN DE “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007” | 56 |
| 21 | RESULTADOS DE VALORES DE pH EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CAÍDA DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA | 59 |
| 22 | RESULTADOS DE VALORES DE MATERIA ORGÁNICA EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. | 61 |
| 23 | RESULTADOS DE VALORES DE NITRÓGENO EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. | 63 |
| 24 | RESULTADOS DE VALORES DE FÓSFORO EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA | 64 |
| 25 | RESULTADOS DE VALORES DE POTASIO EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA | 65 |
| 26 | RESULTADOS DE VALORES DE CALCIO EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA | 66 |
| 27 | RESULTADOS DE VALORES DE MAGNESIO EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. | 67 |
| 28 | RESULTADOS DE VALORES DE ASUFRE EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. | 67 |
| 29 | RESULTADOS DE VALORES DE MICRONUTRIENTES EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. | 68 |
| 30 | RESULTADOS DE VALORES DE SALINIDAD EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. | 69 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 31 | RESULTADOS DE VALORES DE LA DENSIDAD APARENTE (Da), EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. | 70 |
| 32 | RESULTADOS DE VALORES DE DENSIDAD REAL (Dr), EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. | |
| 33 | RESULTADOS DE VALORES DE % DE POROSIDAD, EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. | 71 |
| 34 | RESULTADOS DE LOS VALORES DE LA ENCUESTA PARA DETERMINAR LA INTENSIDAD DEL EFECTO SOCIAL DE LA CAÍDA DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA | 73 |
| 35 | RESULTADOS DE LOS VALORES DE LA ENCUESTA SOBRE EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS, PARA DETERMINAR EL EFECTO SOCIAL DE LA CAÍDA DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA | 74 |
| 36 | RESULTADOS DE LOS VALORES DE LA ENCUESTA SOBRE LA PRESENCIA DE PLAGAS EN LOS CULTIVOS, PARA DETERMINAR EL EFECTO SOCIAL DE LA CAÍDA DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. | 75 |
| 37 | RESULTADOS DE LOS VALORES DE LA ENCUESTA SOBRE LA FERTLIDAD DE LOS SUELOS, PARA DETERMINAR EL EFECTO SOCIAL DE LA CAÍDA DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. | 76 |
| 38 | RESULTADOS DE LOS VALORES DE LA ENCUESTA SOBRE LA AYUDA RECIBIDA, PARA DETERMINAR EL EFECTO SOCIAL DE LA CAÍDA DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA | 78 |
| 39 | INSTITUCIONES QUE BRINDARON AYUDA A LA POBLACIÓN AFECTADA, EN EL FENÓMENO NATURAL OCURRIDO POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA | 78 |

GRÁFICOS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | FLUJO DE LOS EVENTOS OCASIONADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS | 4 |
| 2 | PROMEDIOS DE % DE AFECTACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE DIVERSAS ESPECIES VEGETALES AGRÍCOLAS, SIN HUMEDAD. DE LOS CULTIVOS AFECTADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. (C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.) 2007” | 57 |
| 3 | PROMEDIOS DE % DE AFECTACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE DIVERSAS ESPECIES VEGETALES AGRÍCOLAS, CON HUMEDAD. DE LOS CULTIVOS AFECTADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. (C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.) 2007” | 58 |
| 4 | RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA PARA EL GRADO DE | 73 |

| | | |
|--------------|---|-------------|
| | AFECCIÓN, OCASIONADO POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS | |
| 5 | RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA PARA EL EFECTO SOBRE LOS CULTIVOS, OCASIONADO POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS | 74 |
| 6 | RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA PARA INCIDENCIA DE PLAGAS, OCASIONADO POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS | 76 |
| 7 | RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA PARA EL NIVEL DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS, OCASIONADO POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS | 77 |
| 8 | RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA PARA LA AYUDA RECIBIDA, EN EL FENÓMENO NATURAL OCURRIDO POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA | 78 |
| 9 | INSTITUCIONES QUE BRINDARON AYUDA A LA POBLACIÓN AFECTADA, EN EL FENÓMENO NATURAL OCURRIDO POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA | 79 |
| ANEXO | ÍNDICE DE ANEXOS | PAGS |
| 1 | PRESUPUESTO GASTADO EN LA INVESTIGACIÓN REALIZADA PARA DETERMINAR EL IMPACTO OCASIONADO POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA | |
| 2 | ANÁLISIS BROMATOLÓGICO, EN LA EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE FERTILIZACIÓN EN SUELOS AFECTADOS POR CENIZA VOLCÁNICA | |
| 3 | % DE AFECTACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE DIVERSAS ESPECIES VEGETALES AGRÍCOLAS, SIN HUMEDAD “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007” | |
| 4 | % DE AFECTACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE DIVERSAS ESPECIES VEGETALES AGRÍCOLAS, CON HUMEDAD. EN LA INVESTIGACIÓN “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007” | |
| 5 | ADEVA, PARA % DE AFECTACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE DIVERSAS ESPECIES VEGETALES AGRÍCOLAS, SIN HUMEDAD Y CON HUMEDAD. EN LA INVESTIGACIÓN “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007” | |
| 6 | TUKEY 5%, PARA % DE AFECTACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE | |

DIVERSAS ESPECIES VEGETALES AGRÍCOLAS, SIN HUMEDAD Y CON HUMEDAD. EN LA INVESTIGACIÓN “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007”

- 7 MUESTRAS DE pH TOMADAS EN SUELOS AFECTADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA
- 8 ANÁLISIS QUÍMICO DE LA MUESTRA DE CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA
- 9 VALORES DEL ANÁLISIS FÍSICO DE LAS MUESTRAS DE CENIZA VOLCÁNICA Y DE LOS SUELOS AFECTADOS POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA
- 10 REPORTE DEL ANÁLISIS DE SUELOS DE LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO, EN LA EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE CENIZA VOLCÁNICA EN SUELOS AGRÍCOLAS .
- 11 MODELO DE ENCUESTA TOMADA A LOS HABITANTES DEL CANTÓN QUERO
- 12 CERTIFICACIÓN DEL HONORABLE CONSEJO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA
- 13 CERTIFICACIÓN DEL HONORABLE CONSEJO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA
- 14 CULTIVOS AFECTADOS EN LA ZONA
- 15 INFLUENCIA DE LA CENIZA VOLCÁNICA
- 16 CARTA TOPOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

| FOTO | ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS | PAGS |
|-------------|--|-------------|
| | FOTOGRAFÍAS DE ESPECIES VEGETALES AFECTADAS CON CENIZA VOLCÁNICA | |
| 1 | ALFALFA SIN HUMEDAD | |
| 2 | ALFALFA CON HUMEDAD | |
| 3 | VICEA SIN HUMEDAD | |
| 4 | VICEA CON HUMEDAD | |
| 5 | CEBOLLA SIN HUMEDAD | |
| 6 | CEBOLLA CON HUMEDAD | |
| 7 | CHOCHO SIN HUMEDAD | |
| 8 | CHOCHO CON HUMEDAD | |

- 9 AVENA SIN HUMEDAD
- 10 AVENA CON HUMEDAD
- 11 OCA SIN HUMEDAD
- 12 OCA CON HUMEDAD
- 13 CEBADA SIN HUMEDAD
- 14 CEBADA CON HUMEDAD
- 15 LECHUGA SIN HUMEDAD
- 16 LECHUGA CON HUMEDAD
- 17 MAÍZ SIN HUMEDAD
- 18 MAÍZ CON HUMEDAD
- 19 MASHUA SIN HUMEDAD
- 20 MASHUA CON HUMEDAD
- 21 RYEGRASS SIN HUMEDAD
- 22 RYEGRASS CON HUMEDAD
- 23 CENIZA VOLCÁNICA DEL TUNGURAHUA EN EL MIRADOR DEL SANTUARIO DE QUERO 2006
- 24 MIRADOR DEL SANTUARIO DE QUERO 2006
- 25 CULTIVO DE CEBOLLA AFECTADA POR CENIZA VOLCÁNICA 2006
- 26 CULTIVO DE PAPA AFECTADA POR CENIZA VOLCÁNICA 2006
- 27 AFECTACIÓN DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL TUNGURAHUA PENIPE 2007
- 28 AFECTACIÓN DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL TUNGURAHUA QUERO 2007
- 29 ENSAYO DE CULTIVO DE PAPA AFECTADO POR VARIOS NIVELES DE CENIZA VOLCÁNICA
- 30 TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISI FÍSICO DE LOS HORIZONTES DEL SANTUARIO
- 31 TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISI FÍSICO DE LOS HORIZONTES DEL SANTUARIO
- 32 CENIZA VOLCÁNICA ENCONTRADA EN EL SECTOR DEL SANTUARIO
- 33 TOMA DE MUESTRAS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO DE MUESTRAS DE SUELOS AFECTADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA

- 34** TOMA DE MUESTRAS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO DE MUESTRAS DE SUELOS AFECTADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA RIO
- 35** ENCUESTAS DE LA ZONA
- 36** ENCUESTAS DE LA ZONA
- 37** PREPARACIÓN DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO

RESUMEN

La investigación se realizó, en el cantón Quero de la Provincia de Tungurahua con una latitud Sur de 1°27", una longitud Oeste de 78°37" y una altura de 3200 msnm

Los objetivos fueron: **GENERAL:** Evaluar el impacto ocasionado por la caída de ceniza volcánica. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:** Realizar la evaluación del impacto ambiental; Determinar las afecciones foliares en cultivos de la zona; Determinar el impacto en características del suelo; Determinar el efecto social en los habitantes. Se determinó el impacto ambiental con la metodología de LEOPOLD, el daño foliar en cultivos con un diseño completamente al azar, efectos en el suelo mediante el uso del análisis y los efectos en los habitantes mediante encuestas.

De los resultados obtenidos se concluye que: El impacto de la caída de ceniza es negativa en un 76,74%, por lo que toda actividad económica debe ser controlada. En los cultivos se ve daños del área foliar con valores del 80% en maíz, en la cebolla y avena se tiene valores de 3.20 y 1.60% respectivamente, con una reducción de la seguridad alimentaria de 85.71%. En las características químicas del suelo se tiene que el valor de: pH en los suelos afectados fue de 3,3 a 5.0, lo que es perjudicial para la agricultura; La materia orgánica y la cantidad de nutrientes la ceniza es bajo y su aporte resulta ser nulo; La población se encuentra afectada en un 99% perdiendo sus cultivos bajando la fertilidad y afectados por plagas.

De todo lo estudiado se llega a recomendar que: Dar a conocer todo tipo de información a través de especialistas en Gestión del riesgo volcánico. Cultivar plantas tolerantes a la caída de ceniza (*Allium sp.*) y (*Hordeum sp.*). Realizar un plan adecuado de uso del territorio incorporando la variable riesgo volcánico. Para mejorar las características de los suelos realizar encalados e Incorporar materia orgánica. Realizar un arado profundo. Todo esto según las necesidades de cada agricultor. Coordinar la ayuda en forma organizada, planificando la emergencia según las características sociales y culturales de la población.

SUMMARY

The research was carried out; in the canton Quero County of Tungurahua with latitude of 1°27" South, longitude of 78°37" West, to 3200 m. above sea level

The objectives were: **GENERAL:** To evaluate the impact of the fall of volcanic ash. **SPECIFIC OBJECTIVES:** To carry out the evaluation from the environmental impact; To determine the foliate affections in crops; To determine the impact in characteristic the floor; To determine the social effect in the inhabitants. The environmental impact was determined with LEOPOLD, the damage to foliate in crops with the application of a totally random design, effects in the floor with soil analyze , and to value the effects in the inhabitants of the canton Quero.

From the obtained results was conclude that: The impact of the fall of ash is negative in 76.74% , for what all economic activity should be controlled. In the crops that have damages on the foliate area with 80% in corn, in onion and oat with values of 3.20 and 1.60% respectively, with alimentary reduction of 85.71%.

In the chemical characteristics of the floor, it has that the value of: pH in the affected floors went from 3.3 to 5.0, The organic matter in the ash of it was 0.10% and nutrients values low and insufficient for vegetable develop. The 99% of the population's is affected by the fall of volcanic ash, manifested total or partial loss of its cultivations, the sanity, the fertility of the floors has lowered.

Of all that studied was recommending that: It should be given to know all type of information through specialists in Administration of the volcanic risk. To cultivate tolerant plants to the fall of ash as (*Allium* sp.) and (*Hordeum* sp.). To carry out an appropriate plan from the territorial use, incorporating the volcanic risk. To improve the characteristics of the cultivation floors affected by the fall of ash it should be carried out whitewashed to correct pH, incorporating organic matter; carrying out whitewashed. All this according to the necessities from each farmer and depending from the intensity of ash has fallen. To coordinate the help in organized form, with an emergency plan according to social and cultural costumers of the population.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos de mayor importancia económica en la zona afectada por la ceniza del volcán Tungurahua son los de uso común en la Región Sierra, en alturas comprendidas entre los 2700 a 3400 m.s.n.m, donde las temperaturas fluctúa entre 11 y 9°C. (PUMISACHO, 2002).

El presente estudio busca determinar el impacto, de la ceniza volcánica sobre los suelos destinados a prácticas agrícolas, los cuales se han visto afectados por este fenómeno natural, así como la determinación de los efectos en la población aledaña al volcán Tungurahua (cantón Quero).

El Ecuador es un país que posee un total de 63 volcanes en todo su territorio, registrando 10 erupciones recientes y el resto de estos están considerados como "Dormidos", por tal motivo se ha denominado al Ecuador "tierra de volcanes", (INSTITUTO GEOFÍSICO EPN 2002). Entre los volcanes intermitentemente activos se tienen al Nuevo Cayambe, Sangay, Quilotoa, Cuicocha, Chimborazo, **TUNGURAHUA**,

Reventador, Guagua Pichincha, Cotopaxi, Samaniego, entre estos los cuatro últimos, cercanos a zonas densamente pobladas (VALENCIA 2005).

Actualmente la explotación agropecuaria ha sido afectada por la caída de ceniza volcánica (provincia de Tungurahua), obteniendo rendimientos bajos, y el tratamiento de que deberían seguir para potenciar su productividad no se ha realizado debido a la ausencia de información integrada que correlacione la fertilidad de suelos con su composición física, química y mineralógica (27).

La mencionada investigación busca proporcionar la información que integre y correlacione la fertilidad con la productividad de los suelos, sus efectos sobre el desarrollo de cultivos en base a sus exigencias, pudiendo así establecer los efectos de la ceniza sobre la dinámica del cultivo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto de la caída de ceniza volcánica, sus efectos en los suelos agrícolas y en el aspecto social.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar la evaluación del impacto ambiental ocasionado por la caída de ceniza del volcán Tungurahua en el sector del Santuario.

Determinar el impacto de la ceniza sobre el área foliar de cultivos encontrados en la zona del Santuario.

Determinar el impacto sobre las características químicas y físicas del suelo del Santuario.

Evaluar el efecto de la caída de ceniza volcánica del volcán Tungurahua en la población del cantón Quero.

1.3 HIPÓTESIS

El impacto de la caída de ceniza volcánica ha cambiado el ambiente, así como la afección en los suelos, en los cuales los cultivos se ven limitados en su producción sustancialmente, así como las consecuencias en la población en sus hábitos tradicionales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES OCASIONADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA.

Los resultados de la evaluación de impactos ambientales, se la sigue procurando obtener un:

- Conocimiento y diagnóstico de las condiciones operacionales y ambientales de los efectos del fenómeno a estudiarse en términos cualitativos y cuantitativos.
- Identificación de los problemas ambientales ocasionados por el fenómeno de la caída de ceniza volcánica sobre los suelos agrícolas del sector del santuario.
- Conclusión de los eventos en los impactos y las medidas a tomarse en el ámbito de ocurrir la presencia del fenómeno.

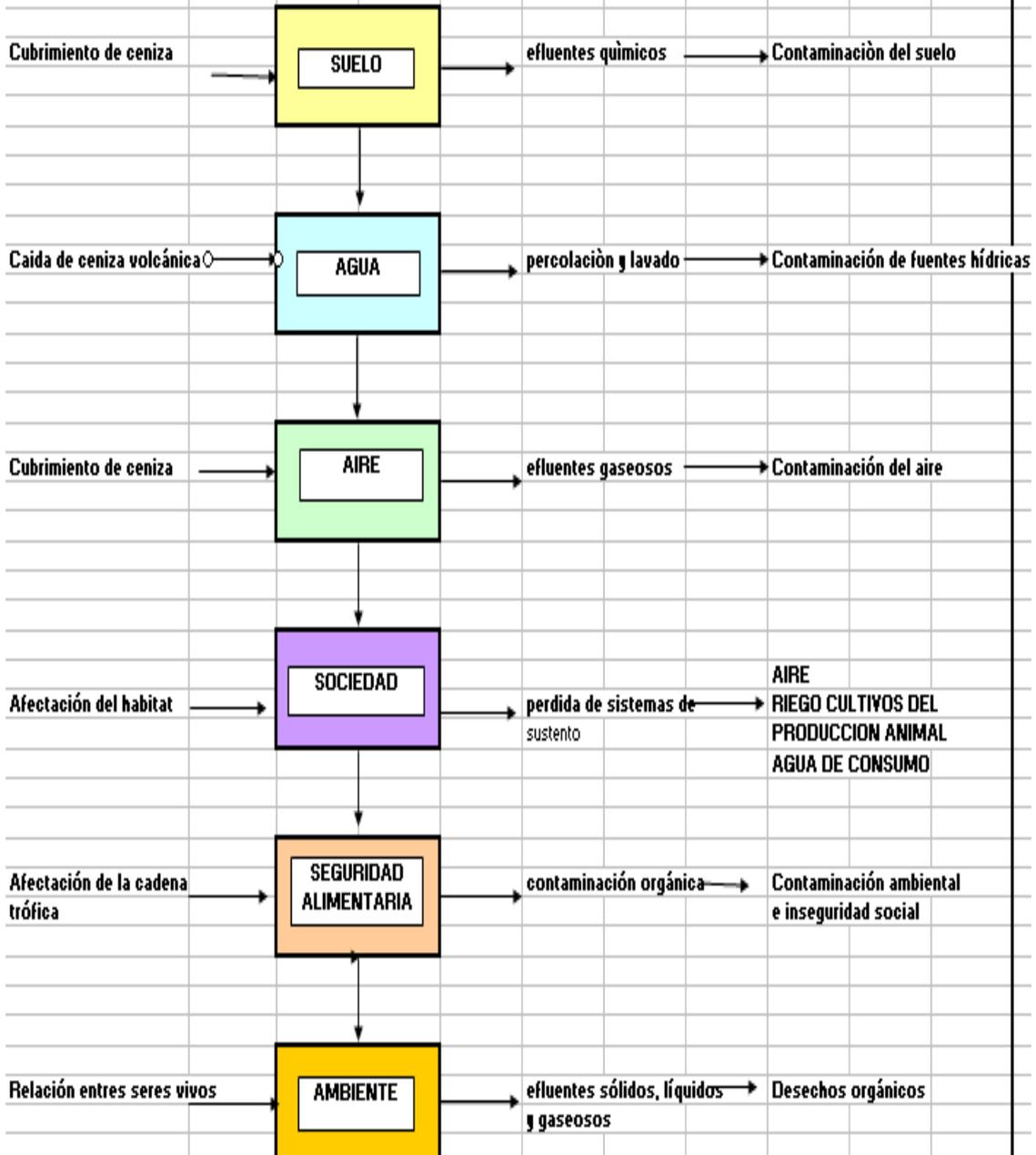
- En el aspecto técnico sobre lo que se trata de un impacto ambiental de carácter natural se lo realizó, especialmente en el medio donde existe mayor probabilidad de resultar impactado.

La presente investigación resulta ser voluntaria ya que estudia el fenómeno, con el fin de analizar los daños al medio por parte de este proceso, a fin de atender exigencias específicas para considerar daños puntuales o todo el universo que forman parte de la problemática ambiental, que en este caso interesan a la población afectada y al investigador.

En el uso de matrices de impactos se debe identificar y verificar todas y cada una de las acciones del proceso que causa o puede causar daños en el entorno, marcando cada uno de los impactos individuales con el fin de evaluarlos. Teniendo en cuenta que cada impacto será valorado de acuerdo a criterios cuantitativos y cualitativos.

Cabe destacar que cada impacto recibirá una calificación (+), si el efecto es benéfico para el medio; y (-) si es perjudicial. La importancia será una ponderación del proceso en forma cualitativa, es decir una escala relativa. La magnitud corresponde a una medida cuantitativa de la alteración provocada en el factor medio ambiental, considerando tanto en calidad como en cantidad.

GRÁFICO . FLUJOGRAMA DE LA EMISION DE CENIZA VOLCANICA



FUENTE: EL UTOR

GRÁFICO 1. FLUJO DE LOS EVENTOS OCASIONADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS.

En el gráfico 1, se observa el flujo y las afecciones causadas por la caída de la ceniza volcánica sobre el ambiente, sus componentes de suelo, aire, agua y sobre los efectos en los habitantes de la zona afectada.

CUADRO 1. EVENTOS A ESTUDIARSE EN LA MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES OCASIONADAS AL MEDIO SUELO POR EFECTOS DE LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| EVENTOS OCURRIDOS RESULTADO DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN TUNGURAHUA |
|---|
| A. AFECCIONES |
| A.1 Afecciones al recurso suelo A.2 Afecciones al recurso agua de riego A.3 Afecciones a la atmósfera A.4 Contaminación del agua A.5 Generación de desechos orgánicos |
| B. ECONOMÍA |
| B.1 Pérdida temporal de suelos agrícolas B.2 Afecciones a la salud B.3 Riesgos de accidentes B.4 Actividades turísticas B.5 Importación de modos de subsistencia |
| C. MEDIO SOCIAL |
| C.1 Pérdida de empleo C.2 Capacitación continua C.3 Renovación del medio |

FUENTE: EL AUTOR

2.1.1 CENIZA VOLCÁNICA.

La ceniza volcánica es formada a partir del magma líquido expulsado del cráter por las explosiones de gases. El tamaño de las partículas difiere de entre varios centímetros (piroclastos) a milímetros (arena) y menos de un milímetro (ceniza). Estas partículas forman columnas o nubes de ceniza volcánica que se propagan con el viento. Las partículas más pequeñas, polvorizadas, se pueden mantener en la atmósfera por mucho tiempo (14).

2.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CENIZA VOLCÁNICA

ISHIZUKA (1996), manifiesta que las propiedades físicas y químicas dependen de las proporciones relativas en vidrio, minerales y fragmentos líticos, las composiciones químicas de cada partícula.

2.1.1.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

a. Dureza: En la escala de dureza en Mohs, el vidrio volcánico tiene una dureza comprendida entre 5 para las plagioclasas y de 6 para los cuarzos (ISHIZUKA 1996).

b. Densidad: La densidad de la ceniza varía entre 0.5 y 2 g/cm³, dependiendo de la compactación y del contenido de agua. Esto quiere decir que una capa de ceniza de 1cm de espesor puede ejercer una fuerza de 20 Kg por m² (ISHIZUKA 1996).

c. Conductividad: La conductividad eléctrica correspondiente a la ceniza humedecida (1:1 agua/ceniza) varía desde 214 Wm para cenizas de grano inferior a 74 micras, hasta 1640 Wm para tamaños superiores a 0.8mm (ISHIZUKA 1996).

2.1.1.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

CUADRO 2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA CENIZA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| % peso | Tungurahua 1999 (promedio de 10 análisis) |
|----------------------------------|---|
| SiO ₂ | 58,50 |
| TiO ₂ | 0,90 |
| Al ₂ O ₃ | 17,00 |
| Fe ₂ O ₃ * | 7,10 |
| MnO | 0,10 |
| MgO | 3,80 |
| CaO | 6,30 |
| Na ₂ O | 4,00 |
| K ₂ O | 1,70 |
| P ₂ O ₅ | 0,30 |
| LOI (H ₂ O) | 0,30 |
| Total | 100,10 |

Fuente: IRD/IG-EPN

2.1.1.4 EFECTOS

Los efectos de la ceniza volcánica varían dependiendo del volumen del material expulsado y la duración de la erupción. La ceniza puede provocar el empeoramiento de enfermedades pulmonares, trastornos gastrointestinales por la ingestión de agua contaminada con flúor y posiblemente con metales pesados. Puede causar daños oculares como conjuntivitis y abrasiones en la córnea. Colapso de tejados: Capas de ceniza de 2 a 3 cm de espesor pueden causar el colapso de tejados con pendientes menores a 20°; y/o con estructuras de mala calidad. Puede causar contaminación en ambientes interiores limpios como quirófanos, laboratorios, etc. Los equipos electrónicos pueden sufrir importantes daños tanto por la capacidad abrasiva de la ceniza como por su comportamiento eléctrico. Interferencias de radio y televisión, así

como fallas en el suministro eléctrico. Disminuye la capacidad de filtración del suelo, taponando cañerías y cauces de aguas.

Sobre la agricultura depende del tipo de cultivo, su grado de desarrollo y evidentemente del espesor de la capa de cenizas caída. También a la ganadería, arruinando pastos y dañando la lana de los animales.

Los gases retenidos se liberan lentamente, pudiendo provocar problemas respiratorios y asfixia, especialmente en las zonas donde la acumulación de ceniza es importante. Pueden transportar elementos que contaminen las aguas de los ríos y manantiales. Los depósitos de ceniza pueden permanecer mucho tiempo sin fijar, especialmente en zonas áridas. Pueden ocasionar accidentes de automóviles.

2.2 ZONA DE INFLUENCIA DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCANICA

CANTÓN QUERO



2.2.1 COMPONENTE FÍSICO

Fisiografía

El área de estudio presenta una topografía moderadamente irregular con pendientes fuertes hasta abruptos. La cota más baja es de 3050 msnm y la cota más alta 4430 y 5018 msnm, donde predominan los fríos páramos; existen 1.840 metros de desnivel en 18 kilómetros de longitud en sentido de los ejes hidrográficos (NOBOA, E. 2006).

Zonas de temperatura media anual:

Rango de 8 A 10 °C

Rango de 10 A 12 °C

2.2.2 ZONAS DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL

Rango de 500 a 750 mm.

Rango de 750 a 1.000 mm.

2.2.3 GEOMORFOLOGIA

Colinas Medianas

Relieves escarpados

Relieves montañosos

Nieve

Superficies de aplanamiento

Vertientes irregulares

Vertientes convexas

2.2.4 COMPONENTE BIÓTICO

Uso antes de la erupción, actual y cobertura vegetal del suelo

Distribución de la cobertura vegetal en la zona de estudio

a . VEGETACIÓN ARBOREA

Bosque natural

b. VEGETACIÓN ARBUSTIVA

Matorral o chaparro

Va

c. PASTIZALES

- Pasto cultivado

Pc

- Páramo

Pr

d. CULTIVOS

Cultivos indiferenciados

- Cultivos de ciclo corto

Cc

- Cereales

Ce

Cultivos diferenciados

- Maíz

Cm

- Cebada

Cd

- Papas

Cp

e. OTROS USOS

- Áreas urbanas

U

- Eriales o grava

Er

- Cuerpos de agua

Wn

- Áreas urbanas

U

- Nieve o hielo

On

f. CULTIVOS ENCONTRADOS EN LA ZONA DE EL SANTUARIO

CUADRO 3. CULTIVOS COMERCIALES ENCONTRADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

| CULTIVOS | NOMBRE CIENTÍFICO |
|----------|----------------------------|
| Alfalfa | <i>Medicago sativa</i> |
| Fréjol | <i>Phaseolus sp.</i> |
| Vicea | <i>Vicea sp.</i> |
| Papa | <i>Solanum sp.</i> |
| Cebolla | <i>Allium sp.</i> |
| Chocho | <i>Lupinus sp.</i> |
| Avena | <i>Avena sativa</i> |
| Oca | <i>Oxalis sp.</i> |
| Cebada | <i>Hordeum vulgare</i> |
| Arveja | <i>Pisum sativa</i> |
| Lechuga | <i>Lactuca sativa</i> |
| Maíz | <i>Zea mays</i> |
| Mashua | <i>Tropaelum tuberosum</i> |
| Ryegrass | <i>Lolium sp.</i> |

FUENTE: EL AUTOR

f.1 Descripción de los cultivos encontrados en la zona afectada.

f.1.1 CULTIVO: ALFALFA *

FAMILIA: Fabácea

NOMBRE CIENTÍFICO: *Medicago sativa L.*

ORIGEN: Asia Occidental y El Cáucaso

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA:

Hábito: Hierba terrestre

Tallos: Semileñosos

Flores: Están dispuestas en racimos terminales, simples, multifloros, y son típicas papilionoideas con un pétalo superior o estandarte de forma variada.

Fruto: Legumbre que puede llegar a contener de 4 a 8 semillas.

Raíz: Pivotante, tiende a formar raíces profundas.

REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS:

Clima: Temperatura 8 a 20°C, precipitación de 600 a 1700 mm frío templado, zona seca, baja interandina y praderas interandinas

Suelos: Desarrolla mejor en suelos francos, bien drenados.

pH: 7 a 8

Época de siembra: Todo el año

Variedades: Nacional, Extranjera, y otras que en INIAP proporciona como la INIAP-114

Período del cultivo: 110-275 días

Densidad de siembra: Sexual 3 a 4 Kg en hilera distancia de 25 cm.

Fertilización: Es aconsejable fertilizar des acuerdo al análisis de suelo sin embargo se recomienda fórmulas de 19 -46- 0 en cantidades de 300 Kg hectárea.

Riego: Este cultivo soporta períodos de sequía pero no muy largos, su riego puede ser por gravedad o aspersión.

Plagas: barredor del tallo así también como a los áfidos.

Enfermedades: Susceptible a la antracnosis.

Rendimiento: Se puede llegar a cortar 8 Toneladas por hectárea en un promedio de 40-100 toneladas al año

*** ECUAQUÍMICA 2009**

f.1.2 CULTIVO: FRÉJOL *

FAMILIA: Fabácea.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Phaseolus vulgaris L.*

ORIGEN: Originario de América del Norte.

DESCRIPCION BOTÁNICA:

Hábito: Anual.

Tallos: De crecimiento erecto, semiprostrado o prostrado.

Flores: El cáliz es un tubo campanulado, el ápice se divide en 5 lóbulos, 5 pétalos desiguales, 10 estambres, 9 filamentos 1 libre; ovario angosto, 1 estilo largo.

Fruto: Legumbre lineares, de hasta 20 cm de largo variables.

Raíz: Fasciculada.

REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS:

Clima: Templado a cálido, temperatura promedio de 18 a 21°C.

Suelo: Franco arenoso-limoso o franco arcilloso, con buen drenaje.

pH: 6,5 a 7,5

Época de siembra: Siembra en los meses de abril a mayo

Varietades: INIAP (Bayito)

Periodo de cultivo: 80 - 85 días

Densidad de siembra: Cantidad: 60 a 68 kilogramos de semilla por hectárea. Población, 200.000 a 300.000 plantas por hectárea.

Fertilización: Aplicación de materia orgánica, de acuerdo al análisis de suelo.

Riego: Frecuentes cada 5 a 6 días dependiendo de la variedad y el ambiente.

- Al inicio y en floración.

- En la formación de vainas.

Plagas: Gusano barrenador de tallo, gusanos de tierra, gusano del brote y vaina.

Enfermedades: Pudriciones radiculares, Bacteriosis común del fréjol, Roya del fréjol, Oídium y Virus.

Rendimiento: 1,80 TM/ha a 2,50 TM/ha en grano seco, en verde de 3,00 TM/ha.

*** INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) 2009**

f.1.3 CULTIVO: VICIA *

FAMILIA: Leguminosae.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Vicia sativa*

ORIGEN: Nativa de Europa, el norte de África y el oeste de Asia.

DESCRIPCION BOTÁNICA:

Hábito: Planta herbácea, erecta o trepadora, de vida corta, a veces con pelillos.

Tallos: Grueso, angulado.

Flores: Flores rojo purpúreas o violáceas, solitarias de más de 2 cm de largo o en inflorescencias de hasta 4 flores, sésiles o subsésiles

Fruto: Legumbres comprimidas, de hasta 3.5 cm de largo, color castaño opaco y con la superficie algo ondulada.

Raíz: fasciculada.

REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS:

Clima: Versátil, adaptada tanto a ambientes mediterráneos como templados.

Suelos: Con buen drenaje, tolera suelos ácidos

pH: De 4.5 a 7.5

Época de siembra: Otoño

Variedades:

1. *Vicia sativa subsp. cordata*
2. *Vicia sativa subsp. devia*
3. *Vicia sativa subsp. incisa*
4. *Vicia sativa subsp. macrocarpa.*

Período del cultivo: 6 a 8 meses

Densidad de siembra: 30- 60 kg/ha

Fertilización: Urea, abono verde, muriato de potasio.

Riego: Su límite pluviométrico anual se sitúa entorno a los 450 mm

Plagas: Bicho torito Escarabajo Rubio Amarillo de los cereales De la avena De la espiga De la raíz o Subterráneo Del maíz Ruso del trigo Verde de los cereales y royas

Enfermedades: Carbón volador, Carbón hediondo, Fusariosis, Bacteriosis, Mancha amarilla, Septoriosis, Oídio.

Rendimiento: 40.65 Tm/ha de materia verde.

* PALADINES OSWALDO 1996

f.1.4 CULTIVO: PAPA *

FAMILIA: Solanaceae.

NOMBRE CIENTIFICO: *Solanum tuberosum*.

ORIGEN: Lago Titicaca fronteras entre Perú y Bolivia

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA:

Hábito: Planta herbácea de habito rastrero o erecto

Tallos: Gruesos y leñosos, y por lo general verdes o rojo púrpura.

Flores: Hermafroditas, autógamas, pentámeras, de variados colores.

Fruto: Baya pequeña y carnosas.

Raíz: Se desarrollan en verticilo, en los nudos del tallo principal.

REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS:

Clima: Templado frío 6-18°C

Suelos: Francos, bien drenados, abastecidos de: materia orgánica y nutriente.

pH: Menores a 6.4

Época de siembra: Todo el año dependiendo de la zona.

Varietades: Santa catalina, Chola, Uvilla, Violeta María, Gabriela, Semichola, Fripapa, Leona blanca, Coneja, etc.

Período del cultivo: 180 días

Densidad de siembra: diez tallos por m²

Fertilización: N - P₂O₅ y K₂O como: 10-30-10, 18-46-0, 12-36-12, 8-20- 20 y 15-15-15. 140 kg de N/ha, 100 Kg de P₂O₅/ha.

Riego: 700 a 800 mm

Plagas: Nematodos, gusano blanco

Enfermedades: Lancha.

Rendimiento: 47 TM/Ha

*** INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) 2009**

f.1.5 CULTIVO: CEBOLLA LARGA *

FAMILIA: Liliácea.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Allium fistulosum*.

ORIGEN: Originaria de la China.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA:

Hábito: Bienal, a veces vivaz de tallo largo de 80 a 150 cm de altura

Tallos: Bulbo

Flores: Hermafroditas, pequeñas, verdosas, blancas o violáceas, que se agrupan en umbelas.

Fruto: Cápsula con tres caras, de ángulos redondeados, que contienen las semillas, las cuales son de color negro, angulosas, aplastadas y de superficie rugosa.

Raíz: Es fasciculado, corto y poco ramificado; siendo las raíces blancas, espesas y simples.

REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS:

Clima: 12-20° C

Suelos: Textura liviana (francos), con buena profundidad efectiva y retención de humedad.

pH: 6 - 6.5

Época de siembra: Al inicio del periodo de lluvias.

Variedades: Azul, negra.

Período de cultivo: 7 meses

Densidad de plantas: 540.000 plantas por Ha.6.000 plantas por 100m².

Fertilización: 8 ó 9 meses antes de la siembra, se aplican dosis de 3 – 10 Tm / ha complementando con un nivelador de pH puesto que la cebolleta no tolera la acidez.

Riego: Es un cultivo resistente a periodos de sequía. Se pueden utilizar diferentes sistemas riego como: por aspersión, gravedad y goteo.

Plagas: Trozadores y tierreros (*Agrotis ipsilon*) - (*Peridioma sausia*)

Enfermedades: Mancha púrpura (*Alternaria*), Mildew velloso (*Peronospora destructor*), *Stemphyllium*, Pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum*).

Rendimiento: 16,7 TM/ha

***EQUAQUÍMICA 2009**

f.1.6 CULTIVO: CHOCHO *

FAMILIA: Fabácea

NOMBRE CIENTÍFICO: *Lupinus pubescens Benth.*

ORIGEN: Originaria del Mediterráneo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA:

Hábito: Especies herbáceas anuales.

Tallo: Leñoso

Flores: Están dispuestas en racimos terminales, simples, multifloros.

Fruto: Son legumbres o chauchas que contienen de 2 a 10 semillas.

Raíz: Pivotante y la formación de raíces profundas.

REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS:

Clima: Templado y bajas temperaturas nocturnas. Mínimas de - 4 °C y máximas de 18-20 °C

Suelos: suelo de montaña, preferentemente sueltos.

pH: 5-7

Épocas de siembra: A partir de mediados de abril hasta fines de julio, según la latitud, el tipo de clima, la distribución de las lluvias y la variedad a implantar.

Variedades: INIAP-450 Andino. (*Lupinus mutabilis* Sweet)

Período de cultivo: El ciclo total del cultivo que va desde la siembra hasta el fin de la maduración y posterior cosecha, se divide en subperíodos vegetativos y reproductivos.

Densidad de siembra: por hectárea es de 120 a 150 kg

Fertilización: Se recomienda un abonado de suelo rico en P y K. En cantidades de 0.3 kg de P en 100 Kg de abonado.

Riego: Es resistente a períodos de sequía. Se pueden utilizar diferentes sistemas riego como: por aspersión, gravedad y goteo.

Plagas: Coleópteros *Epicauta sp.* y *Astylus sp.*, orugas, pulgones, chinches.

Enfermedades:

Antracnosis (*Colletotricum gloeosporioides*). Mancha café (*Pleiochaeta setosa*). Fusariosis (*Fusarium*). Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*). Fomosis (*Phomopsis leptostromiformis*).

Rendimiento: Promedio de 600 a 1200 kg/ha con extremos que van desde los 300 a los 2000 kg/ha.

*** INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) 2009**

f.1.7 CULTIVO: AVENA *

FAMILIA: Poácea.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Avena sativa* L.

ORIGEN: Las avenas cultivadas tienen su origen en Asia Central.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA:

Hábito: Anual.

Tallos: Son gruesos y rectos, con poca resistencia.

Flores: la inflorescencia es en panícula.

Fruto: El fruto es en cariósipide, con las glumillas adheridas

Raíz: Fasciculada. Posee un sistema radicular potente, con raíces profundas.

REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS:

Clima: Temperatura 17°C. Es considerada una planta de estación fría.

Suelos: Poco exigente en suelo, pues se adapta a terrenos muy diversos.

pH: 5-7

Época de siembra: En los meses de marzo.

Variedades:

- Santa Catalina-82 (Avena para consumo humano)
- INIAP - 82 (Avena para forraje y producción de grano) Santa Catalina, Iniap 67,
- Iniap 76, Santa Catalina 82 (consumo humano)
- Iniap 82 (consumo animal y producción de granos.

Período del cultivo: 180 días a la madurez.

Densidad de siembra: Utilizar 68 kg/ha de la semilla. Si la siembra es al voleo debe emplearse 80 kg/ha (180 lb).

Fertilización: Por hectárea: 27,5 kg de N, 12,5 kg de P₂O₅ y 30 kg de K₂O.

Riego: 400-1200mm

Plagas: *Tarsonemus apirifex*, Gorgojos (*Tychius sp.*)

Enfermedades: El carbón *vestido* (*Ustilago levis*), *El carbón desnudo* (*Ustilago avenae*), *La roya anaranjada* (*Puccinia coronifera*), *Oídio* (*Erysiphe graminis*)

Rendimiento: 3500-4500Kg/ha.

* INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) 2009

f.1.8 CULTIVO: OCA *

FAMILIA: Oxalidáceas

NOMBRE CIENTÍFICO: *Oxalis tuberosa*

ORIGEN: En los Andes centrales

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA:

Hábito: Es una herbácea que mide entre 20 y 30 cm de alto

Tallos: Suculentos. Posee tubérculos que miden de 5 a 15 cm de largo.

Flores: En la oca las flores se disponen en dos cimbras de 4 a 5 flores.

Fruto: La oca rara vez forma fruto, porque las flores se caen después de abrirse, sin embargo cuando forma fruto este es una cápsula formada por cinco lóculos con 1-3 semillas por lóculo.

Raíz: Las raíces son adventicias y fasciculadas a diferencia de la papa.

REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

Clima:

Temperaturas: La oca es resistente a bajas temperaturas y prospera en climas fríos moderados, temperaturas por encima de los 28°C destruyen la planta.

Suelos: Francos, profundos y con buen contenido de materia orgánica.

pH: 5.3-7.8

Época de siembra: La época de siembra varía según la altitud.

Varietades: *Yurac-uca* -oca blanca u oca "de algodón": Ocas *runlles* (sin traducción al español); *Yana-uca*- ocas negras: la coloración que presentan es rojo oscuro.

Período de cultivo: El periodo vegetativo es de 6-7 meses.

Densidad de siembra: 800 kg/ha de semilla pequeña (20 g) y 1 300 kg/ha de semilla de mayor tamaño.

Fertilización: La oca responde muy bien a la fertilización con materia orgánica, complementada con nitrógeno y fósforo a niveles adecuados de 80-40-0.

Riegos:

Plagas: Cutso (*Barotheus* spp.) y el gusano trozador (*Agrotis* spp.).

Enfermedades: La roya (*Puccinia* spp). Las enfermedades son poco frecuentes, salvo casos de virosis que se manifiestan por decoloración de las hojas.

Rendimiento: En condiciones normales produce 5 t/ha a 7 t/ha.

* INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) 2009

f.1.9 CULTIVO: CEBADA *

FAMILIA: Gramineácea.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Hordeum vulgare* L.

ORIGEN: Asia y Etiopía.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA:

Hábito.-Herbácea y de crecimiento anual.

Tallos.-Alcanzan una altura de 0.60 m. a 1.10 m.

Flores.-Se agrupan en espigas cilíndricas.

Fruto.-Es una cariósida, con glumas adheridas.

Raíz.- Constituido por raíces adventicias.

REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS

Clima: 10-24°C.

Suelo.-Franco arenoso, profundo de buen drenaje.

pH.- 6,5-7,5

Época de siembra.-Depende del período de lluvias en cada zona.

Variedades.-1-Shiri 89 e 1-Atahualpa 92, de 2 hileras para consumo humano: 1-Calicuchima 92 para malta.

Período de cultivo.-Germinación 20 días, Macollaje 50 días, Encañazon 120 días, Espigazon 145 días, Maduración lechosa 180 días, maduración del cereal 210 días.

Densidad de siembra.-De 300-400 semillas/m².

Al voleo: 120Kg/Ha de semilla.

Fertilización: 40-40 Kg/Ha de N y P₂O₅, que se cubre con 100 Kg/Ha de 18-46-0.

Riegos:

Para aspersoras accionadas por tractor: Debe calcularse Litros/ha = Litros de agua gastados en área en prueba (10000 m²)/área en prueba en m².

Plagas: La chinche pequeña de los cereales (*Blisus leucoptera* S.), Pulgones (*Myzus persicae*), Gusano alambre, Gusano trazador.

Enfermedades: Roya del tallo (*Puccinia graminis*), Roya amarilla de la hoja (*Puccinia styliformis*), Carbón volador (*Ustilago nuda* J.)

Rendimiento: Dependiendo de la variedad de 3 a 4 t/ha.

* INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) 2009

f.1.10 CULTIVO: ARVEJA *

FAMILIA: Papilionácea.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Pisum sativum* L.

ORIGEN: Asia central, Asia menor, la cuenca del mediterráneo o Etiopia.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Hábito: Rastrero o trepador.

Tallos: Tamaño corto, mediano, largo, provistos de nudos de color verde claro.

Flores: Son pentámeras blancas o morada, en racimos de 1- 2 flores.

Fruto: una legumbre (vaina) de 4 a 15 cm de largo y 2 cm de ancho.

Raíz: Pivotante con raicillas secundarias y terciarias bastante profunda.

REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS:

Clima: Tropical Tº 15 -18 °C con máxima de 24°C.

Suelo: Arenoso hasta arcilloso

pH: 5,5 y 6,5

Época de siembra: Zonas altas mayores de 2500 msnm se recomienda sembrar entre marzo y julio. En las zonas bajas menores de 2500 msnm pueden realizarse dos ciclos al año.

Varietades: Negret, Aureola, Lincoln, Voluntario, Asterix, Allegro, Teléfono, Televisión, Tirabeque, Cometodo (Mangetout).

Período del cultivo: De 80 a 120 días dependiendo de la variedad (3 a 4 meses)

Densidad de siembra: Se realiza a chorrillo y con densidad de 100-200 kg/ha.

Fertilización: Como fuente fosfatada puede utilizarse el superfosfato triple de calcio (0-46-0) o en su defecto, fosfato diamónico (18-46-0).

Riegos: Regiones frías alrededor de 300mm y en zonas medias cálidas de 400mm.

Plagas: - Pulgón verde, Polilla del guisante, Sitona (escarabajo que roe las hojas)

Enfermedades:- Oídio del guisante, Rabia del guisante, Mosaico del guisante.

Rendimientos: Los rendimientos promedio son de 2 a 3.5 TM/ha de grano seco, dependiendo de los cultivares. Los rendimientos en arveja verde varían de 5 a 10 TM/ha.

*** INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) 2009**

f.1.11 CULTIVO: LECHUGA *

FAMILIA: Compositae.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Lactuca sativa* L.

ORIGEN: Asia.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA:

Hábito: Herbácea anual.

Tallo: Es cilíndrico y ramificado.

Flores: Son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos.

Raíz: La raíz, que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.

REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS:

Clima: 14-18°C

Suelos: Son los ligeros, arenoso-limosos, con buen drenaje,

pH: pH óptimo entre 6,7 y 7,4.

Época de Siembra: Todo el año

Variedades: Siceberg, Little gen" o cogollitos, Hoja rizada, Romana, Miniromana, Tallo (también llamada lechuga espárrago), Simpson – Roble

Periodo del cultivo de la lechuga: 180 días

Densidad: 2-3 Kg/ha.

La fertilización: En esta primera fertilización se aplico Fosforo y Nitrógeno para ello se utilizo la fuentes de urea (46-00-00) y fosfato diamónico (18-46-00)

Riego: 1000-1200 mm

Plagas.- TRIPS (*Frankliniella occidentalis*), -MINADORES (*Liriomyza trifolii* y *Liriomyza huidobrensis*), -MOSCA BLANCA (*Trialeurodes vaporariorum*), -PULGONES (*Myzus persicae*, *Macrosiphum solani* y *Narsonovia ribisnigri*)

Enfermedades.- -ANTRACNOSIS (*Marssonina panattoniana*), -BOTRITIS (*Botrytis cinerea*), -MILDIU VELLOSO (*Bremia lactucae*), -ESCLEROTINIA (*Sclerotinia sclerotiorum*), -SEPTORIOSIS (*Septoria lactucae*), -VIRUS DEL MOSAICO DE LA LECHUGA (LMV), -VIRUS DEL BRONCEADO DEL TOMATE (TSWV).

Rendimiento: Rango óptimo: De 4000 a 5000 docenas de cabezas por hectárea

***ECUAQUÍMICA 2009**

f.1.12 CULTIVO: MAÍZ *

FAMILIA: Poácea (Gramíneas).

NOMBRE CIENTÍFICO: *Zea mays* L.

ORIGEN: América.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA:

Hábito: Anual.

Tallos: Se forma de una plúmula del embrión; es cilíndrico, formado por nudos.

Flores: En una inflorescencia masculina; ésta es una panícula formada por numerosas flores pequeñas llamadas espículas.

Fruto: Es una cariósida o grano.

Raíz: El sistema radicular es Fasciculado.

REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS:

Clima: 10-20°C

Suelo: Franco, franco arcilloso, franco arenoso, con buen drenaje.

pH: 5,5-7,5

Época de siembra: Octubre-Diciembre, dependiendo de la zona y altitud.

Varietades: INIAP-101, blanco-harinoso; INIAP-111, blanco-harinoso; INIAP-122, amarillo harinoso; INIAP-153, blanco-morocho; INIAP-160, blanco-morocho, INIAP-176, amarillo-duro; INIAP-180, amarillo-duro.

Periodo de cultivo: 90 a 120 días.

Densidad de siembra: 25-30 Kg de semilla/ha. **Fertilización:** Si la cosecha es para grano seco aplicar, en suelos de fertilidad intermedia, 80-40 Kg/Ha de N y P₂O₅ con 2 sacos de 18-46-0.

Riego: El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día.

Plagas: El barrenador del maíz o taladro del maíz (*Sesamia nonagrioides*, *Pyrausta nubilalis*). Piral del maíz (*Ostrinia nubilalis*), Gusano de alambre, Gusanos grises, Pulgones (*Myzus persicae*)

Enfermedades: Bacteriosis (*Xanthomonas stewartii*), Pseudomonas, *Helminthosporium turcicum*, Antracnosis, Roya, Carbón del maíz (*Ustilago maydis*).

Rendimiento: Cultivo tradicional 1.400 a 1600 Kg/ha. Cultivo tecnificado 5.000Kg/ha.

*** INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) 2009**

f.1.13 CULTIVO: MASHUA *

FAMILIA: Tropaeolácea

NOMBRE CIENTÍFICO: *Tropaeolum tuberosum*.

ORIGEN: Originaria de los Andes centrales.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA:

Hábito: De hábito rastrero, produce tubérculos de forma cónica alargada con jaspes, rayas o pintas de color oscuro.

Tallos: Tubérculos de 5 a 15 cm de largo, cuyo color varía entre el blanco, amarillo y anaranjado.

Flores: Las flores son solitarias de diferentes colores que van de anaranjadas o rojizas, el número de estambres es variable puede ser de 8-13.

Fruto: El fruto es esquizocarpo, el cual produce abundante semilla botánica.

Raíz: Las raíces se desarrollan en verticilo, en los nudos del tallo principal, su crecimiento primero es vertical dentro de la capa de suelo arable.

REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS:

Clima: en climas fríos (páramos)

Suelos: Requiere de suelos sueltos.

PH: Ligeramente ácido entre 5-6, aunque también se desarrolla entre pH 5.3-7.5.

Época de siembra: Se debe esperar a que las lluvias se hayan establecido, lo que ocurre entre octubre y principios de noviembre.

Variedades: *Quillu-zapallo* -amarilla gruesa. Amarilla chaucha: *Putsu*, *putsito*, *puzungo*; *Putsu*

Período de cultivo: 175-245 días (6-8 meses)

Densidad de siembra: 70 matas: 2.047g

Fertilización: Abono orgánico de ovino al momento de la siembra de 200 a 250 gr.

Riego: El riego por lo general es por gravedad, por microaspersión.

Plagas: Roya de la oca.

Enfermedades: Cutso a la oca que puede llevar a una pérdida total de la cosecha.

Rendimiento: Hasta 70 TM/Ha

* INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) 2009

f.1.14 CULTIVO: RYEGRASS *

FAMILIA: Poáceae.

NOMBRE CIENTÍFICO: *Lolium perenne*.

ORIGEN: Asia y Oriente Medio hacia 8.000 – 10.000 años.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA:

Hábito: Cultivo anual

Tallos: Cilíndricos a elípticos en su sección transversal, articulados, en general.

Flores: Hermafroditas, generalmente con un pistilo (órgano sexual femenino).

Fruto: Grano seco indehiscente

Raíz: Fasciculada.

REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS:

Clima: Se adapta muy bien a los climas fríos poco tolerante a la sombra.

Suelos: suelos franco- arenosos y franco arcillosos

pH: 5.5-7.5

Época de siembra: Es recomendada la primera quincena de marzo.

Variedades:

- **Westerwold:** ryegrass que no tiene requerimientos de frío para florecer, lo hace cuando ocurre el alargamiento de los días.
- **Italianos:** raigrás con requerimientos de frío para florecer. Si no acumula horas de frío suficientes durante el invierno, no florece, o florece poco.
- **Ryegrass híbrido:** Especie resultado del cruzamiento natural o inducido entre ryegrass anual y perenne.

Periodo del cultivo:

Densidad de siembra: 25-30 kg/Ha

Fertilización: El manejo de la fertilización recomendada en un verdeo de ryegrass incluye fertilizar con fósforo a la siembra con 80-100 kg/ha de superfosfato (0-46-0).

Riego: 400-5000 mm

Plagas:

Enfermedades:

Rendimiento: Rendimientos de materia seca con un rango de 4500-5500 kg/ha

***EQUAQUÍMICA 2009**

CUADRO 4. CULTIVOS ASOCIADOS LOCALIZADOS EN LA ZONA ALTO ANDINA DEL VOLCAN TUNGURAHUA

| Código | Unidad | DESCRIPCION |
|---------------|---------------|--|
| Bn | 5 | Bosque Natural |
| Cc | 1 | Cultivos de ciclo corto |
| Cc-Ce | 2 | 50% Cultivos de ciclo corto - 50% Cereales |
| Cc-Cm | 2 | 50% Cultivos de ciclo corto - 50% Maíz |
| Cc-Pc | 2 | 50% Cultivos de ciclo corto - 50% Pasto cultivado |
| Cc/Ap | 1 | Cultivos de ciclo corto en áreas en proceso de ero |
| Cc/Pc | 2 | 70% Cultivos de ciclo corto / 30 % Pasto cultivado |
| Cd | 2 | Cebada |
| Cd/Af | 1 | Cebada en áreas con fuertes procesos erosivos |
| Ce/Cc | 1 | 70% Cereales / 30% Cultivos de ciclo corto |
| Cm | 3 | Maíz |
| Cm-Cp | 3 | 50 % Maíz - 50% Papas |
| Cm/Cd | 1 | 70% Maíz / 30% Cebada |
| Cm/Cp | 5 | 70% Maíz - 30% Papas |
| Cm/Pc | 2 | 70% Maíz / 30% Pasto cultivado |
| Cp | 1 | Papas |
| Cp/Cm | 3 | 70% Papas - 30% Maíz |
| Cp/Va | 3 | 70% Papas / 30% Vegetación arbustiva |
| Er | 7 | Afloramientos rocosos |
| Er/On | 2 | 70% Afloramientos rocosos / 30% Nieve |
| On | 3 | Nieve o hielo |
| Pc | 1 | Pasto cultivado |
| Pc/Cp | 1 | 70% Pasto cultivado / 30% Papas |
| Pr | 19 | Páramo |
| U | 1 | Áreas urbanas |
| Va/Cc | 1 | 70% Vegetación arbustiva / 30% Cultivos de ciclo corto |

FUENTE: NOBOA, E 2006

Tierras para forestación, reforestación y mantenimiento de la cobertura vegetal natural.

NOBOA, E. (2006), manifiesta que para este tipo de cobertura se aconseja la permanencia de la vegetación actual o reforestación de estas zonas con bosques de especies nativas o introducidas, las limitaciones son muy importantes, especialmente por pendientes fuertes, vientos donde los cultivos provocarían arrastre de sedimentos por escurrimiento, o deslaves por la caída de materiales pétreos.

Tierras aptas para la agricultura con limitaciones muy importantes.

Áreas con suelos no recomendables para cultivos, su limitación más importante resulta la textura, igualmente la utilización de la mecanización no es recomendable y el riego es casi imposible (19).

Zonas marginales para la agricultura, implantación de pastizales o mejoramiento de pastos naturales existentes, limitaciones importantes

En esta categoría se integran aquellas áreas con pendientes fuertes a abruptos, donde la deforestación para la implementación de cultivos provocaría graves deslizamientos y escurrimientos. También se consideran aquellos valles con riego u otras zonas donde se recomiendan los pastizales (19).

CUADRO 5. USOS TERRITORIALES CON CULTIVOS DEL AREA DE ESTUDIO

| CODIGO | DESCRIPCION | CARACTERISTICAS |
|---------------|----------------------|---|
| B | Bosque | Forestación, reforestación y mantenimiento de la cobertura vegetal natural, limitaciones importantes. |
| C2b | Cultivos | Agricultura con limitaciones muy importantes, (textura) mecanización y riego difíciles |
| P | Pastos | Zonas marginales para la agricultura, mejoramiento de pastos naturales existentes, limitaciones importantes |
| S | Sin Uso Agropecuario | Sin Uso Agropecuario |

FUENTE: NOBOA EDGAR 2006

2.3 CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA

Zonas de Vida

De acuerdo a la zonificación bioclimático y ecológica realizada por LUIS CAÑADAS para el Ecuador, según la metodología de HOLDRIGE, citados por NOBOA, E. (2006), se identifican en el área:

Bosque húmedo Montano (bhM)

Localización geográfica

Se ubica en el subpáramo entre las cotas de 3.600 y 4.200 msnm.

Características ecológicas

Relieve: se presentan pendientes regulares (12-25 %), fuertes (25-50 %), muy fuertes (50-70 %) y abruptas (>70 %). Clima: la temperatura media varía entre 6 y 12°C, en tanto que la precipitación total anual presenta un rango entre 1000 y 1500 mm., la

relación de evapotranspiración potencial está entre 0.25 y 0.50, que corresponde al subpáramo y páramo (19).

Flora silvestre

CUADRO 6. ESPECIES FLORÍSTICAS DE LA ZONA HÚMEDA MONTANA

| FAMILIA | NOMBRE CIENTIFICO | NOMBRE COMUN | HABITO |
|-----------------|--------------------------------|--------------|---------|
| Araliaceae | <i>Oreopanax sp</i> | Pumamaqui | Árbol |
| Asteraceae | <i>Gynoxis sodiro</i> | Piquil | Árbol |
| | <i>Loricaria thuyoides</i> | Jata | Arbusto |
| | <i>Mutisia cf. Andersoni</i> | | Arbusto |
| | <i>Senecio cf. Hypsobates</i> | | Arbusto |
| | <i>Baccharis caespitosa</i> | Chilca | Arbusto |
| Buddlejaceae | <i>Buddleja incana</i> | Quisuar | Árbol |
| Clusiaceae | <i>Hypericum laricifolium</i> | Romerillo | Árbol |
| Ericaceae | <i>Gualtheria insipida</i> | | |
| Grossulariaceae | <i>Escallonia myrtilloides</i> | Chachacoma | |
| Loranthaceae | <i>Tristerix grandiflorus</i> | | |
| Melastomataceae | <i>Tristerix grandiflorus</i> | Pichana | |
| Poaceae | <i>Festuca andicola</i> | | |
| | <i>Calamagrostis coarctata</i> | | |
| | <i>Stipa ichu</i> | | |
| | <i>S. cf. Speciosa</i> | | |

FUENTE: NOBOA EDGAR 2006

La zona de estudio presenta pequeños espacios cubiertos de bosques y mayor cantidad de vegetación paramera, cuyos suelos se encuentran cubiertos íntegramente por gramíneas. Estas especies no llegan a alturas mayores de 150 cm. y casi todas tienen hojas rígidas con abundantes pelos que a veces son muy consistentes (19).

Representatividad del Área Dentro del Ecuador

Los bosques montanos ubicados en el área de estudio de la zona afectada por la caída de la ceniza volcánica se encuentran poco representados, ya que la vegetación original ha sido reemplazada casi en su totalidad para dar paso a la agricultura y ganadería.

El páramo se encuentra mejor representado, pero también ha sufrido modificaciones, especialmente en las zonas de límite de bosque andino. En la actualidad el páramo soporta un incremento de presiones debido al aumento poblacional que lleva a un mayor requerimiento de tierras para pastoreo y cultivo con las consecuentes talas y quemadas que realizan continuamente (19).

Especies para reforestación

En los últimos años, estudios con especies nativas han demostrado que es posible utilizarlas para controlar la deforestación y la erosión, suplir en parte la escasez de leña y contribuir al restablecimiento del equilibrio ecológico, especialmente en la zona más alta donde los árboles exóticos no pueden crecer o lo hacen difícilmente (ACOSTA 1990). En base al inventario realizado en la zona de estudio, dentro de las especies andinas que pueden ser usadas para rehabilitar las zonas altas se pueden mencionar: *Polylepis incana* (Pantza), *Oreopanax* sp. (Pumamaqui), *Chuquiraga jussieui* (Chuquiragua), *Buddleja incana* (Quishuar), *Weimannia* sp. (Sara), *Miconia* sp. y *Diplostephium* sp. Las especies que pueden usarse para reforestar los pisos montanos son: *Bamadesia spinosa* (Espino rojo), *Alnus acuminata* (Aliso), *Caesalpinia spinosa* (Guarango), *Cleome anomala* (ACOSTA 1990) .

Especies endémicas y en peligro de extinción

Aunque se han realizado colecciones y algunos estudios de la vegetación de los páramos en el Ecuador, no se conoce aún toda la diversidad de su flora y se ignoran - muchos aspectos sobre la ecología y fitogeografía, sin embargo, no existen evidencias de que hay plantas que se encuentran en peligro de extinción, ya que generalmente tienen amplia distribución. Según comunicación personal de León S., existen especies como **Polylepis** y **Buddleja**, que están desapareciendo rápidamente debido a la explotación irracional para leña, la deforestación y las constantes quemadas (19).

Fauna Silvestre

De acuerdo a la zonificación del Ecuador en pisos zoogeográficos de ALBUJA (1991), entre las cotas 2.700 y 4.200, se puede identificar un solo piso zoogeográfico denominado Altoandino.

Corresponde a las tierras que están sobre los 2800-3000 msnm. hasta el límite altitudinal de la zona de estudio, que tienen un clima frío de altura, con una temperatura media que varía entre 9-11°C (19). La fauna en este piso es bastante pobre en el número de grupos, especies e individuos. Tal pobreza se puede explicar por las duras condiciones ambientales, la relativa pobreza de la vegetación y la edad relativamente corta del ecosistema paramero, que los organismos deben soportar (2).

CUADRO 7. FAUNA DEL PISO ALTOANDINO

| FAMILIA | NOMBRE CIENTIFICO | NOMBRE COMUN |
|---------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Apodidae | <i>Streptoprocne zonari</i> | Vencejo |
| Accipitridae | <i>Buteo polyosoma</i> | Guarro |
| Cathartidae | <i>Vultur gryphus</i> | Cóndor |
| | <i>Coragyps atratus</i> | Gallinazo de cabeza negra |
| Laridae | <i>Larus serranus</i> * | Gaviota de páramo |
| Podicipedidae | <i>Podiceps</i> sp. | Chupil |
| Scolapacidae | <i>Gallinago nobilis</i> | Zumbador |
| Stringidae | <i>Bubo virginianus</i> | Búho |
| Tinamidae | * <i>Nothocercus curvirostris</i> | Perdiz de páramo |
| | * <i>Nothocercus penthandii</i> | Perdiz de páramo |
| Thinocoridae | * <i>Attagis gayi</i> | Codomiz |
| Tydonidae | <i>Tyto alba</i> | Lechuza blanca |
| Trchilidae | <i>Oreotrochilus stella</i> | Quinde estrella |
| | <i>Lesbia victoria</i> | Quinde cola larga |
| MAMÍFEROS | | |
| Cavidae | * <i>Cavia aparea</i> | Sachacuy |
| Camelidae | <i>Lama glama</i> | Llama |
| | * <i>Lama pacos</i> | Alpaca |
| Cervidae | <i>Mazama Rufina</i> | Soche |
| | <i>Odoiceoleus virginianus</i> | Venado |
| | * <i>Pudu mephistopheles</i> | Ciervo enano |
| Canidae | <i>Dusicyon culpaeus</i> | Lobo de páramo |
| Cricetidae | <i>Akodon mollis</i> | Ratón de campo |
| | <i>Microryzomys altissimus</i> | Ratón de campo |
| Felidae | <i>Felis colocolo</i> | Puma |
| | <i>Felis concolor</i> | Puma |
| Lagomorpha | <i>Silvilagus brasiliensis</i> | Conejo |
| Mustelidae | <i>Mustela frenata</i> | Chucuri |
| Soricidae | * <i>Cryptotis thomasi</i> | Musaraña |

FUENTE: NOBOA EDGAR 2006

ALBUJA, E. (1991), manifiesta que la fauna presenta numerosas adaptaciones a su medio, tanto a nivel de invertebrados como de vertebrados. Las aves es un grupo relativamente abundante y bien adaptado al páramo. En cuanto a los mamíferos es evidente que presenta una gama muy limitada de especies, pero muchas de ellas son endémicas de este ecosistema; algunas presentan especializaciones fisiológicas para sobrevivir en las condiciones ambientales del páramo ya que muchos mamíferos tienen el corazón más grande y una concentración mayor de glóbulos rojos.

Los mamíferos de gran tamaño prácticamente ya no existen en la zona; la caza indiscriminada y la alteración de su hábitat han obligado a las especies de mamíferos a emigrar, o se encuentra en peligro de extinción (2)

Especies animales raras o en peligro de extinción

Basados en el listado del "libro rojo" del "UICN" y en el estudio realizado de especies animales del proyecto; se concluye que los siguientes animales son considerados como raros o en peligro de extinción:

-Entre las aves, especies de las familias Cathartidae: Cóndor (*Vultur gryphus*); Accipitridae: Guarro (*Buteo polyosoma*), Tytonidae: Lechuza blanca (*Tyto alba*) Stringidae: Búho (*Bubo virginianus*); Scolapacidae: Zumbador (*Gallinago nobilis*).

-De los mamíferos se puede citar las familias: Soricidae: Musaraña (*Cryptotis thomasi*); Felidae: Puma (*Felis colocolo*); Puma (*Felis concolor*); Tapiridae: Tapir o gran bestia (*Tapirus pinchaque*); Camelidae: Alpaca (*Lama pacos*); Dynomidae: Guanta de cola (*Dinomys branickii*) y Cervidae: Ciervo enano (*Pudu mephistopheles*).

Ictiofauna

Cualquier alteración en los parámetros que son parte del ecosistema, inciden en la estabilidad y vida del entorno terrestre y acuático. El principal componente biótico terrestre, constituye el bosque, ya que este sirve de refugio y sostén para los animales, y consecuentemente el mencionado desequilibrio se refleja en el entorno acuático. Por lo tanto si hay salud en tierra firme es evidente que el agua estará alcanzando su estado natural. En el museo de la Politécnica Nacional existen algunos ejemplares que fueron colectados por los hermanos Olalla, Adolfo Mena, Luis Proaño, el citado material fue estudiado por el Profesor Gustavo Orcés. En lo que respecta a peces, en altitudes mayores a 2000 m, la diversidad es reducida, y de ellas dos habitan sobre los 2200 msnm, la trucha y la preñadilla citados por NOBOA, E. (2006)

Knodus sp

Lebrasina elongata

Churupin sp

Astroblepus fissidens Preñadilla

Salmo sp Trucha (introducida)

Especies faunísticas en Peligro de Extinción

En lo que respecta a especies en peligro de extinción es un proceso que desafortunadamente sigue avanzando, como consecuencia de la explotación indiscriminada de los bosques naturales. Nueve especies de reptiles del Ecuador han sido incluidos en el Libro Rojo de especies amenazadas y se ha registrado una disminución dramática de las poblaciones en anfibios, especialmente en las zonas altas y en las estribaciones de los Andes (COLOMA 1991). Las especies registradas en el Catálogo de Especies en Peligro, IUCN, 1990 y que habitan en el área de estudio son:

| | |
|---------------------------|-----------------------|
| <i>Tapirus pinchaque</i> | Danta de montaña |
| <i>Tremarctos ornatus</i> | Oso de anteojos |
| <i>Vulthur gryphus</i> | Cóndor |
| <i>Feli wiedii</i> | Tigrillo (vulnerable) |

Uno de los motivos que determina, a más de la deforestación agresiva, la desaparición de las poblaciones y el riesgo para que desaparezcan las especies, es la cacería, en ocasiones para alimentarse, en otras por afición deportiva, otras para comercializarlas como mascotas, para extracción de partes como piel, uñas, etc. Son muy perseguidos los patos, bandurrias, tórtolas, torcazas, perdices, palomas tierreras, pava de monte, loros, etc. El cóndor andino, es una especie representativa de los Andes, sin embargo está desapareciendo porque ha sido sometido a una gran presión de cacería y actualmente casi ha desaparecido su nicho por alteración de grandes extensiones de bosques naturales (COLOMA, R. 1991).

Áreas Bajo Régimen Especial

Del trabajo realizado por NOBOA, E. (2006), se manifiesta que entre las últimas reformas a la Constitución de la República, publicada el 16 de enero de 1996, R.O. 863, se incluyó la VI sección relacionada con la protección del hábitat natural y el medio ambiente. En ella se ratifica la obligación que tiene el estado de proteger el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable (19). Además se declara de interés público: la conservación del ambiente, de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país. Incluye la prevención de la contaminación ambiental, la explotación sustentable de los recursos naturales y el establecimiento de áreas naturales protegidas (19).

Este mandato de la constitución en la práctica no es aplicado por cuanto no existe una Ley Ambiental con sus respectivos reglamentos para que lo complementen. Pero el hecho de que no exista una ley con sus reglamentos, no excluye que las personas estén en la obligación moral de cumplir en la mejor forma esta disposición (19).

2.4 COMPONENTE SOCIOECONÓMICO



Oficialmente, la Población estimada en el VI Censo de Población y V de Vivienda realizado en el año 2001, la provincia tiene 441.389 habitantes tanto en el área urbana como en el área rural. Cerca del 40% de este total son indígenas, el otro 40% son mestizos, mientras que el 20% restante se dividen entre negros, asiáticos, europeos, americanos y sus descendientes; es decir, que la provincia ha lo largo de los años ha dado acogida no solo a sus propios habitantes, sino también a extranjeros que han decidido hacer de esta provincia su nuevo hogar.” De toda la población el 60% habita en la zona rural y de este porcentaje el 35% tienen una edad menor a los 15 años.

La clasificación por grupos de edades a nivel provincial son:

| | |
|--------------------|-----------------|
| Menores de 15 años | : 31.82% |
| De 15 a 24 años | : 19.67% |
| De 25 a 64 años | : 40.45% |
| Mayores de 64 años | : 8.05% |

En las afueras del cantón Ambato, se puede ver que la mayor parte son indígenas, también se observa que ellos se comunican en su propio idioma que es el Quechua y para identificarlos es mejor observar su vestuario principalmente su poncho, por ejemplo los indígenas de la comunidad Salasaca usan poncho negro, los de Pilahuín usan poncho rojo, etc.

2.5 EFECTOS DE LA CENIZA VOLCÁNICA SOBRE LAS PLANTAS.

CUADRO 8. DAÑOS OCASIONADOS POR LA CENIZA EN LA AGRICULTURA.

| ESPESOR CENIZA (mm) | CULTIVOS |
|---------------------|---|
| >2000 | Toda la vegetación queda destruida |
| 1500 | La mayor parte de la vegetación muere |
| 1000 | Ciertos cultivos pueden ser parcialmente recuperables |
| 200 | Arrozales destruidos |
| 150 | Cafetales destruidos |
| 100 | Palmas y ramas rotas por el peso de la ceniza |
| 50 | Plataneras destruidas |
| 40 | 50 % de pérdidas en legumbres, 15-30% en trigo, verduras, cebada, heno, etc. |
| 30 | Daños en cerezas. Los frutos pueden quedar inservibles por la capa de ceniza |
| 25 | Daños en cañas de azúcar, patatas, etc. |
| 20 | Daños considerables en naranjas, mandarinas, moras y otros frutos y verduras. |
| 15 | Pérdidas de alfalfa, de pastos. |
| 10 | Daños en manzanas, algodón, plátanos, tabaco y verduras. |
| <10 | Menores daños en pasto, trigo y maíz. |

FUENTE: ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD

La retención de ceniza en la cobertura vegetal dependerá de: La superficie de las hojas, densidad del follaje (esto quiere decir la cantidad de hojas en un espacio), tamaño, forma y orientación individual de las hojas, ciertas características de las hojas, como rugosidad, la presencia de fibras, aceites, etc., tamaño de la ceniza y de la cantidad que caiga, velocidad y dirección del viento sobre las copas de los árboles y humedad relativa, especialmente si se encuentra sobre el 90 % (27).

Cuando la humedad relativa esta por sobre el 90 %, la cantidad de ceniza retenida en el follaje es el doble de la que se puede encontrar con menores valores de humedad. La caída de ceniza puede agujerear las hojas de las plantas, tornarlas de color café y en lugares muy cercanos causar leves quemaduras del follaje (27). Los daños ocasionados por la ceniza volcánica sobre las plantas puede deberse al efecto abrasivo (dureza de 5-6 en la escala de Mohs), lo cual combinado con su alto nivel de deposición y densidad con respecto al suelo, genera los daños ya mencionados (27).

CUADRO 9. EFECTO DE LA RETENCIÓN DE CENIZA EN ALGUNOS CULTIVOS

| RETENCION | PLANTAS AFECTADAS |
|-----------|---|
| Alta | Geranios, lechuga, papas, pasto, remolacha, habas |
| Media | Tomate, naranja, buganvillas |
| Baja | Zanahoria, maiz, camelia, rosa cipres, gardênia |

CUADRO TOMADO DE MILLER Y LEE, 1966: 102.

2.6 SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO

Los países de América central y América del Sur tiene grandes extensiones de suelos derivados de ceniza volcánica. El estudio de estos suelos es de interés, por cuanto su comportamiento en agricultura es diferente a los suelos derivados de otros materiales parentales (27).

Siempre que existen erupciones volcánicas, estas cubren el paisaje con depósitos nuevos de materiales piroclásticos. Dependiendo de la edad del depósito y de las condiciones ambientales desde su depositación, los suelos que se generan en tales depósitos varían en el grado de desarrollo desde suelos jóvenes poco meteorizados hasta suelos en estado avanzado de madurez. Las propiedades físicas y químicas de los suelos derivados de ceniza volcánica están fuertemente influidas por el grado de meteorización de los materiales piroclásticos. Por lo tanto, el grado de meteorización tiene una influencia importante en la productividad y manejo de los suelos derivados de ceniza volcánica (27).

En el Ecuador existen volcanes intermitentemente activos que tienen gran importancia en la formación de los suelos por las enormes cantidades de ceniza volcánica que han arrojado, dando origen a suelos derivados de ceniza volcánica que han arrojado, dando origen a suelos derivados de ceniza volcánica como Andisoles o Andosoles. La formación de estos suelos depende de procesos físicos, químicos y biológicos producidos por las condiciones ambientales (27).

En la sierra Ecuatoriana aproximadamente las tres cuartas partes de los suelos son de origen volcánico, sin embargo, debido a las diversas condiciones climáticas, topografía del lugar, los suelos son variados. En los alrededores de los volcanes los suelos se caracterizan por su textura arenosa, contenido bajo de materia orgánica, baja capacidad de retención de agua, deficiencias de nitrógeno, etc. Las cenizas nuevas se muestran a menudo fuertemente ácidas, sin embargo la lluvia lixivía rápidamente estos compuestos y las cenizas se vuelven neutras (27).

La fertilidad de los suelos derivados de cenizas volcánicas pueden clasificarse como mediana y depende de que haya o no nuevos depósitos de ceniza, pues con esta la fertilidad disminuye notablemente (27).

2.6.1 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO (24)

Los elementos químicos en el suelo; Capacidad de intercambio catiónico; El pH suelo; Conductividad eléctrica; Los elementos nutricionales (macro y microelementos).

La fase sólida. Formando parte de la estructura de los minerales o incluidos en compuestos orgánicos. La fase líquida. Contenidos en el agua del suelo. Por lo general, las moléculas están total o parcialmente disociadas en iones: los de carga positiva se llaman cationes y los de carga negativa se llaman aniones. (ej. Nitrato sódico) (27).

Componentes inorgánicos del suelo. Los elementos más abundantes de la corteza terrestre son el oxígeno (O) y el silicio (Si), que representan el 75 % del total. A continuación le siguen el aluminio (Al), el hierro (Fe), el calcio (Ca), el sodio (Na), el potasio (K), y el magnesio (Mg) (10). Los compuestos inorgánicos más abundantes son las arcillas (son silicatos de aluminio hidratados, con estructura laminar) (10 y 27).

El pH del suelo: Acidez del suelo. La **acidez** del suelo se determina por la concentración de protones en la solución del suelo. Se expresa como **pH**, que es el logaritmo cambiado de signo, de la concentración de protones en una disolución determinada. $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$

RODRIGUEZ, F. (1982). Manifiesta que el valor de pH varía entre 0 y 14. En la mayoría de los suelos el valor de pH está comprendido entre:

9,5 y 10 > 10 Fuertemente alcalino

9,1 – 10 Alcalino

8,5 – 9 Ligeramente alcalino

7,9 – 8,4 Básico

7,4 – 7,8 Medianamente básico

6,6 – 7,3 Neutro

6,1 – 6,5 Ligeramente ácido

5,6 – 6 Medianamente ácido

4,5 – 5,5 Fuertemente ácido

< 4,5 extremadamente ácido

Materia orgánica: Los principales elementos de constitución que posee la materia orgánica son el carbono (C), el hidrógeno (H), el oxígeno (O) y el nitrógeno (N). Proviene de la síntesis de los organismos vivos que combinan los distintos elementos en su funcionamiento metabólico y catabólico. Proviene de los residuos vegetales y animales (24).

Nitrógeno: Es esencial para la formación de proteínas. Se encuentra en la atmósfera en una cantidad aproximada del 80% en forma de gas; la molécula N₂, está formada por dos átomos de nitrógeno. La planta aprovecha solamente un 50% de la producción de las bacterias; el resto es excretado por estas en forma de ácido glutámico, ácido aspártico, etc., siendo, luego de una transformación en el suelo, de allí la importancia de la asociación de las gramíneas con las leguminosas (24).

Fósforo: Es de origen orgánico e inorgánico, en sus distintas proporciones, según el tipo e historia del suelo. Las formas de asimilación por parte de la planta son el fosfato monobásico (PO₄H₂⁻) y el bibásico (PO₄H₂⁼); el primero es de mayor utilización que el segundo. A medida que va siendo extraído por las plantas el complejo del suelo lo va restituyendo a la solución. Interviene en los vegetales en la formación de nucleoproteínas, ácidos nucleicos y fosfolípidos (24).

Potasio: Se encuentra en primera instancia en los constituyentes del suelo. En las plantas se encuentra en el sistema metabólico de las células, forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las mismas, también en la síntesis de azúcar, proteínas y en la fosforilación oxidativa (24).

Calcio: Es un elemento poco móvil interviniendo en la formación de los pectatos de la laminilla medial de las células que interviene en la absorción de los elementos (24).

Magnesio: Es parte la molécula de clorofila, que produce la síntesis de los hidratos de carbono a partir de la energía lumínica y el CO₂. En el suelo se encuentra en competencia con el potasio y el manganeso (24).

Azufre: Es importante en importantes funciones fisiológicas como la formación de proteínas, vitaminas, enzimas, mecanismos de óxido-reducción (24).

Microelementos: Son vitales para las plantas, aunque su cantidad absorbida sea pequeña. Sus deficiencias pueden deberse a su baja cantidad o a la poca disponibilidad asimilable (24).

La conductividad eléctrica. Salinidad del suelo.

Suelos salinos: Un suelo es salino cuando tiene un exceso de sales solubles, cuyos iones en la solución del suelo impiden o dificultan el desarrollo normal de las plantas. Se consideran sales solubles las que están compuestas por los siguientes cationes: calcio, magnesio, sodio, potasio. Aniones: cloruro, sulfato, bicarbonato, carbonato

Clasificación de los suelos según su salinidad

Salinidad extrema > 16 dS/m

Salinidad fuerte 8 – 16 dS/m

Salinidad mediana 4 – 8 dS/m

Salinidad ligera 2 – 4 dS/m

Suelo salino > 2 dS/m

Suelo normal < 2 dS/m

2.6.2 PROPIEDADES FÍSICAS (10).

Las propiedades físicas del suelo son:

La textura

La densidad

La porosidad

La textura del suelo (10)

Se consideran partículas del suelo a las partículas minerales cuyo tamaño es menor a 2 mm. Estas partículas del suelo se clasifican según su tamaño en arena, limo y arcilla. Las partículas de tamaño superior a 2 mm. Se consideran fragmentos gruesos del suelo, y se clasifican según su tamaño en grava, piedra y roca. **Arcilla** < 0,002 mm **Limo** 0,002 - 0,05 mm **Arena** • **arena fina** 0,05 - 2,0 • **arena gruesa** 0,05 – 0,5 a 0,5 – 2,0. Partículas del suelo Tamaño medio comparado de la partícula de arena, limo y arcilla. **Arena Limo Arcilla.** Fragmentos gruesos del suelo. (no se consideran a efectos de granulometría) (10).

Características de los suelos según su textura.

Clases extremas: arenosa y arcillosa. Los suelos arenosos son suelos sueltos. Se caracterizan por tener una elevada permeabilidad y por tanto una escasa retención. Los suelos arcillosos son suelos pesados, presentan baja permeabilidad y elevada retención de agua y de nutrientes.

Clase textural ideal: suelos francos. Entre la textura arenosa y la arcillosa se encuentran las otras 10 clases, con características intermedias. La textura franca se considera ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla.

Densidad aparente (da): es la masa contenida en una unidad de volumen de una muestra de suelo tal y como es, incluyendo el volumen ocupado por los poros (10).

Densidad real: La **densidad real (dr)** es la densidad de las partículas sólidas del suelo. Se determina dividiendo el peso del suelo secado a estufa por el volumen que ocupan los sólidos. La densidad real de los suelos minerales más comunes varía de 2.500 a 2.700 kg/m³. La densidad aparente de los suelos varía según la textura y estructura entre los 1.100 y los 1.900 kg/m³. (10).

La porosidad del suelo. Los huecos pueden ser: **Poros.** Huecos que dejan las partículas con contornos irregulares y están conectados entre ellos. **Canales.** Huecos comunicantes que se forman por la actividad de la fauna del suelo. **Fisuras o grietas.** Huecos intercomunicados que se forman como consecuencia de la retracción del suelo (10).

Del cuadro 10, se presenta valores normales en cuanto al contenido de nutrientes en general, en los cuales un suelo se considera fértil, especialmente por la disponibilidad de los elementos, así como sus valores de pH y conductividad eléctrica, además de presentar una textura considerada como ideal para el desarrollo de la mayoría de las plantas (10).

CUADRO 10. RESULTADOS DEL ANÁLISIS OBTENIDO DE UN SUELO DEL AÑO 1998-1999 DEL CANTÓN QUERO ANTES DE SER AFECTADO POR EL PROCESO ERUPTIVO ACTUAL.

| ANÁLISIS | VALORES | UNIDAD |
|------------------|-----------------------|-------------------|
| Ph | 6,8 | |
| C.E | 0,28 | uS/cm |
| Textura | FRANCO ARENOSO | Clase |
| M.O. | 3,01 | % |
| N – TOTAL | 42 | Ppm |
| P | 26 | |
| K | 0,48 | meq/100 ml |
| Ca | 6,95 | meq/100 ml |
| Mg | 3,29 | meq/100 ml |
| Cu | 5,6 | Ppm |
| Fe | 93,20 | Ppm |
| Mn | 2,80 | Ppm |
| Zn | 0,60 | Ppm |

FUENTE: ANÁLISIS DE SUELOS ENCONTRADOS ANTES DE LA CAÍDA DE GENIZA VOLCÁNICA EN LA TESIS DE FUENTES INES EN 1999

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MÉTODOS DEL CASO:

Para la presente investigación se realizó el uso de los métodos: Inductivo, Hipotético-Experimental, lo que permitió alcanzar los objetivos propuestos, ayudando a verificar la hipótesis planteada, utilizando, la evaluación de impactos, la prueba estadística de análisis de varianza, análisis de suelos y encuestas a los habitantes de la zona.

3.2 UBICACIÓN DEL ESTUDIO.

El presente estudio en su fase de campo se lo realizó, en la Provincia de Tungurahua al sur-este a 20 km. de distancia de la ciudad de Ambato aproximadamente, con una elevación media de 3200 m.s.n.m., en el Cantón Quero en las zonas afectadas por la caída de ceniza volcánica (EL SANTUARIO).

3.2.1 DIVISIÓN POLÍTICA DEL ESTUDIO EN EL CANTÓN QUERO.

| | |
|-----------|----------------|
| Provincia | : Tungurahua |
| Cantón | : Quero |
| Lugar | : El Santuario |

3.2.2 SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO EN EL CANTÓN QUERO SECTOR DEL SANTUARIO.

| | |
|------------|--|
| Santuario: | Latitud: 1°26'51" Sur; Longitud: 78°33'22" Oeste |
| Lote 1: | Latitud: 1°27'00" Sur; Longitud: 78°33'22" Oeste |
| Lote 2: | Latitud: 1°26'59" Sur; Longitud: 78°33'24" Oeste |
| Lote 3: | Latitud: 1°26'59" Sur; Longitud: 78°33'14" Oeste |
| Lote 4: | Latitud: 1°26'49" Sur; Longitud: 78°33'10" Oeste |
| Lote 5: | Latitud: 1°26'39" Sur; Longitud: 78°33'14" Oeste |
| Lote 6: | Latitud: 1°26'39" Sur; Longitud: 78°33'20" Oeste |

3.3 MATERIALES Y EQUIPOS.

Para la elaboración de la presente investigación se utilizaron, ceniza volcánica, análisis del suelo agrícola, muestras de suelos agrícolas del sector El Santuario para determinar las propiedades físicas de los mismos, muestras foliares de cultivos representativos encontrados en la zona afectada por la caída de ceniza volcánica.

3.4 METODOLOGÍA

3.4.1 FACTORES EN ESTUDIO:

Impacto de la caída de la ceniza volcánica del volcán Tungurahua.

Afectación foliar a cultivos encontrados en la zona afectada.

Afectación al suelo por la caída de ceniza volcánica.

Efecto en la población del cantón Quero

3.4.2 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN:

- Evaluación del impacto de la caída de ceniza volcánica en la zona afectada.
- Porcentaje de afectación foliar en cultivos representativos de la zona.
- Parámetros químicos del suelo
 - pH del suelo de cultivo al momento de la caída de ceniza volcánica.
 - Contenido de materia orgánica en el suelo.
 - Nitrógeno del suelo (N)
 - Fósforo del suelo (P)
 - Potasio del suelo (K)
 - Calcio del suelo (Ca)
 - Magnesio del suelo (Mg)
 - Azufre del suelo (S)
 - Microelementos del suelo (Fe, Zn, Cu y Mn).
 - Conductividad eléctrica (Salinidad).
- Parámetros físicos del suelo
 - Densidad aparente
 - Densidad real
 - % de porosidad
 - Granulometría
- Interpretación de la encuesta de la muestra poblacional

3.4.2.1 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

En base a la importancia del efecto que causa el impacto a los recursos, se realiza una evaluación de cada impacto en relación con el agente causal. De las calificaciones realizadas a los agentes causales de impacto, se obtiene que la importancia del efecto de los impactos de la caída de ceniza al ambiente.

3.4.2.2 MATRIZ DE IMPACTOS DE LEOPOLD

Para las afecciones al medio específicamente al suelo se ha tomado en cuenta realizar una matriz de impactos siguiendo la metodología de Leopold.

CUADRO 11. EVENTOS A ESTUDIARSE EN LA MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LEOPOLD AL MEDIO SUELO POR EFECTOS DE LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA EN SUELOS AGRÍCOLAS

| EVENTOS OCURRIDOS RESULTADO DE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN TUNGURAHUA |
|---|
| A. AFECCIONES |
| A.1 Afecciones al recurso suelo A.2 Afecciones al recurso agua de riego A.3 Afecciones a la atmósfera A.4 Contaminación del agua A.5 Generación de desechos orgánicos |
| B. ECONOMÍA |
| B.1 Pérdida temporal de suelos agrícolas B.2 Afecciones a la salud B.3 Riesgos de accidentes B.4 Actividades turísticas B.5 Importación de modos de subsistencia |
| C. MEDIO SOCIAL |
| C.1 Pérdida de empleo C.2 Capacitación continua C.3 Renovación del medio |

FUENTE: EL AUTOR

3.4.2.3 METODOLOGÍA APLICADA PARA REALIZAR LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL.

3.4.2.3.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

La identificación de impactos se realiza “in situ”, mediante el uso de listas de chequeo, observación directa, entrevistas a los pobladores de la zona afectada. La información es registrada en las encuestas y mediante su procesamiento se determina un conjunto de infracciones y riesgos.

3.4.2.3.2 CALIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS

La evaluación de los impactos implica la determinación de la importancia de cada uno de ellos, para lo cual, mediante una matriz de doble entrada, se califica la clase, presencia, intensidad, magnitud relativa, desarrollo y duración. Esta calificación de expertos, se facilita por el conocimiento de los resultados de las encuestas para cada componente del sistema. La importancia de los impactos se determina mediante el Coeficiente de Calificación Ecológica (Ce) que utiliza cinco parámetros; y, en función de los resultados, los impactos son priorizados. Clase (Cl), que puede ser benéfica (+), o adversa (-), dependiendo de si mejora o degrada el ambiente.

Presencia (Pr), califica la probabilidad del efecto. Se califica en un rango entre 1 y 4.

Desarrollo (De), que califica la forma como evoluciona el efecto desde que se inicia hasta que se hace presente plenamente. Se califica en un rango entre 1 y 4.

Duración (Du), que califica el período y existencia del efecto independientemente de toda acción de mitigación. La calificación varía entre 1 y 8.

Magnitud relativa (Mr), se expresa en porcentaje (%) y califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental producido sobre un recurso del ambiente, comparándolo con el valor de dicho recurso en toda la zona del proyecto. Varía entre 0% y 100%.

Calificación Ecológica (Ce), la expresión para la valoración de la calificación ecológica tiene la siguiente fórmula:

$$Ce = Pr[a(De*Mr/10)+b(Du)]$$

Donde:

$$a = 0.7$$

$$b = 0.3$$

A los cuales se los determina como factores de ponderación.

De acuerdo a la calificación obtenida para cada efecto, en la evaluación se define la importancia del efecto de acuerdo a los siguientes rangos:

| CALIFICACIÓN ECOLÓGICA | IMPORTANCIA DEL EFECTO |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 0 - 10 | Mínima |
| 11 - 30 | Baja |
| 31 - 50 | Media |
| 51 - 70 | Alta |
| 71 - 100 | Muy alta |

3.4.2.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN EL ÁREA FOLIAR A LOS VEGETALES DE EXPLOTACIÓN COMERCIAL DE LA ZONA

Se observó como factor la afectación foliar de catorce especies vegetales, las cuales fueron tomadas como muestra de la zona afectada así se tiene al: alfalfa, vicea, papa, cebolla, chocho, avena, oca, cebada, arveja, lechuga, maíz, mashua y ryegrass.

Se realizó el cálculo de la afectación foliar, a los cultivos representativos, en apreciación digital, la cual consistió en manejar una escala tomando como referencia la foto de una regla sobre un papel milimetrado, misma que sirve de referencia para las fotos tomadas a las muestras foliares y que posteriormente sirvieron, para poder estimar en porcentaje el grado de daño ocasionado por la ceniza volcánica sobre la superficie foliar de los cultivos encontrados en la zona afectada. De los datos obtenidos se aplicó análisis de varianzas utilizando el diseño completamente al azar.

3.4.2.3 EVALUACION DEL IMPACTO PRODUCIDO POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS.

Se realizó el respectivo análisis físico-químico del suelo con sus respectivos valores:

ANÁLISIS QUÍMICO.

- Determinación del contenido total de Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro, Aluminio, Cobre, Cobalto, Manganeso, Zinc, Molibdeno, Níquel, Plomo y Titanio contenida tanto en el suelo como en la ceniza, se utiliza el equipo de espectrometría, utilizando una disgregación ácida total.
- La acidez del suelo se evalúa por medio del pH, que permite evaluar el movimiento de nutrientes.
- El método de Walkey Black permite establecer la cantidad de Materia Orgánica, capacidad de almacenamiento de agua, capacidad de intercambio de cationes.
- Para la determinación de nutriente como Nitrógeno, fósforo, Azufre, Boro, se emplean soluciones extractoras, la determinación de cada elemento se realiza por colorimetría.
- Los cationes intercambiables de suelo y la CIC total, se utiliza una solución extractante de acetato de amonio a pH 7 y los cationes retenidos (Na, K, Ca y Mg) son cuantificados por espectrometría.

- La determinación de micronutrientes se realiza tratando la muestra con solución extractante (bicarbonato de sodio) que permite obtener la fracción de elementos Cu, Fe, Mn y Zn. Disueltos y asimilables por la planta.
- Las sales solubles se determinan utilizando una extracción en pasta de saturación, la cuantificación de los diferentes iones como carbonatos, bicarbonatos y cloro se realiza por titulación en la solución obtenida.

ANÁLISIS FÍSICO.

Determinación de la **densidad aparente** representada por el peso por unidad de volumen de una masa de suelo incluido el espacio poroso. Para conocer la densidad aparente, se refiere a la relación entre el peso y la unidad de volumen de una masa de suelo incluyendo el espacio poroso.

Procedimiento:

Para conocer la densidad aparente, se toma en el cilindro de volumen conocido una muestra representativa del suelo. Transvasar el suelo en una cápsula para humedad, colocar la muestra en la estufa a una temperatura de 105 grados centígrados.

Cálculos:

$$D_a = W_{ods} / V_c$$

En donde:

D_a = Densidad aparente

W_{ods} = Peso del suelo seco a 105 grados centígrados.

V_c = Volumen del cilindro

Determinación de la **densidad real** por el método del picnómetro. La densidad real se refiere a la relación de peso por unidad de volumen de los sólidos del suelo sin tener en cuenta el espacio poroso. La densidad real de la muestra de suelo se puede calcular cuantificando su masa y su volumen. La masa se determina por peso y el volumen por la densidad y la masa de agua.

Procedimiento:

- Pesar un picnómetro limpio y seco con la tapa, introducir aproximadamente 10 g de suelo seco al aire.

- Limpiar las partículas de suelo que se haya adherido al cuello del picnómetro. Pesar el picnómetro con el suelo y la tapa.
- Adicionar agua al picnómetro hasta la mitad del volumen. Remover el aire, agitando de forma suave. Agregar agua destilada hasta llenar el picnómetro.
- Colocar la tapa, secar la parte exterior del picnómetro, pesar y determinar la temperatura del contenido.

Cálculos:

$$Dr = (dw (Ws - Wa)) / (Ws - Wa) - (Wsw - Ww)$$

En donde:

Dr= Densidad de partículas o densidad real.

dw= Densidad de agua en g/ml a la temperatura observada

Ws= Peso del picnómetro más el suelo

Wa= Peso del picnómetro vacío

Wsw= Peso del picnómetro lleno con suelo y agua

Ww= Peso del picnómetro lleno con agua a la temperatura observada.

Determinación de **la porosidad**. La porosidad juega un papel principal en el desarrollo de las plantas, ya que determina la relación aire – agua. La porosidad total, se determina con base a la densidad real y a la densidad aparente.

Cálculos:

$$P\% = 100 \times ((1 - Da/Dr))$$

En donde:

P= Porosidad total.

Da= Densidad aparente.

Dr= Densidad real.

Determinación de **la granulometría** por el método estandarizado de tamizado, para a partir de estos resultados se obtendrá la textura que representan las muestras.

3.4.2.4 EVALUACION DEL IMPACTO SOCIAL DE LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS.

Para determinar el número de población se recurrió a observar el último censo en donde aproximadamente existen 20000 personas (18100 personas en el último censo), que habitan en el cantón Quero, de donde se obtuvo la muestra correspondiente de forma aleatoria estratificada con la siguiente fórmula:

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

En donde

n= Tamaño de la muestra

Z= Nivel de confianza

N= Universo

p= Probabilidad a favor

q= Probabilidad en contra

e= Error de estimación

Para determinación del tamaño de la muestra más adecuado a las circunstancias Y recursos de la investigación, se diseñó una tabla que considera distintos niveles de confianza, la cual se presenta a continuación:

CUADRO 12. CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA, CONSIDERANDO DISTINTOS NIVELES DE CONFIANZA.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Zi | 95 | 94 | 93 | 92 | 91 | 90 |
| Z | 196 | 188 | 181 | 175 | 169 | 165 |
| Z² | 3,84 | 3,54 | 3,28 | 3,07 | 2,87 | 2,74 |
| E | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 |
| e² | 0,0025 | 0,0036 | 0,0049 | 0,0064 | 0,0081 | 0,01 |
| N | 383 | 245 | 167 | 120 | 89 | 63 |

p = 0.5

q = 0.5 permanecen constantes

N = numero total del universo

Fuente: Münch Lourdes, Ángeles Ernesto.

$$n = \frac{Z^2 N p q}{e^2 (N-1) + Z^2 p q} \quad n = \frac{2.74 (20000)(0.5)(0.5)}{0.01(20000-1) + 2.74(0.5)(0.5)}$$

n= 68.61 encuestas para determinar los efectos de la caída de ceniza volcánica en los suelos según la percepción de los habitantes del lugar.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EVALUACION DE LOS IMPACTOS RELACIONADOS CON LA CAIDA DE CENIZA VOLCANICA EN LA ZONA AFECTADA

CUADRO 13. MATRIZ CAUSA-EFECTO EN LA INVESTIGACIÓN DE LA “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007”

| ETAPAS DE CONSIDERACIÓN | CAUSA | EFECTO | | MAGNITUD | AMPLITUD | PLAZO DE EFECTO | HORIZONTE DE TIEMPO | TOTAL | IDENTIFICACIÓN | MAGNITUD | AMPLITUD | PLAZO DE EFECTO | TIPO | TOTAL | ACTIVIDADES | SUMA DE PUNTOS | |
|--|------------------------|----------|-------------------------------------|----------|----------|-----------------|---------------------|-------|--|---|----------|-----------------|------|-------|---|--|--|
| | | POSITIVO | NEGATIVO | | | | | | | | | | | | | | |
| CAÍDA Y CUBRIMIENTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA | Afección al medio | | Afecciones al recurso suelo | | | | | | Genera efluentes químicos con la consecuente contaminación del mismo | | | | | | Determinar el tipo de afecciones físico y químicas | | |
| | | | Afecciones al recurso agua de riego | | | | | | Percolación de elementos contaminantes al agua de riego y lavado de sales | | | | | | Determinar el impacto ocasionado por la caída del material piroclástico. | | |
| | | | Afecciones a la atmósfera | | | | | | | Efluentes gaseosos que generan contaminación del aire y afecciones pulmonares a la salud | | | | | | Evaluar el impacto generado por el evento sobre la calidad de vida de los habitantes afectados. | |
| | | | Contaminación del agua | | | | | | | Se contaminan las fuentes hídricas para consumo humano y para el uso industrial | | | | | | Evaluación de la calidad de las aguas y mantenimiento de parámetros establecidos en la legislación | |
| | | | Generación de desechos orgánicos | | | | | | | Contaminación orgánica, contaminación ambiental e inseguridad social. Depósitos que generaran fertilidad en futuro en el suelo. | | | | | | Determinar el impacto para evaluar el efecto | |
| CUBRIMIENTO DE LA CENIZA | Afección a la economía | | Pérdida de suelos agrícolas | | | | | | Se generan efluentes químicos y desechos que generan contaminación, con afecciones de tipo físico químico. | | | | | | Determinar el impacto, y los procesos físicos, químicos y la percepción de los habitantes | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|--|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | Afecciones a la salud | | | | | | Afecciones pulmonares, pérdida de fuentes de agua, alimentos animales y vegetales contaminados | | | | | | | | Evaluar el impacto y observar acciones institucionales y de pobladores. |
| | | | Riesgos de accidentes | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Pérdida de actividades turísticas | | | | | | No existe flujo de turistas nacionales y extranjeros por el contrario existió abandono y migración de los habitantes | | | | | | | | Evaluar el impacto del flujo piroclástico y su permanencia en el medio acorde a las características y duración del evento |
| | | | Importación de modos de subsistencia | | | | | | La falta de suelos para la producción y la pérdida de alimentos para los animales hace necesario comprar alimentos fuera de la zona | | | | | | | | Identificar el impacto y la duración, la calidad de los mismos que puedan identificar si se puede hacer alguna alternativa |
| CAÍDA Y CUBRIMIENTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA | Afección al medio social | | Pérdida de empleo | | | | | | Si no existe la explotación de un medio como el suelo, las comunidades que dependen de las actividades agropecuarias pierden su actividad económica | | | | | | | | El impacto va determinar las causas y la valoración de las mismas por la pérdida así como la persistencia |
| | | | Capacitación continua | | | | | | Los gobiernos e instituciones permanentemente viven alertando de los riesgos y han realizado planes de ayuda a la población. | | | | | | | | La determinación de los impactos realizará la identificación de los procesos. |
| | | | Renovación del medio | | | | | | La naturaleza tiene una gran capacidad de regeneración ante los eventos naturales por lo cual se puede decir que la ceniza conformará parte de los suelos en el futuro | | | | | | | | En el estudio de los impactos se determina los fenómenos físicos y químicos de los suelos afectados por la ceniza. |

Del cuadro 13, se puede observar las causas que se ocasionaron por la caída de ceniza volcánica, en cuanto al suelo, su influencia para el desarrollo del medio, los efectos que ocurrieron en el desarrollo de la población, así como las pérdidas. También se describen las actividades que resultaron del trabajo de investigación y de la determinación de los impactos resultado de la interpretación del medio suelo y de la apreciación de los habitantes frente a este fenómeno.

CUADRO 14. CRITERIO BATELLE - COLUMBUS, EN LA INVESTIGACIÓN DE “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007”

| EVENTOS | | CRITERIO BATELLE – COLUMBUS | | | | | | | | | | | | TOTAL (1000p) | FACTOR DE PONDERC. % | | | |
|---------|---|-----------------------------|---------------|--------------|------------------|---------------|-----------------|------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------|------------------|-------------------------------|--------------------|--|--|
| | | MEDIO FÍSICO (600 p) | | | | | | MEDIO SOCIOECONÓMICO (400p) | | | | | | | | | | |
| | | inerte (300 p) | | | biótico (200 p) | | | percep | | | SOCIO CULTURAL (275 p) | | | | | ECONÓMICO (125 p) | | |
| | | Aire 100 p | suelo 100p | Agua 100p | flora 100p | fauna 100p | Paisaje 100p | territorio 75p | Cultural 50p | hum. y estét. 100p | infraes 50p | economía 50p | poblacional 75p | | | | | |
| 1 | A1. Afecciones al recurso suelo | | 10 | 25 | 10 | 10 | 10 | 15 | 5 | 10 | 10 | 5 | 2 | 112 | 11,20 | | | |
| 2 | A2. Afecciones al recurso agua de riego | | | 20 | 10 | 10 | | | 5 | 15 | 5 | 2 | 2 | 69 | 6,90 | | | |
| 3 | A3. Afecciones a la atmósfera | 40 | | | 20 | 20 | 15 | 15 | 5 | 10 | 5 | 5 | 2 | 132 | 13,20 | | | |
| 4 | A4. Contaminación del agua | 10 | | 5 | | 10 | 15 | | 5 | 10 | 5 | 10 | 3 | 73 | 7,30 | | | |
| 5 | A5. Generación de desechos orgánicos | | 10 | 10 | 10 | 10 | | | | | | | 2 | 43 | 4,30 | | | |
| 6 | B1. Pérdida temporal de suelos agrícolas | | 20 | | 10 | 10 | 10 | 25 | 5 | 10 | 10 | 8 | 5 | 113 | 11,30 | | | |
| 7 | B2. Afección a la salud | | 10 | 40 | 10 | 10 | | | 5 | 10 | | 3 | 10 | 98 | 9,80 | | | |
| 8 | B3. Riesgos de accidentes | | | | | | 10 | | | 5 | 5 | 5 | 5 | 30 | 3,00 | | | |
| 9 | B4. Actividades turísticas | 50 | | | | 20 | 15 | | | | | | | 85 | 8,50 | | | |
| 10 | B5. Importación de medios de subsistencia | | 10 | | 10 | | 30 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 81 | 8,10 | | | |
| 11 | C1. Pérdida de empleo | | | | | | | | | | | | 35 | 35 | 3,50 | | | |
| 12 | C2. Capacitación continua de planes de capacita | | 40 | | 20 | | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 6 | | 96 | 9,60 | | | |
| 13 | C3. Renovación del medio | | | | | | | | 10 | 15 | | 5 | 3 | 33 | 3,30 | | | |
| | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 75 | 50 | 100 | 40 | 50 | 70 | 1000 | 100.00 | | | |

Del cuadro 14, se describen las afecciones al medio físico, en sus componentes bióticos y abióticos basados en el criterio de Batelle – Columbus en el cual se da una valoración de 1 a 100 puntos de acuerdo al nivel de afectación. Además se valora el medio socio-económico en cuanto a lo cultural, uso territorial, paisaje y desarrollo económico con el mismo criterio de valoración

CUADRO 15. CRITERIO CONESA, EN LA INVESTIGACIÓN DE “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007”

| EVENTOS | | CARACTERÍSTICAS (Criterio CONESA) | | | | | | | | | | | | | | | | | SUBT. | | | | |
|---------|---|-------------------------------------|------------|---------------|------------|-----------|------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|-------|-------------------|---|---|----|
| | | NATURALEZA | | SIGNIFICACIÓN | | | | EXTENSIÓN | | | MOMENTO | | | PERSISTENCIA | | | REVERSIBILIDAD | | | | | | |
| | | Ben (+) | Neg (-) | Baja 1 | media 2 | alta 4 | muy alta 8 | puntual 1 | parcial 2 | extenso 4 | largo plazo 1 | inmediato 4 | mediano 2 | fugaz 1 | perman. 4 | temporal 2 | corto 1 | mediano 2 | | irreversible 4 | | | |
| 1 | A1. Afecciones al recurso suelo | | (-) | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | 2 | | | 2 | | | 8 |
| 2 | A2. Afecciones al recurso agua de riego | | (-) | 1 | | | | | | | | | | 4 | | | | | | 2 | | | 11 |
| 3 | A3. Afecciones a la atmósfera | | (-) | | 2 | | | | 1 | | | | | 4 | | | | | | | | 4 | 13 |
| 4 | A4. Contaminación del agua | | (-) | | | 3 | | | | 2 | | 1 | | | 1 | | | | | | | 4 | 11 |
| 5 | A5. Generación de desechos orgánicos | (+) | | | 2 | | | | | 2 | | | 4 | | | | | | | | 2 | | 14 |
| 6 | B1. Pérdida temporal de suelos agrícolas | | (-) | | 2 | | | | | 2 | | | | 4 | | | | | | | 2 | | 12 |
| 7 | B2. Afección a la salud | | (-) | | 2 | | | | | 2 | | | 4 | | | | | | | | 2 | | 14 |
| 8 | B3. Riesgos de accidentes | | (-) | | | 3 | | | | 2 | | 1 | | | | | 2 | | | | | 4 | 12 |
| 9 | B4. Actividades turísticas | | (-) | 1 | | | | | 1 | | | | | 4 | | | | | | | 2 | | 10 |
| 10 | B5. Importación de medios de subsistencia | | (-) | | 2 | | | | 1 | | | | 4 | | | | | | | | 2 | | 13 |
| 11 | C1. Pérdida de empleo | | (-) | | 2 | | | | | 2 | | | 4 | | | | | | | 1 | | | 13 |
| 12 | C2. Capacitación continua de planes de capacita | (+) | | | | 4 | | | | 2 | | | 4 | | | | | | | | | 4 | 18 |
| 13 | C3. Renovación del medio | (+) | | | | 4 | | | | 2 | | | 4 | | | | | | | | 2 | | 16 |

En el cuadro 15, de acuerdo al criterio Conesa, el valor del impacto causado por la presencia de la ceniza volcánica del volcán Tungurahua. Se ponderan los valores según su naturaleza significación, extensión del evento, momento de ocurrencia persistencia y reversibilidad de los efectos encontrados en esta investigación, tienen una valoración positiva o negativa con parámetros de 1 a 4, según su magnitud.

CUADRO 16. CARATERIZACION DEL CRITERIO CONESA, EN LA INVESTIGACIÓN DE “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007”

| EVENTOS | | CARACTERÍSTICA (Criterio CONESA) | | | | | | | | | | | | | | 82 |
|---------|---|----------------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|---------|--------------|-----------|----------|-------------------------|---------|-----------|----------|-------|
| | | SINERGIÀ | | | ACUMULACIÒN | | EFECTO | | PERIODICIDAD | | | RECUPERABILIDAD (plazo) | | | | SUBT. |
| | | simple | sinérgico | muy sinérg. | simple | acumulativo | indirecto | directo | Irregular | periódico | continuo | inmediato | mediano | mitigable | irrecup. | 39 |
| 1 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 8 | | | |
| 1 | A1. Afecciones al recurso suelo | | 2 | | 1 | | 4 | 1 | | | | 2 | | | 10 | |
| 2 | A2. Afecciones al recurso agua de riego | | 2 | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 6 | |
| 3 | A3. Afecciones a la atmósfera | 1 | | | 1 | | | 1 | | | | 2 | | | 6 | |
| 4 | A4. Contaminación del agua | | | 4 | 1 | | 4 | 1 | | | | | | 8 | 18 | |
| 5 | A5. Generación de desechos orgánicos | 1 | | | 1 | | | | | 4 | | | 4 | | 11 | |
| 6 | B1. Pérdida temporal de suelos agrícolas | | 2 | | 1 | | | | 2 | | | 2 | | | 8 | |
| 7 | B2. Afección a la salud | | | 4 | | 4 | | 4 | | | 4 | | 4 | | 20 | |
| 8 | B3. Riesgos de accidentes | 1 | | | 1 | | | | | 2 | | 2 | | | 6 | |
| 9 | B4. Actividades turísticas | 1 | | | 1 | | | | | 2 | | | 1 | | 5 | |
| 10 | B5. Importación de medios de subsistencia | 1 | | | 1 | | | | | 4 | | | 1 | | 8 | |
| 11 | C1. Pérdida de empleo | | 2 | | | 4 | | 4 | | | 4 | | 4 | | 18 | |
| 12 | C2. Capacitación continua de planes de capacita | | | 4 | | 4 | | 4 | | | 4 | | 4 | | 20 | |
| 13 | C3. Renovación del medio | | | 4 | 1 | | | 1 | | | 4 | | 4 | | 14 | |

Del cuadro 16, se observan los rangos establecidos de de acuerdo a la persistencia y al efecto de evento para llegar a determinar los parámetros de recuperación de acuerdo a la afección y durabilidad según la gravedad del evento.

CUADRO 17. VALORACION DE EVENTOS CRITERIO CONESA, EN LA INVESTIGACIÓN DE “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007”

| EVENTOS | | NATURALEZA | TOTAL | CONESA % | FACTOR CORREGIDO |
|---------|---|------------|-------|-------------|---------------------|
| 1 | A1. Afecciones al recurso suelo | (-) | 18 | 5.71 | 8,47 |
| 2 | A2. Afecciones al recurso agua de riego | (-) | 17 | 5.40 | 6,00 |
| 3 | A3. Afecciones a la atmósfera | (-) | 19 | 6.03 | 8,62 |
| 4 | A4. Contaminación del agua | (-) | 29 | 9.21 | 9,21 |
| 5 | A5. Generación de desechos orgánicos | (+) | 25 | 7.94 | 5,50 |
| 6 | B1. Pérdida temporal de suelos agrícolas | (-) | 20 | 6.35 | 9,85 |
| 7 | B2. Afección a la salud | (-) | 34 | 10.79 | 10,30 |
| 8 | B3. Riesgos de accidentes | (-) | 18 | 5.71 | 6,69 |
| 9 | B4. Actividades turísticas | (-) | 15 | 4.76 | 3,27 |
| 10 | B5. Importación de medios de subsistencia | (-) | 21 | 6.67 | 7,17 |
| 11 | C1. Pérdida de empleo | (-) | 31 | 9.84 | 6,99 |
| 12 | C2. Capacitación continua de planes de capacita | (+) | 38 | 12.06 | 11,23 |
| 13 | C3. Renovación del medio | (+) | 30 | 9.52 | 6,71 |
| | | | 315 | 100.00 | 100.00 |

En cuanto al criterio Conesa para la valoración de los eventos ocasionados por la caída de ceniza volcánica del volcán Tungurahua se realiza una clasificación de los efectos positivos y negativos, en sus valores calculados y los porcentajes resultantes. Observados en el cuadro 17

CUADRO 19. EVALUACION DEL IMPACTO OCASIONADO POR LA CAIDA DE CENIZA EN LA INVESTIGACIÓN DE “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007”

| CALCULO MAGNITUD (Recurso suelo) | EVALUACIÓN | CÁLCULO | MAGNITUD |
|--|--|------------------------------------|-----------------|
| A5. Generación de desechos orgánicos | Animales y plantas muertas depositadas en los suelos por cubrimiento | 1404/1248 animales afectados | 1.13 |
| B1. Pérdida temporal de suelos agrícolas | Incapacidad de sembrar | 63180 / 52416 unidades productivas | 1.21 |
| B2. Afección a la salud | Afecciones pulmonares, de la piel y los ojos | 3120 / 2808 habitantes atendidos | 1.11 |
| B3. Riesgos de accidentes | Cubrimiento y caída de ceniza en los suelos | incendios no reportados | - |
| B4. Actividades turísticas | Pérdida de visitas | 76% se redujo el flujo turístico | 1.30 |
| B5. Importación de medios de subsistencia | No hay producción de ningún tipo | 84% de importación de alimentos | 1.13 |
| C1. Pérdida de empleo | Por falta de suelos | Pérdida de empleo | 1.00 |
| C2. Capacitación continua | Para prevenir desastres | Cursos continuos | 1.40 |
| C3. Renovación del medio | Renovación natural | 100% | 1.29 |
| CALCULO MAGNITUD (Agua) | | | |
| A4. Contaminación del agua | Contaminación de aguas de riego y de consumo humano | 5,021%/ 96,653% | 0.05 |
| CALCULO MAGNITUD (Aire) | | | |
| A1. Afecciones al recurso aire | Contaminación por partículas | 100% visibilidad | 1.11 |
| CALCULO MAGNITUD (Sociedad) | | | |
| A1. Afecciones al recurso suelo | Perdida del medio de subsistencia | 100% totalidad | 1.11 |
| A2. Afecciones al recurso agua de riego | Contaminación de aguas | 100% totalidad | 1.11 |
| A3. Afecciones a la atmósfera | En forma general y perceptible | 100% totalidad | 1.09 |
| CALCULO MAGNITUD (Seguridad alimentaria) | | | |
| A4. Contaminación agua | No es posible consumir agua contaminada | 100% pérdida total | 0.84 |
| CALCULO MAGNITUD (Ambiente) | | | |
| A5. Generación de desechos orgánicos | Perdida y contaminación por cadáveres de animales muertos | 1700 animales superiores muertos | 1.13 |

En el cuadro 19, se pueden observar los eventos y la magnitud de los mismos ocasionados por la caída de ceniza volcánica, en todos los medios que conforman el ambiente, así como los parámetros de medida para cada uno de ellos.

CUADRO 20. RESULTADO EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS Y EVENTOS OCURRIDOS EN LA INVESTIGACIÓN DE “EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA EMITIDA POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA, SOBRE LOS SUELOS DESTINADOS A LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA. “C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.” 2007”

| CRITERIOS | | BATELLE - COLUMBUS | BATELLE COLUMBUS CONESA |
|-------------------|--------|-------------------------|------------------------------|
| EVENTOS | NÚMERO | FACTOR DE PONDERACIÓN % | FACTOR PONDERADO CORREGIDO % |
| EVENTOS POSITIVOS | 3 | 17,20 | 23,36 |
| EVENTOS NEGATIVOS | 10 | 82,80 | 76,64 |
| | | | 100,00 |

De los resultados obtenidos en el análisis del impacto de la caída de ceniza volcánica sobre suelos agrícolas y cultivos diversos de la zona afectada de la Provincia de Tungurahua se puede manifestar, que este tipo de eventos naturales, ocasionan impactos de forma general y valorados como negativos, a los recursos naturales, especialmente relacionados con el suelo ya que producen una pérdida de flora, migración de fauna así como la muerte de las distintas especies que no alcanzaron a migrar, además se realizaron consideraciones de carácter social, de la población y los problemas que tuvieron que tolerar y que sufren en la actualidad, como lo es la migración involuntaria, la pérdida de fuentes de trabajo, casos fatales de muertes y enfermedades en humanos, las pérdidas de industrias pecuarias y agrícolas, fuentes exclusivas en la economía de la región afectada. En el cuadro 20 resultado final de la evaluación se observan trece eventos de los cuales diez son de efectos negativos y en las ponderaciones alcanzan valores del 82,80% y 76,64% para los criterios BATELLE-COLUMBUS y CONESA, respectivamente. Hay eventos que se los puede manifestar de positivos, como la regeneración natural sin intervención del hombre, regeneración que no justifica el impacto y las secuelas dejadas por el volcán Tungurahua, en sus localidades cercanas. Hay que considerar que se ha trabajado sobre muchos aspectos en la mitigación de los efectos, como cultivos protegidos, labranzas profundas, lavados y selección de especies vegetales cultivables que toleran la caída de ceniza volcánica. Labores que ayudan a mitigar en algo el efecto de la caída de este material, pero hay que considerar que este material cae constantemente y cubre en la totalidad los suelos ocasionando graves

problemas debido a que ninguna medida tomada ayuda a mitigar los daños físicos ocasionados por la caída de ceniza, debido al peso de este material.

4.1 EVALUACIÓN DE LA AFECTACIÓN DE LA CENIZA VOLCÁNICA A LA PARTE FOLIAR DE CATORCE ESPECIES VEGETALES DE EXPLOTACIÓN COMERCIAL EN LA ZONA AFECTADA.

4.1.1 AFECTACIÓN NORMAL SIN PRESENCIA DE HUMEDAD AMBIENTAL EN CATORCE CULTIVOS DE LA ZONA AFECTADA POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA

| | | | |
|----|----------|----------------------|-------|
| 1 | Alfalfa | <i>Medicago sp.</i> | 22,40 |
| 2 | Fréjol | <i>Phaseolus sp.</i> | 12,00 |
| 3 | Vicea | <i>Vicea sp.</i> | 4,80 |
| 4 | Papa | <i>Solanum sp.</i> | 3,20 |
| 5 | Cebolla | <i>Allium sp.</i> | 0,80 |
| 6 | Chocho | <i>Lupinus sp.</i> | 0,80 |
| 7 | Avena | <i>Avena sp.</i> | 1,90 |
| 8 | Oca | <i>Oxalis sp.</i> | 1,00 |
| 9 | Cebada | <i>Hordeum sp.</i> | 0,80 |
| 10 | Arveja | <i>Pisum sp.</i> | 0,66 |
| 11 | Lechuga | <i>Lactuca sp.</i> | 1,44 |
| 12 | Maíz | <i>Zea mays</i> | 1,00 |
| 13 | Mashua | <i>Tropaelum sp.</i> | 0,74 |
| 14 | Ryegrass | <i>Lolium sp.</i> | 0,80 |

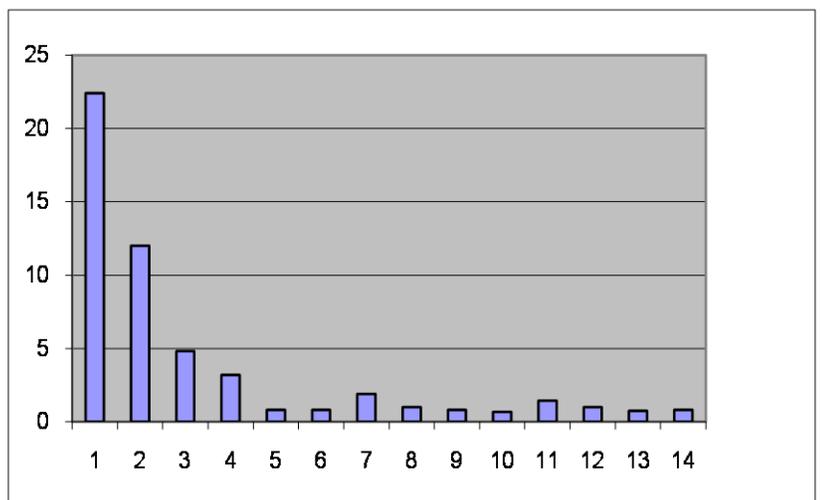


GRÁFICO 2. PROMEDIOS DE % DE AFECTACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE DIVERSAS ESPECIES VEGETALES AGRÍCOLAS, SIN HUMEDAD. DE LOS CULTIVOS AFECTADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. (C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.) 2007”

Del gráfico 2, se observan diferencias significativas entre los promedios de afectación en los cuales algunas especies vegetales agrícolas se encuentran menos afectadas como es el caso de la arveja con un promedio de afectación del 0,66%, mientras que la alfalfa y el fréjol fueron las especies vegetales que se cultivan en la zona con mayor afectación por parte del material piroclástico con promedios de 22,40 y 12,00% de afectación a la parte foliar. Los datos obtenidos concuerdan con las características de las especies vegetales observadas, como lo es la presencia de pubescencia en toda el área vegetal en el caso de la alfalfa que fue la especie más afectada, así como la arquitectura de las plantas, como en las gramíneas que

se ven afectadas en la inserción de las hojas donde se deposita el material, además estructuras de la hoja que potencian los daños ocasionados por la caída de ceniza volcánica.

4.1.2 AFECTACIÓN NORMAL CON HUMEDAD FOLIAR

En el gráfico 3, se observa diferencias significativas, de las cuales se puede observar que especies vegetales como la cebolla y la avena se encuentran en los primeros lugares del estudio, como las especies con menor grado de afectación resultado de la caída de ceniza volcánica, con promedios 3,20 y 1,60% de área foliar afectada, mientras otras especies tienen afectaciones superiores al 80% de su área foliar, lo cual traería como consecuencia que estas especies, no estén en capacidad de realizar su proceso de fotosíntesis, lo cual reduce notablemente la producción y potencial productivo de estos vegetales. Es de indicar que la afectación de ceniza sobre los distintos cultivos se ve potenciada por la presencia de humedad, la cual actúa como un adherente, daños que se incrementan, con la conformación aérea de las plantas.

| | | | |
|----|----------|----------------------|-------|
| 1 | Alfalfa | <i>Medicago sp.</i> | 47,00 |
| 2 | Fréjol | <i>Phaseolus sp.</i> | 84,00 |
| 3 | Vicea | <i>Vicea sp.</i> | 28,00 |
| 4 | Papa | <i>Solanum sp.</i> | 84,00 |
| 5 | Cebolla | <i>Allium sp.</i> | 3,20 |
| 6 | Chocho | <i>Lupinus sp.</i> | 9,20 |
| 7 | Avena | <i>Avena sp.</i> | 1,60 |
| 8 | Oca | <i>Oxalis sp.</i> | 87,00 |
| 9 | Cebada | <i>Hordeum sp.</i> | 69,00 |
| 10 | Arveja | <i>Pisum sp.</i> | 74,00 |
| 11 | Lechuga | <i>Lactuca sp.</i> | 93,60 |
| 12 | Maíz | <i>Zea mays</i> | 96,80 |
| 13 | Mashua | <i>Tropaelum sp</i> | 42,00 |
| 14 | Ryegrass | <i>Lolium sp.</i> | 38,00 |

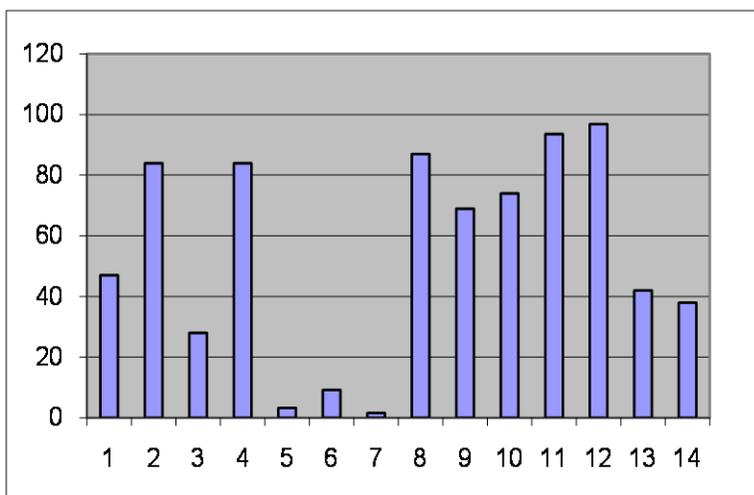


GRÁFICO 3. PROMEDIOS DE % DE AFECTACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE DIVERSAS ESPECIES VEGETALES AGRÍCOLAS, CON HUMEDAD. DE LOS CULTIVOS AFECTADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. (C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.) 2007”

Del anexo 2, se puede manifestar que los grados de afección de la caída de ceniza volcánica no ocasionan un daño severo, cuando hay una adecuada práctica agrícola

y se cuenta con riego, el problema suscita cuando las caídas de ceniza son continuas y cubren en su totalidad a los cultivos, se puede observar también que en las prácticas iniciales de fertilización, no manifestaron diferencias notables como para poder recomendar una estrategia de fertilización.

4.2 ANALISIS QUÍMICO Y FÍSICO DEL SUELO EN LA ZONA AFECTADA POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA.

4.2.1 ANÁLISIS QUÍMICO

4.2.1.1 pH EN EL SUELO

En el cuadro 21, se observa que luego de la caída de ceniza volcánica, existe un efecto severo sobre el suelo agrícola en los valores de pH, este valor es determinante sobre la producción agrícola, ya que marca una limitante para la producción, de las diversas especies agrícolas.

FITZ (1980), manifiesta que el pH es una propiedad muy importante de los suelos, ya que tiende a estar correlacionado con otras propiedades como el grado de saturación de bases. La acidez del suelo se debe principalmente a la presencia de iones de hidrógeno y de aluminio. En condiciones naturales el pH tiende a estar correlacionado con las precipitaciones, a medida que la precipitación aumenta el pH se reduce por agotamiento de cationes básicos.

CUADRO 21. RESULTADOS DE VALORES DE pH EN ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| LOTES | Valores de pH laboratorio | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | pH óptimo* | pH del suelo antes de la erupción ** |
|--------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|--------------------------------------|
| CENIZA | 6,4 | | | | 6,0 – 8,0 | 6,8 |
| LOTE 1 | 4,7 | 5,5 | 6,5 | 7,0 | 6,0 – 8,0 | 6,8 |
| LOTE 2 | 4,3 | 4,5 | 3,8 | 5,5 | 6,0 – 8,0 | 6,8 |
| LOTE 3 | 4,5 | 4,8 | 5,2 | 3,5 | 6,0 – 8,0 | 6,8 |
| LOTE 4 | 4,5 | 6,8 | 7,5 | 3,9 | 6,0 – 8,0 | 6,8 |
| LOTE 5 | 3,8 | 7,0 | 4,5 | 3,8 | 6,0 – 8,0 | 6,8 |
| LOTE 6 | 5,0 | 3,2 | 6,5 | 5,5 | 6,0 – 8,0 | 6,8 |

*VALORES DE pH ÓPTIMOS PARA EL DESARROLLO DE UN CULTIVO

**FUENTE: NÚÑEZ INÉS 1999

En una erupción volcánica existe gran liberación de silicio, el mismo que al estar en el ambiente se va a combinar con la humedad existente en el medio, así como las precipitaciones, formando ácidos que a su vez van a afectar el pH del suelo.

Los suelos de acidez elevada presentan menor agregación, lo que determina una disminución en la permeabilidad y la aireación. Esto se debe a que los cationes divalentes actúan a través de puentes catiónicos como vínculo entre cristales de arcilla y aún entre ellas y otras partículas, de modo que promueven la formación de la estructura. En suelos donde predominan arcillas del tipo 2:1 el 80% de la CIC debería estar saturada con Ca y/o Mg para manifestar una adecuada estructura. No todos los cultivos se ven afectados en igual medida por la acidez del suelo. Algunas especies presentan su mayor productividad a pH ácidos, tal como los arándanos y en menor medida la papa; ello obedece a que cada especie posee un rango de pH en el cual su producción es máxima y se conoce como pH óptimo. Las especies más sensibles a los reducidos valores de pH suelen ser las leguminosas. La alfalfa, principal forrajera de los sistemas ganaderos, comienza a manifestar disminución en su producción a partir de valores de pH inferiores a 6.1; este valor de pH por debajo del cual los rendimientos se deprimen es conocido como pH crítico. La corrección de la acidez supone la neutralización de los hidrogeniones de la solución del suelo y el desplazamiento de aquellos ubicados en sitios de intercambio del complejo de las bases metálicas típicamente el Calcio. Se utilizan para este efecto, correctivos tales como: hidróxidos, carbonatos y óxidos de Calcio y Magnesio. Como los más frecuentes ya que son los primeros, conocidos como encalados de suelos.

Por ejemplo, si el producto que se utiliza para el encalado es el carbonato de calcio, es necesario conocer su peso equivalente (50 mg/meq-1). Es posible entonces calcular el requerimiento de correctivo por cada 100 g de suelo.

Cálculo 1

$$\frac{4,4 \text{ meq}}{100 \text{ g suelo}} \times \frac{50 \text{ mg CaCO}_3}{\text{meq}} = \frac{2.200 \text{ kg CaCO}_3}{1.000 \text{ tn suelo}}$$

Si la capa arable presenta una densidad de 1.2 tn m⁻³, presentará un peso por ha de 2400 tn. Es factible finalmente calcular la dosis de la enmienda calcárea.

Cálculo 2

$$\frac{2.200 \text{ kg CaCO}_3}{1.000 \text{ tn suelo}} \times \frac{2.400 \text{ tn suelo}}{\text{ha}} = 5,3 \text{ tn de CaCO}_3 / \text{ha}$$

En general las estimaciones teóricas de laboratorio, como la efectuada en los cálculos precedentes sobrestiman las modificaciones de pH que se logran realmente a campo, pues existen ciertos parámetros que deben ser considerados en el proceso de corrección de la acidez.

Forma de aplicación.

Una buena distribución del correctivo en el suelo, es esencial para su reacción, por lo que la distribución al voleo en cobertura y el mezclado en la capa arable, con implementos de discos luego de la aplicación brinda mayor eficiencia. El arado tiende a ubicar el producto de encalado en el fondo de la capa arable por lo que no resulta un implemento adecuado. En sistemas de no remoción de suelo, como la siembra directa, la alternativa es la aplicación en bandas o al voleo en superficie, siendo en este caso la reacción más lenta y no tan completa, por lo que deberán seleccionarse correctivos de alta solubilidad.

4.3.1.2 MATERIA ORGANICA DEL SUELO

CUADRO 22. RESULTADOS DE VALORES DE MATERIA ORGÁNICA EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| MUESTRA | MATERIA ORGÁNICA % | % MATERIA ORGÁNICA ÓPTIMA | % MATERIA ORGÁNICA ANTES DE LA ERUPCIÓN * |
|----------------------|--------------------|---------------------------|---|
| Ceniza del santuario | 0,10 | 3,00 | 3,01 |
| Muestra 1 | 3,57 | 3,00 | 3,01 |
| Muestra 2 | 3,39 | 3,00 | 3,01 |

| | | | |
|-----------|------|------|------|
| Muestra 3 | 2,59 | 3,00 | 3,01 |
| Muestra 4 | 3,40 | 3,00 | 3,01 |
| Muestra 5 | 2,66 | 3,00 | 3,01 |
| Muestra 6 | 2,30 | 3,00 | 3,01 |

*FUENTE: NÚÑEZ INES 1999

El contenido de M.O. para las muestras de ceniza es baja es decir que en su totalidad está formada por fracción mineral. Por no contener materia orgánica se concluye que tampoco humus ya que este se forma en el proceso de descomposición y por lo tanto estas muestras tiene bajas propiedades coloidales e hidrológicas que afectan su estructura. El contenido de Materia Orgánica de las otras muestras del Sector de Quero se hallan en un rango 2.59% y 3.57% (suelos cultivados), es considerado como un valor medio bajo que con el 3% el suelo mantiene su estructura ya que tendría un contenido de 75 TM/ha, sin embargo según VALENCIA 2005, una cantidad de materia orgánica para que sea considerada como importante para la fertilidad de un suelo debe estar comprendida entre un intervalo de 5 al 15%, para que pueda mantenerse la capacidad de retención de agua, también ayuda a la retención de nutrientes y suministra sustratos para el metabolismo de los organismos del suelo. Para la muestras de ceniza volcánica tanto como para las de suelo de cultivo afectados, al no contener suficiente materia orgánica los microorganismos pueden tomar el nitrógeno mineral disponible en el suelo reduciendo temporalmente el suministro de este elemento en la nutrición vegetal. Por lo tanto es necesario que en suelos afectados se incorpore materia orgánica para recuperar las necesidades de los microorganismos del suelo. En los suelos afectados con la caída de ceniza es necesario incorporar materia orgánica debido a que el humus generado de su descomposición, por sus propiedades de cohesión proporcionando la formación de agregados más estables, para que exista menor riesgo de erosión e incrementar la capacidad de retención del agua, así como el incremento del beneficio de la radiación solar por su color oscuro. Además junto con la arcilla forma el complejo de cambio que regula la nutrición de la planta, favorece la respiración de las raíces, germinación de las semillas e impide la lixiviación de los nutrientes.

4.3.1.3 NITRÓGENO EN EL SUELO

Debido a los resultados bajos de nitrógeno en las muestras de ceniza de 0,06 % fueron bajos, Siendo este un elemento fundamental para la actividad nutricional en los vegetales ya que permite la formación de proteínas.

En las muestras de los suelos de cultivo afectados por la caída de ceniza volcánica se observaron valores que de forma personal se los considera bajos ya que van desde 0.19 a 0.33 ppm. Valores que pueden perderse aún más por la actividad microbiana así como los problemas naturales de desnitrificación de los suelos, comprobándose que en suelos afectados por la caída de ceniza volcánica en suelos agrícolas estos se verán afectados por la concentración del elemento nitrógeno, cabe considerar que los iones en los cuales se puede llegar a determinar son los NO₃ y NH₄, por ser los principales iones que absorben las plantas siendo el ión NH₄ el más importante por presentar mayor estabilidad en el suelo.

CUADRO 23. RESULTADOS DE VALORES DE NITRÓGENO EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| MUESTRA | UNIDADES DE EXPRESIÓN | NITRÓGENO kg/ha.* | NITRÓGENO ANTES DE ppm |
|----------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|
| Ceniza del santuario | 0.06 % | 33,6 – 110,00 | 14,00 |
| Muestra 1 | 0,19 ppm | 33,6 – 110,00 | 14,00 |
| Muestra 2 | 0,33 ppm | 33,6 – 110,00 | 14,00 |
| Muestra 3 | 0,23 ppm | 33,6 – 110,00 | 14,00 |
| Muestra 4 | 0,25 ppm | 33,6 – 110,00 | 14,00 |
| Muestra 5 | 0,19 ppm | 33,6 – 110,00 | 14,00 |
| Muestra 6 | 0,21 ppm | 33,6 – 110,00 | 14,00 |

*VALORES ÓPTIMOS DE NITRÓGENO EN UN SUELO CONSIDERADO FÉRTIL

*FUENTE: NÚÑEZ INÉS 1999

Al ser la ceniza volcánica un material considerado como inerte formado por la fracción mineral con la presencia de otros elementos ajenos la cantidad del elemento nitrógeno encontrada va a depender del grado de meteorización es decir

el efecto del ambiente sobre este material así las posibles incorporaciones naturales van a depender de la lluvia y agua de regadío que comúnmente contiene nitratos.

La fertilidad de un suelo va depender mucho del manejo que le cada elemento productivo y de las condiciones del medio, siendo un factor importante el uso de materia orgánica y de aportaciones que se puedan realizar a cada suelo. Debiendo tener en cuenta que el único ión que no presenta mucha movilidad en el suelo es le NH₄.

4.3.1.4 EL FÓSFORO EN EL SUELO

Uno de los elementos más importantes existente en el suelo es el fósforo valores que se hallan ene le resultado de los análisis químicos de la ceniza del 0,00000008 ppm valores por los cuales por referencias de investigaciones realizadas por VALENCIA 2005, la ceniza volcánica es pobre en este elemento, por lo cual no puede aportar un valor importante en la nutrición de los cultivos.

CUADRO 24. RESULTADOS DE VALORES DE FÓSFORO EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| MUESTRA | UNIDADES DE EXPRESIÓN | FÓSFORO ppm * | FÓSFORO ppm** |
|-----------|-----------------------|---------------|---------------|
| Ceniza | 0,00000008 ppm | 199 – 399 | 26,00 |
| Muestra 1 | 69,72 ppm | 199 – 399 | 26,00 |
| Muestra 2 | 0,15 % | 199 – 399 | 26,00 |
| Muestra 3 | 386 ppm | 199 – 399 | 26,00 |
| Muestra 4 | 805 ppm | 199 – 399 | 26,00 |
| Muestra 5 | 267 ppm | 199 – 399 | 26,00 |
| Muestra 6 | 359 ppm | 199 – 399 | 26,00 |

*VALORES DE FÓSFORO EN UN SUELO CONSIDERADO FÉRTIL

**FUENTE: NÚÑEZ INÉS 1999

En las muestras obtenidas en los suelos agrícolas afectados por la caída de ceniza volcánica de acuerdo al análisis se manifiestan valores de entre 69.72 y 805 ppm los cuales son valores altos y considerados como suficientes para el desarrollo de un cultivo. Debiendo tener presente que las arcillas en su fracción coloidal causan la retención del fósforo, así como las reservas depositadas en la fracción del humus las cuales si beneficiaran el desarrollo vegetal ya que forma una fuente de reserva. Cabe mencionar que los análisis presentan una buena concentración de fósforo pero no se manifiesta en estos la disponibilidad del mismo ya que este también se puede ver afectado por el pH, para lo cual observando los resultados es necesario elevar el pH para incrementar la disponibilidad del fósforo para que no existan retenciones y forme compuestos insolubles.

Es necesario conocer que la asimilación del fósforo se favorece cuando hay un buen nivel de materia orgánica, fósforo en el suelo y pH por lo que a más de la cantidad asimilable en el suelo se deben conocer estos parámetros.

4.3.1.5 EL POTASIO EN EL SUELO

De las muestras de ceniza volcánica se encontraron valores del 0.04 % el cual se determina como un valor bajo e insuficiente para el desarrollo vegetal. En las muestras tomadas de los suelos de actividad agrícola se encontró valores de entre 0.98 y 3.94 meq/100 g de suelo, valores que son considerados altos y suficientes para el desarrollo vegetal y para la actividad del suelo. Este elemento no se encuentra en su forma pura por lo que resulta necesario recalcar que al formar un fracción en el suelo del complejo humus-arcilla este elemento será también afectado para su asimilación por el contenido de materia orgánica del suelo y por la acción del pH para su asimilación por parte de las plantas.

CUADRO 25. RESULTADOS DE VALORES DE POTASIO EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| MUESTRA | UNIDADES | DE | CONTENIDO | meq/100 g suelo |
|---------|----------|----|-----------|-----------------|
|---------|----------|----|-----------|-----------------|

| | EXPRESIÓN | PROMEDIO DE POTASIO % | |
|----------------------|----------------------|-----------------------|------|
| Ceniza del santuario | 0,04 % | 2,00 | 0,48 |
| Muestra 1 | 4,66 meq/100 g suelo | 2,00 | 0,48 |
| Muestra 2 | 3,94 meq/100 g suelo | 2,00 | 0,48 |
| Muestra 3 | 2,10 meq/100 g suelo | 2,00 | 0,48 |
| Muestra 4 | 1,60 meq/100 g suelo | 2,00 | 0,48 |
| Muestra 5 | 0,98 meq/100 g suelo | 2,00 | 0,48 |
| Muestra 6 | 1,46 meq/100 g suelo | 2,00 | 0,48 |

* CONTENIDO DE POTASIO EN UN SUELO CONSIDERADO FÉRTIL

**FUENTE: NÚÑEZ INÉS 1999

4.3.1.6 EL CALCIO EN EL SUELO

En la muestra de ceniza se considera un a notable presencia de este ión en la muestra y para los suelos de cultivo de las zonas aledañas también constituye una fracción importante de la solución del suelo y también es el más absorbido en el complejo de cambio ya que generalmente se encuentra en equilibrio. Una característica importante del ión calcio al ser que se encuentra en mayor concentración en los suelos favorece su estructura, ya que mantienen floculadas las arcillas y el humus.

CUADRO 26. RESULTADOS DE VALORES DE CALCIO EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| MUESTRA | CALCIO meq/100 g suelo | CALCIO meq/100 g suelo * | CALCIO meq/100 g suelo ** |
|----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Ceniza del santuario | 4.5 % | 18 – 25 | 6,95 |
| Muestra 1 | 4,55 | 18 – 25 | 6,95 |

| | | | |
|-----------|-------|---------|------|
| Muestra 2 | 18,72 | 18 – 25 | 6,95 |
| Muestra 3 | 10,89 | 18 – 25 | 6,95 |
| Muestra 4 | 16,75 | 18 – 25 | 6,95 |
| Muestra 5 | 7,15 | 18 – 25 | 6,95 |
| Muestra 6 | 16,79 | 18 – 25 | 6,95 |

*CONTENIDO DE CALCIO EN UN SUELO CONSIDERADO FÉRTIL

**FUENTE: NÚÑEZ INÉS 1999

4.3.1.8 EL MAGNESIO EN EL SUELO

En las muestras de ceniza se pudo apreciar también un valor bajo de magnesio, elemento es considerado como una de los más importantes en la nutrición vegetal y el sirve especialmente en las actividades de la planta como la síntesis de clorofila, la cual sirve para sintetizar los hidratos de carbono. Los valores obtenidos en los suelos de cultivo se observan que van desde 0.85 a 6 meq/100 g de suelo valores que son considerados como altos y suficientes para la nutrición de los individuos vegetales. Cabe resaltar que este elemento es uno de los principales competidores del potasio y del manganeso. En los suelos este nutriente puede ser un problema cuando se halla en suelos alcalinos es decir pH alto, pudiendo llegar a ser muy tóxico. En los suelos estudiados el pH es bajo en los cual no presentaría mayor problema de toxicidad.

CUADRO 27. RESULTADOS DE VALORES DE MAGNESIO EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| MUESTRA | MAGNESIO meq/100 g suelo | MAGNESIO meq/100 g suelo* | MAGNESIO meq/100 g suelo** |
|-----------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Ceniza | 0,08 % | 3 – 5 | |
| Muestra 1 | 3,00 | 3 – 5 | |
| Muestra 2 | 2,31 | 3 – 5 | |
| Muestra 3 | 1,00 | 3 – 5 | |
| Muestra 4 | 0,85 | 3 – 5 | |
| Muestra 5 | 2,02 | 3 – 5 | |
| Muestra 6 | 6,09 | 3 – 5 | |

*INDICADORES DE FERTILIDAD DE SUELOS HORTÍCOLAS

**FUENTE: NÚÑEZ INÉS 1999

4.3.1.9 EL ASUFRE EN EL SUELO

Siendo que el azufre es uno de elementos considerados como de los más altos a encontrarse en el análisis de la ceniza con valores de 16,70 meq/100 g suelo, valor que puede verse afectado por la gran movilidad de este elemento en el ambiente por causa especialmente de las lluvias por lo cual el azufre presente se puede fácilmente lixiviar por las lluvias o por el gual de riego, dependiendo además de la textura del suelo, que al combinarse seguramente formarán los ácidos que posiblemente pueden afectar el pH del suelo

CUADRO 28. RESULTADOS DE VALORES DE ASUFRE EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| MUESTRA | ASUFRE meq/100 g suelo | ASUFRE ppm* | ASUFRE ppm** |
|---------|---------------------------|-------------|--------------|
| Ceniza | 16,70 | 110 – 225 | 11,60 |

* CONTENIDO DE ASUFRE EN UN SUELO CONSIDERADO FÉRTIL

** CONTENIDO DE ASUFRE EN UN SUELO ANTES DE LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA

4.3.1.10 MICRONUTRIENTES DEL SUELO

Los micronutrientes son aquellos que la planta consume en muy poca cantidad y que existen generalmente en suelo, siendo también de mucha importancia para el desarrollo vegetal. Las muestras de ceniza contienen bajas cantidades de cobre, hierro, manganeso y zinc, en relación a las muestras de suelos de explotación agrícola analizados. Cabe señalar que la ceniza volcánica en su fracción de manganeso esta no es asimilable para las plantas de acuerdo a lo manifestado por VALENCIA (2005).

CUADRO 29. RESULTADOS DE VALORES DE MICRONUTRIENTES EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| MUESTRA | Cu ppm | Cu* ppm | Cu** ppm | Fe ppm | Fe* ppm | Fe** ppm | Mn ppm | Mn* ppm | Mn** ppm | Zn ppm | Zn* mg/kg | Zn** ppm |
|------------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|--------------|-------------|
| Ceniza | 1,6 | 28 -73 | 5,60 | 10,9 | 4,00 | 93,20 | 0,00 | 22-220 | 2,80 | 0,40 | 0,50 | 0,60 |
| Muestra 1 | 18,24 | 28 -73 | 5,60 | 0,30 | 4,00 | 93,20 | 63,83 | 22-220 | 2,80 | 9,12 | 0,50 | 0,60 |
| Muestra 2 | 37,51 | 28 -73 | 5,60 | 0,75% | 4,00 | 93,20 | 312,58 | 22-220 | 2,80 | 12,50 | 0,50 | 0,60 |
| Muestra 3 | 37,50 | 28 -73 | 5,60 | 0,17% | 4,00 | 93,20 | 106,73 | 22-220 | 2,80 | 9,70 | 0,50 | 0,60 |
| Muestra 4 | 10,32 | 28 -73 | 5,60 | 0,10% | 4,00 | 93,20 | 92,94 | 22-220 | 2,80 | 10,33 | 0,50 | 0,60 |
| Muestra 5 | 8,18 | 28 -73 | 5,60 | 474,71 | 4,00 | 93,20 | 65,48 | 22-220 | 2,80 | 8,18 | 0,50 | 0,60 |
| Muestra 6 | 17,94 | 28 -73 | 5,60 | 349,84 | 4,00 | 93,20 | 53,82 | 22-220 | 2,80 | 8,97 | 0,50 | 0,60 |

* CONTENIDO DE MICRONUTRIENTES EN UN SUELO HORTÍCOLA CONSIDERADO FÉRTIL

** CONTENIDO DE MICRONUTRIENTES EN UN SUELO ANTES DE LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA

Las muestras de suelo agrícola tomadas en la zona de afectación manifiestan valores altos de los microelementos los cuales se los puede considerar como suficientes para el desarrollo vegetal, esto puede deberse a que el agricultor de la zona no realiza agricultura de precisión es decir explotando con cultivos intensivos sino lo realiza con cultivos extensivos que son exigentes más en elementos de nutrición primaria.

4.3.1.11 SALINIDAD DEL SUELO

La muestra de ceniza volcánica observa un valor de 533 us/cm, la cual se va a ver especialmente afectada por la caída de ceniza en forma permanente debido a la presencia de iones sulfatos que actuarán en presencia del agua. Las muestras de los suelos agrícolas presentan valores altos, pero bajos al valor obtenido de la ceniza volcánica, por lo tanto su concentración de sales será proporcional a su conductividad.

CUADRO 30. RESULTADOS DE VALORES DE SALINIDAD EN EL ANÁLISIS DE SUELOS EN LABORATORIO DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| MUESTRA | CONDUCTIVIDAD ELECTRICA uS/cm | CONTENIDO DE SALES PERMITIDO us/cm | CONDUCTIVIDAD ELECTRICA uS/cm* |
|-----------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Ceniza | 533 | 0,20 % - 200 | 0,28 |
| Muestra 1 | 58,70 | 0,20 % - 200 | 0,28 |
| Muestra 2 | 36,14 | 0,20 % - 200 | 0,28 |
| Muestra 3 | 45,77 | 0,20 % - 200 | 0,28 |
| Muestra 4 | 49,80 | 0,20 % - 200 | 0,28 |

| | | | |
|-----------|-------|--------------|------|
| Muestra 5 | 44,36 | 0,20 % - 200 | 0,28 |
| Muestra 6 | 58,70 | 0,20 % - 200 | 0,28 |

*VALORES DE UNA MUESTRA DE SUELO ANTES DE LA PRESENCIA DE CENIZA VOLCÁNICA

Sabiendo que la salinidad de los suelos es directamente proporcional a la conductividad eléctrica en la solución del suelo, los problemas posibles de salinidad se presentan en valores superiores a los 200 us/cm, por lo tanto ninguna de las muestras presenta problemas, esto se debe al efecto de las lluvias ya que la zona en estudio recibe una buena precipitación además de contar en algunos sitios con agua de riego. También debe considerarse la textura de estos suelos que es franco limosa la misma que permite una rápida lixiviación de las sales además de la presencia de arena que contribuye a esto.

4.2.2 ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO AFECTADO POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA.

En el suelo que se vio afectado por la caída de ceniza volcánica existieron varias transformaciones en cuanto a características como: Densidad aparente, Densidad real y Porcentaje de porosidad, características que son muy importantes especialmente para la disponibilidad de agua en los suelos de cultivo.

4.3.2.1 DENSIDAD APARENTE DEL SUELO

La ceniza presenta mayor masa por unidad de volumen, y esta directamente relacionada con su estructura. Las muestras de suelo presentan menor densidad porque la materia orgánica ayuda a aumentar su volumen debido a los poros que forma. Se sabe que como regla general que a una textura más fina le corresponde un volumen de poros más grande, lo cual facilita especialmente la capacidad de retención del agua y la aireación de un suelo de acuerdo a THOMPSON, L. 1974, que es citado por VALENCIA, L. 2005.

CUADRO 31. RESULTADOS DE VALORES DE LA DENSIDAD APARENTE (Da), EN EL ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| MUESTRA | DENSIDAD APARENTE | DENSIDAD APARENTE EN SUELOS |
|---------|-------------------|-----------------------------|
|---------|-------------------|-----------------------------|

| | (g/cm ³) | FRANCO LIMOSOS (g/cm ³). |
|----------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Ceniza del santuario | 1,50 | 1,02 – 1,20 |
| Muestra 1 | 1,15 | 1,02 – 1,20 |
| Muestra 2 | 1,17 | 1,02 – 1,20 |
| Muestra 3 | 1,15 | 1,02 – 1,20 |
| Muestra 4 | 1,15 | 1,02 – 1,20 |
| Muestra 5 | 1,17 | 1,02 – 1,20 |
| Muestra 6 | 1,21 | 1,02 – 1,20 |

4.3.2.2 DENSIDAD REAL DEL SUELO

Las muestras de ceniza, presentan una densidad real de 2.73 g/cm³ mayor en relación a los demás suelos analizados, debido a que solo contienen fracción mineral, y no presentan microporos en la superficie. Mientras más cantidad de materia orgánica haya en un suelo, se observa que existe una menor densidad real, siendo la materia orgánica la directamente relacionada con la formación de microporos.

CUADRO 32. RESULTADOS DE VALORES DE LA DENSIDAD REAL (Dr), EN EL ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| MUESTRA | DENSIDAD REAL (g/cm ³) | DENSIDAD REAL PROMEDIO EN SUELOS DE CULTIVO |
|----------------------|------------------------------------|---|
| Ceniza del santuario | 2,73 | 2,49 – 2,59 |
| Muestra 1 | 2,29 | 2,49 – 2,59 |
| Muestra 2 | 2,49 | 2,49 – 2,59 |
| Muestra 3 | 2,29 | 2,49 – 2,59 |
| Muestra 4 | 2,30 | 2,49 – 2,59 |
| Muestra 5 | 2,50 | 2,49 – 2,59 |
| Muestra 6 | 2,45 | 2,49 – 2,59 |

Se concluye por lo tanto que cuando la fracción orgánica del suelo aumenta, disminuye la densidad real, mejorando con ello la estructura del suelo, la materia orgánica preferentemente humificada favorece la retención de agua y nutrientes para los cultivos contenidos tanto en la solución como en el complejo del suelo.

Sabiendo también que la densidad real varía mucho menos que la densidad aparente, esto concuerda con lo manifestado por (RAMÍREZ, J. 2001).

4.3.2.4 POROSIDAD DEL SUELO

Los suelos con menor textura como lo son los destinados a la explotación agrícola, se han visto afectados por la ceniza volcánica, tienen mayor porosidad que los de textura gruesa como son las muestras de ceniza que obtuvieron un 40.05% de porosidad. La densidad aparente presenta una limitación, no proporciona información sobre el tamaño de poros, pero se sabe que cuando hay un mayor porcentaje de finos y materia orgánica la porosidad aumenta y es más pequeña. Como regla general de acuerdo con THOMPSON 1974, los suelos de textura fina tienen un mayor número de poros, pero en relación a su aireación requieren más cuidados en su mantenimiento.

CUADRO 33. RESULTADOS DE VALORES DE LA POROSIDAD (%), EN EL ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS DEL EFECTO DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| MUESTRA | % POROSIDAD | % POROSIDAD EN SUELOS CULTIVADOS FRANCO-LIMOSOS |
|-----------|-------------|---|
| Ceniza | 40.05 | 48,80 – 59,20 |
| Muestra 1 | 49.78 | 48,80 – 59,20 |
| Muestra 2 | 53.01 | 48,80 – 59,20 |
| Muestra 3 | 49.78 | 48,80 – 59,20 |
| Muestra 4 | 50.00 | 48,80 – 59,20 |
| Muestra 5 | 53.20 | 48,80 – 59,20 |
| Muestra 6 | 50.61 | 48,80 – 59,20 |

4.3.2.5 GRANULOMETRÍA DEL SUELO.

La ceniza tiene un 85% de arena y un 15% de limo y arcilla, por lo tanto se encuentra dentro de la clasificación de suelos de textura gruesa (arena), presentando poros grandes, sin brindar problemas de aireación, pero tendrán baja capacidad de retención de agua (VALENCIA 2005).

Las muestras de suelo tomadas de la zona cercana al volcán, posiblemente por la gran cantidad de material piroclástico depositado presentan de acuerdo al resultado

de los análisis una textura Franco limosa, la cual por la forma de sus agregados presentará una buena aireación y capacidad de desarrollo radicular, mejorando la capacidad de retención de agua que se tiene con las arenas.

A medida que los suelos presente menor cantidad de ceniza, el porcentaje de arena debe disminuir y mejorar así su textura sabiendo que la textura media (franco) es la mejor a nivel agrícola. La textura también va a influir en el desplazamiento de agua de regadío, en suelos de textura arenosa como la ceniza, el agua penetra mayor profundidad pero lateralmente no existe una buena dispersión, debido a que los poros son grandes y facilitan la circulación hacia abajo. A medida que el porcentaje de arena crece, los riesgos a la erosión hídrica y eólica aumentan debido a la falta de compactación que la ceniza no presenta.

Es importante mencionar la fracción de arcilla es determinante en el comportamiento del suelo especialmente en lo que se refiere a la retención de agua y a los iones nutritivos para la planta, se sabe que la ceniza presenta escaso contenido de arcilla, por lo tanto es importante el uso de materia orgánica que contribuye a la formación de humus que presenta un comportamiento similar al de las arcillas.

La textura influye en el manejo de los suelos, se sabe que los suelos de textura franco arenosa han sido los más manejables en la agricultura ya que presentan baja cohesión y permiten labores de labranza. También influye en la fertilización, es baja en suelos arenosos por que muchos iones cuando se presenta estas texturas no son retenidos por el complejo de cambio del suelo y se pierden fácilmente por lixiviación. Las aportaciones de fertilizantes se deben realizar con dosis más pequeñas y frecuentes para tener un mayor aprovechamiento para los cultivos. Un ejemplo es el caso del Nitrógeno, se sabe que en suelos arenosos la pérdida es mayor, se tiene datos que un nivel de lluvia de 100 mm los nitratos descienden 60 cm en suelos arenosos, 30 cm en suelos medios y tan solo 20 cm en suelos arcillosos.

4.4 ANÁLISIS SOCIAL (RESULTADOS DE LA ENCUESTA)

De las respuestas a las encuestas realizadas en la zona de Quero se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Cómo le ha afectado la erupción del volcán Tungurahua (ceniza volcánica).

CUADRO 34. RESULTADOS DE LOS VALORES DE LA ENCUESTA PARA DETERMINAR LA INTENSIDAD DEL EFECTO SOCIAL DE LA CAÍDA DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| CALIFICACIÓN | POBLADORES | POCENTAJE |
|--------------|------------|-----------|
| MUY INTENSA | 79 | 65.83 |
| INTENSA | 30 | 25.00 |
| MODERADA | 4 | 3.33 |
| ESCAZA | 6 | 5.00 |
| NINGUNA | 1 | 0.83 |

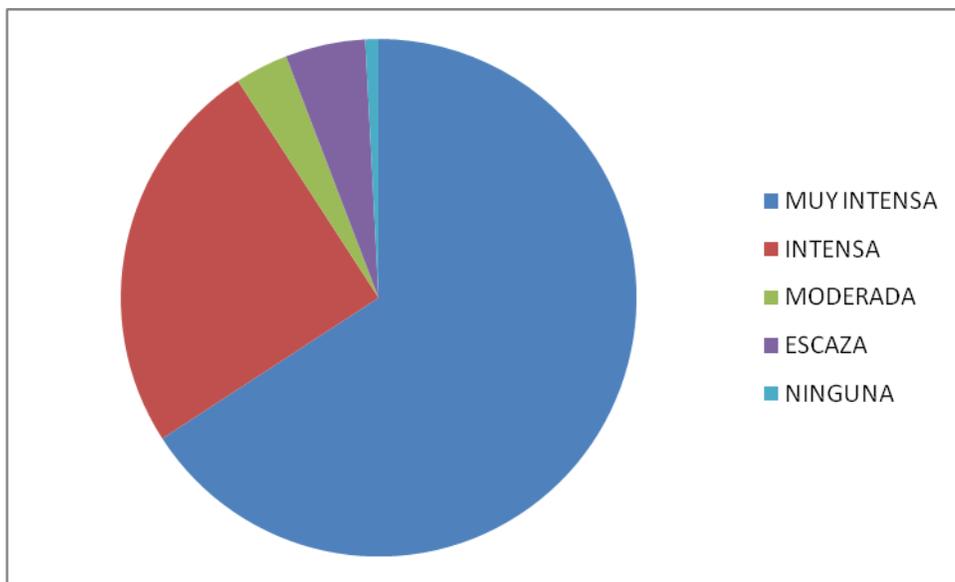


GRÁFICO 4. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA PARA EL GRADO DE AFECCIÓN, OCASIONADO POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS.

En el gráfico se nota que aproximadamente el 99% de los encuestados supo manifestar que ha existido una afectación por la caída de ceniza volcánica, de los valores obtenidos la mayor parte manifiesta que ha sido muy intensa, la cual incluso no solo ha afectado a sus cultivos y demás actividades agropecuarias, sino también

a la salud, especialmente vías respiratorias, acceso a alimentos, problemas oculares y daños a obras civiles.

2. El rendimiento de los cultivos ha variado con la caída de ceniza volcánica

CUADRO 35. RESULTADOS DE LOS VALORES DE LA ENCUESTA SOBRE EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS, PARA DETERMINAR EL EFECTO SOCIAL DE LA CAÍDA DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| CALIFICACIÓN | POBLADORES | POCENTAJE |
|--------------|------------|-----------|
| SI | 120 | 100 |
| NO | 0 | 0 |

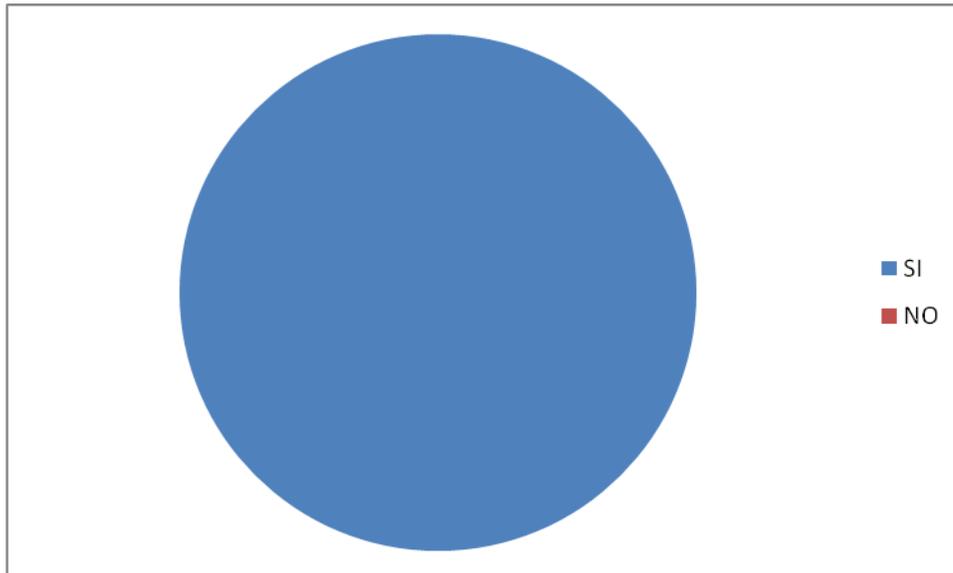


GRÁFICO 5. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA PARA EL EFECTO SOBRE LOS CULTIVOS, OCASIONADO POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS.

El 100% manifestó que con la caída de ceniza volcánica sus cultivos se afectaron en su rendimiento en forma negativa.

Por qué:

Al caer la ceniza volcánica, esta ocasionó una pérdida total ya que cubrió y no existió manera alguna de recuperar cultivos que quedaron totalmente sepultados,

los pastos por su capacidad de rebrote tuvieron una mínima tasa de recuperación, la cual fue manifestada como baja.

También manifiestan en forma general que la ceniza a parte de sepultar los cultivos cuando llueve luego de la caída de ceniza volcánica se produce una especie de lavado, dependiendo del tipo de cultivo, pero uno de los problemas graves era cuando al mismo tiempo de la caída de la ceniza volcánica existía la presencia de lluvia, la misma que con el material piroclástico formaron un lodo que casi totalmente ocasionaba la pérdida de los cultivos.

Los agricultores encuestados opinaron que la producción bajo por varios motivos entre los cuales se puede citar, que los cultivos han bajado su rendimiento, la germinación de las plantas se retarda debido a la gran cantidad de ceniza que cayó sobre los suelos y afirman que prácticamente sembraban sobre ceniza, quedando el suelo en esas circunstancias en las capas inferiores totalmente cubierto.

3. Luego de la caída de ceniza volcánica la presencia de plagas ha aumentado o ha disminuido

De acuerdo a los resultados obtenidos a los encuestados muchos de ellos han observado un incremento en sus problemas fitosanitarios debido a que han caído en monocultivo de cebolla, cultivo que ha bajado su rentabilidad debido a la baja de precios, así como a la presencia de dos afecciones que ellos la describen como una pudrición en la raíz que produce una muerte descendente, así como de una plaga que ellos manifestaban como posibles ácaros los cuales eran pequeños animales de color blanco que afectaban al follaje.

CUADRO 36. RESULTADOS DE LOS VALORES DE LA ENCUESTA SOBRE LA PRESENCIA DE PLAGAS EN LOS CULTIVOS, PARA DETERMINAR EL EFECTO SOCIAL DE LA CAÍDA DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| CALIFICACIÓN | POBLADORES | POCENTAJE |
|---------------------|-------------------|------------------|
| AUMENTADO | 92 | 76.67 |
| DISMINUIDO | 28 | 23.33 |

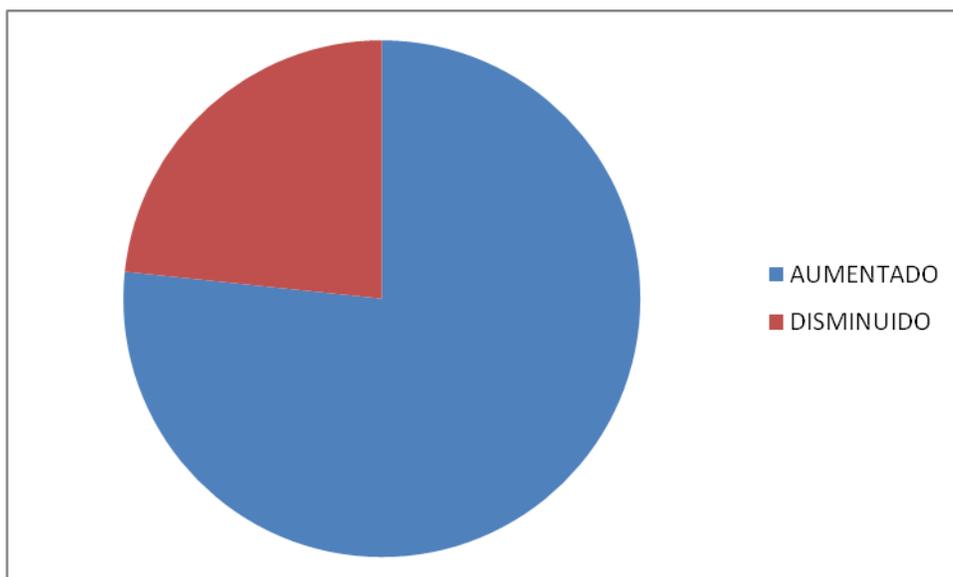


GRÁFICO 6. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA PARA INCIDENCIA DE PLAGAS, OCASIONADO POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS.

5 La fertilidad de los suelos se ha visto afectada

CUADRO 37. RESULTADOS DE LOS VALORES DE LA ENCUESTA SOBRE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS, PARA DETERMINAR EL EFECTO SOCIAL DE LA CAÍDA DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| CALIFICACIÓN | POBLADORES | POCENTAJE |
|--------------|------------|-----------|
| AUMENTA | 5 | 4.17 |
| BAJO | 100 | 83.33 |
| NORMAL | 15 | 12.50 |

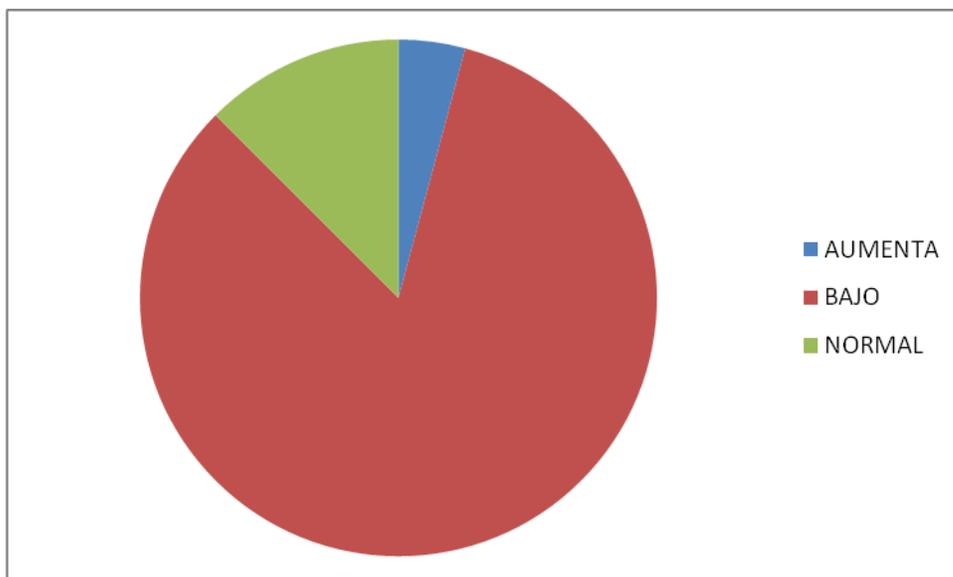


GRÁFICO 7. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA PARA EL NIVEL DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS, OCASIONADO POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE SUELOS AGRÍCOLAS.

De acuerdo al criterio de los agricultores la fertilidad de los suelos baja por varias circunstancias como que este material totalmente destruye el área foliar con lo cual por ende decrece el rendimiento, dificulta las labores agrícolas, así como la retención del agua, para la otra parte de agricultores, no existió cambio mayor, en algunos casos manifiestan que hay un pequeño incremento en la producción.

6 Qué sembraba antes y después de la caída

Antes de la caída de ceniza volcánica

Papas, cebolla blanca, habas, melloco, maíz, chocho, ocas, pastos, mashua, avena, arveja, bicea, fréjol, morocho, zanahoria, zambo, zapallo.

Después de la caída de ceniza volcánica

Cebolla blanca, papas, potreros.

6. Que ha realizado para disminuir el impacto de la caída de ceniza volcánica en sus cultivos

Materia orgánica, agroquímicos, abonos orgánicos, arado profundo, sacudir, lavar el follaje y nada.

7 Ha recibido algún tipo de ayuda o información a causa de este fenómeno

CUADRO 38. RESULTADOS DE LOS VALORES DE LA ENCUESTA SOBRE LA AYUDA RECIBIDA, PARA DETERMINAR EL EFECTO SOCIAL DE LA CAÍDA DE LA CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| CALIFICACIÓN | POBLADORES | POCENTAJE |
|--------------|------------|-----------|
| NO | 20 | 16.66 |
| SI | 100 | 83.33 |

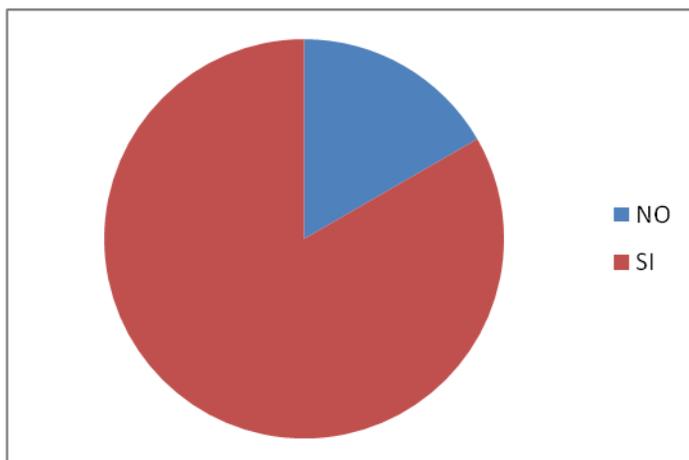


GRÁFICO 8. RESULTADOS OBTENIDOS DE LA ENCUESTA PARA LA AYUDA RECIBIDA, EN EL FENÓMENO NATURAL OCURRIDO POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA.

CUADRO 39. INSTITUCIONES QUE BRINDARON AYUDA A LA POBLACIÓN AFECTADA, EN EL FENÓMENO NATURAL OCURRIDO POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA.

| INSTITUCIONES QUE PROPORCIONARON AYUDA EN LA ERUPCIÓN | RESULTADO DE LAS RESPUESTAS AFIRMATIVAS |
|---|---|
| Defensa Civil | 40 |
| Cruz Roja | 5 |
| Marina Guayaquil | 2 |
| M. Quito | 30 |
| M. Ambato | 30 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| M. Esmeraldas | 20 |
| M. Quero | 5 |
| M. Baños | 10 |
| AECI | 10 |
| Militares | 20 |
| Asociación de Agricultores | 5 |

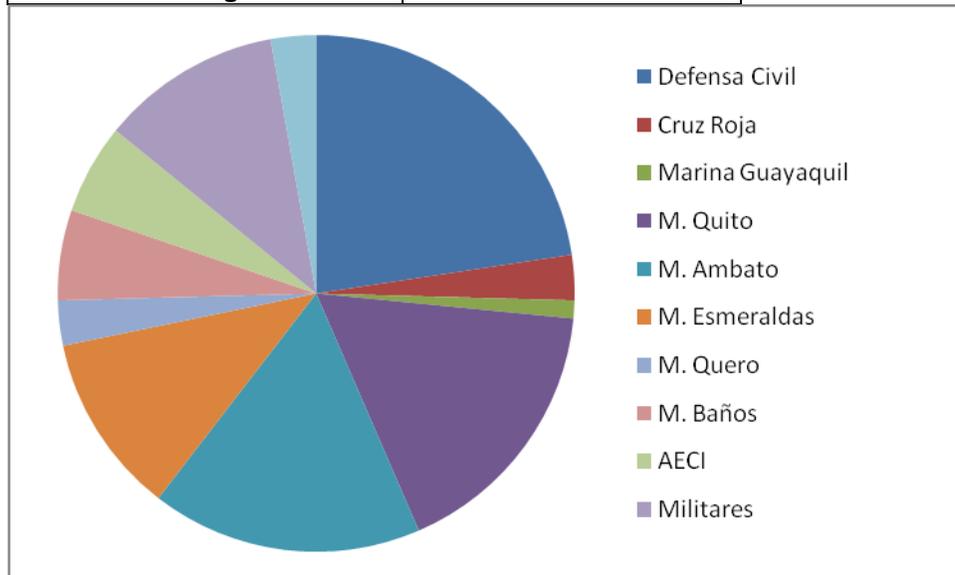


GRÁFICO 9. INSTITUCIONES QUE BRINDARON AYUDA A LA POBLACIÓN AFECTADA, EN EL FENÓMENO NATURAL OCURRIDO POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

De los resultados obtenidos se concluye que:

a. En los impactos ocasionados por la caída de ceniza volcánica se obtuvo los siguientes resultados:

- El impacto ocasionado por la caída de ceniza volcánica es negativo en un valor del 76.64%, lo cual se considera que toda actividad económica debería ser paralizada, o minimizada hasta la conclusión de los eventos causados por la erupción. Los valores positivos del 23.36% hacen referencia a la capacidad de regeneración natural sin intervención del hombre conforme ha ocurrido en el transcurso del tiempo, recuperando la fertilidad de los suelos luego de un período no determinado.

- En los cultivos tradicionales que antes existían en la zona se ve un impacto negativo en la parte foliar observando valores de afectación en condiciones normales sin presencia de la lluvia del 22.40% y el 12% para la alfalfa y el fréjol; del 0.66% para el caso de la arveja, estos datos tienen concordancia con las características anatómicas de la planta. Cuando existe presencia de humedad posible por lluvia o neblina del lugar que es muy frecuente se tienen valores muy superiores de afectación llegando al 80% de afectación en el caso del maíz lo cual conlleva a la pérdida total de este cultivo en la zona, en el caso de la cebolla y la avena se obtuvo un valor de 3.20 y 1.60% respectivamente, valores que son bajos y

representan una alternativa de explotación agrícola. La seguridad alimentaria se ha visto reducida por la pérdida de diversidad en un 85.71%, al perder la oportunidad de sembrar toda la gama de alimentos que antes tenían.

b. En los efectos químicos y físicos del suelo se tiene que:

- En los suelos que han sufrido una alta presencia de ceniza volcánica en su horizonte agrícola los valores de pH se han visto muy reducidos con valores de 3.8 a 5.0 con posibles consecuencias de menor agregación, disminuyendo su permeabilidad y aireación, además de la disponibilidad de los nutrientes.

- La materia orgánica en la muestra de ceniza fue de 0.10%, en cambio en el suelo se ve porcentajes medios del 3.40%.

- El nitrógeno en la ceniza fue de 0.06% y en los suelos afectados fue de un máximo de 0.33 ppm.

- El fósforo en la ceniza volcánica presentó un valor de 0.30%, y en las muestras de 69.72 a 359 ppm.

- En la ceniza se encontró valores de 0.04% de potasio. A diferencia de los suelos afectados que llegaron a obtener valores de hasta 4.66 meq/100 g de suelo.

- El calcio en la ceniza obtuvo un valor de 4.5 %, y en las muestras analizadas se notó una presencia alta que osciló entre los 4.55 y 18.72 meq/100 g suelo.

- El Magnesio en la ceniza volcánica presenta valores de 0.08%, al contrario de los valores encontrados en los suelos de entre 0.85 a 6.09 meq/ 100 g suelo.

- El Azufre en la ceniza se encuentra en valores altos de 16.70 meq/ 100 g suelo, valor que puede verse afectado por las lluvias, elemento que al mezclarse con el agua formará los ácidos que pueden ser la causa de la baja de pH en los suelos analizados.

- El contenido de micronutrientes (Cu, Fe, Mn y Zn), son muy bajos, a diferencia de los suelos de cultivo que de acuerdo al cuadro 25.

- La ceniza volcánica presenta valores de 533 uS/cm, de conductividad eléctrica (C.E) valores que pueden deberse a la presencia de sulfatos que actúan en presencia con el agua. En los suelos afectados, los valores son de 36.14 a 58.70 uS/cm mismos que variarán con las condiciones ambientales, y condiciones del suelo.

- En la densidad aparente se obtuvo un valor de 1.50 g/cm³ en la ceniza obteniendo una mayor masa por unidad de volumen, la cual está relacionada con su estructura. En las muestras de suelo se obtuvieron densidades menores de 1.15 a 1.21 g/cm³, valores que están relacionados con la materia orgánica del suelo.

- La densidad real de la ceniza fue de 2.73 g/cm³, la cual es mayor en relación a los suelos analizados donde hubo valores desde 2.29 a 2.45 g/cm³, teniendo en cuenta que mientras más materia orgánica en los suelos menos densidad real.

- En la porosidad se observa que la ceniza volcánica alcanza el 40.05% si se consideraría como un suelo sería de textura gruesa (arena). En cuanto a las muestras se alcanzó valores más altos de porosidad de hasta 50.61%, porcentajes que son determinantes en la fertilidad de los suelos por su relación con la materia orgánica.

- En la granulometría la ceniza tiene un 85% de arena y un 15% de limo, es decir es un suelo de textura gruesa. En las muestras de los suelos afectados también se encontraron valores altos de arena y limo. Factor que determina en un problema por la poca capacidad de retención de agua y la lixiviación de los nutrientes.

c. En el impacto social:

- El 99% de los encuestados se encuentra afectado por la caída de ceniza volcánica en su gran mayoría en forma muy intensa y negativa, no solo afectando sus

actividades económicas sino también destruyendo obras civiles y hasta sus vestimentas.

- El 100% de los encuestados manifestó una pérdida total o parcial de sus cultivos, debido a la presencia continua del material piroclástico y su intensidad que en muchos de los casos llegaba a cubrir totalmente sus cultivos. Teniendo también problemas de baja fertilidad por la disminución del rendimiento de sus cultivos y la baja germinación y retardo de las semillas.

- La sanidad de sus cultivos se ha visto afectada aproximadamente en un 76.67%, debido a la pérdida de diversidad trayendo como consecuencia el monocultivo y la presencia de enfermedades en especial en la cebolla blanca.

- La fertilidad de los suelos ha bajado en una apreciación del 83.33% de las personas encuestadas, por causas como el cubrimiento total y parcial de los cultivos, destrucción del área foliar, dificultad de las prácticas agrícolas y poca retención de agua de los suelos.

- Los pobladores afectados han visto en peligro su seguridad alimenticia por la pérdida de diversidad, así se tiene que antes de la caída de ceniza volcánica se sembraba: papas, cebolla blanca, cebolla paiteña, habas, mellocos, maíz, chocho, ocas, pastos, mashua, avena, arveja, vicea, fréjol, morocho, zanahoria, zambo y zapallo. Y luego de la caída de ceniza volcánica en su mayor parte se siembra cebolla blanca, algo de papas y potreros para sus animales.

- El 83.33% de los encuestados ha recibido ayuda de varios organismos gubernamentales y no gubernamentales, especialmente en alimentos ropa y cubiertas para sus hogares, pero nada aún en la parte de producción agropecuaria.

RECOMENDACIONES:

De todo lo estudiado se llega a recomendar que:

a. Debido al impacto ambiental negativo de gran magnitud ocasionado por la caída de ceniza volcánica se sugiere que:

- Se debería difundir los conocimientos de los efectos al entorno que se tiene de erupciones pasadas y actuales del volcán Tungurahua, a cargo de especialistas en gestión del riesgo entre los pobladores, para que ellos tengan su propia percepción ya que una erupción de este volcán, no solo consiste en la emisión de ceniza volcánica. Con el fin de evitar improvisaciones que causan desinformación y peligrosos vacíos.

- Cultivar plantas tolerantes a la caída de ceniza como son: cebolla blanca (*Allium sp.*) en la explotación comercial y como pasto para el ganado de la zona se debe utilizar avena (*Hordeum sp.*). Además se debe realizar estudios en donde se obtenga una mayor gama de productos que se puedan cultivar para asegurar la diversidad.

- A nivel local se debe realizar un plan adecuado de uso del territorio incorporando la variable riesgo volcánico. Ya que terminadas las actividades volcánicas, se tiene las respectivas zonas de riesgo, para evitar los acontecimientos actuales

b. En cuanto a los efectos físicos y químicos del suelo se debe:

- Realizar encalados para corrección de pH (adición de cal), ya que es necesario que los cationes ácidos (H^+ ; Al^{+3} ; Mn^{+2}), sean intercambiables por cationes básicos (Ca^{+2} ; Mg^{+2} ; K^+ ; Na^+).

- Incorporar materia orgánica en los suelos afectados, debido a que proporciona compactación al suelo, ayuda a mantener la permeabilidad del agua, permite el ingreso de aire, la formación de agregados estables, por su naturaleza coloidal se tiene menor riesgo de erosión y le brinda capacidad para retener agua, además de aportar elementos nutritivos especialmente nitrógeno.

- Realizar un arado lo más profundo posible, para que se permita llevar a la superficie suelos con mayor contenido de materia orgánica que quedaron cubiertos por la capa superficial de ceniza.

c. De la información obtenida a los habitantes de la zona se recomienda:

- Mayor coordinación interinstitucional ya que varios organismos gubernamentales y no gubernamentales proporcionaron ayuda en forma desorganizada que no pudo llegar en forma equitativa.

- Planificar la emergencia según las características sociales y culturales de la población a la cual se dirige, ocupándose de sus principales actividades económicas de la zona que son la explotación agrícola y pecuaria, proporcionando alternativas de trabajo, capacitando a los habitantes afectados y diversificando la ayuda.

TÉRMINOS REFERENCIA

Mitigación: Moderar, aplacar, disminuir o suavizar algo riguroso o áspero.

Volcán: Abertura en la tierra, y más comúnmente en una montaña, por donde sale de tiempo en tiempo humo, llamas y materias encendidas o derretidas.

Diagnóstico: Arte o acto de conocer la naturaleza de una enfermedad mediante la observación de sus síntomas y signos.

Cultivo: Método de obtención de microorganismos, células o tejidos mediante siembras controladas en medios adecuados.

Abiótico: Suelo, aire, clima, agua, topografía, geología, etc.

Aguas residuales: Aguas de composición variada provenientes de descargas de diferentes usos, que hayan sufrido degradación de su calidad original.

Agua pluviales: Aquellas que proviene de lluvia, se incluyen las que provienen de nieve o granizo

Aguas superficiales: Toda aquella agua que fluye o se almacena en la superficie del terreno

Biótico: Relativo a los seres vivos

Descargar: Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales o que han pasado por cualquier proceso

Desecho: Cualquier producto deficiente, inservible o inutilizable, del que su poseedor decide desprenderse o abandonarlo

Deslizamiento: Desplazamiento de una masa de suelo producido por la gravedad, erosión pluvial o eólica, u otra causa, sobre una base de dimensiones mayores.

Emisión: Descarga de sustancias a la atmósfera desde una fuente fija o móvil

Edáfico: Relativo al suelo

Monitoreo: Proceso programado de recolectar muestras, efectuar mediciones, registrarlas, con el fin de compararlas o usarlas en el control de un proceso cualquiera.

Sustancias tóxicas: Conjunto de elementos o compuestos que tienen influencia nociva en los seres vivos.

Vegetación Arbórea

Producto de la interrelación del clima y suelo de una región en la que sensiblemente no han influido otros factores para su establecimiento, o áreas en las que la regeneración espontánea después de la tala, es el denominador común.

Bosque Natural (Bn)

Ecosistema natural primario y secundario que se halla sin ocupación o intervención humana. Lo constituyen especies nativas de cada zona con una altura superior a los 15 metros. Ocupada por formación vegetal arbórea leñosa densa, pluriestratificada, integrada por especies propias, con alta mezcla de especies forestales.

Matorral o Chaparro

Composición florística no sobrepasa los 10 metros de altura y la estructura del tallo no alcanza los 15 centímetros de grosor, localizada generalmente en relieves fuertes, producto de la regeneración espontánea. Se considera en esta categoría a toda aquella vegetación conocida como matorral o chaparro.

Pasto Cultivado (Pc)

Especies herbáceas introducidas, utilizadas con fines pecuarios, que para su establecimiento y conservación, requieren de labores de cultivo y manejo conducidos por el hombre o regeneración espontánea de especies introducidas. En esta categoría se considera también al kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) de regeneración espontánea que crece en áreas localizadas sobre los 1.800 m.s.n.m.

Páramo (Pr)

Vegetación herbácea de alta montaña, resistente a vientos y heladas, asociada ocasionalmente con arbustos, resistentes a temperaturas menores a los 5 grados centígrados. Agrupan pajonales, frailejones, almohadillas y arbustos coriáceos.

Cultivos

Elementos inherentes a las actividades culturales que el hombre realiza en el campo en busca de sustento. Para efectos de jerarquización de la representación gráfica se consideran dos categorías en relación a la ocupación a saber:

Cultivos indiferenciados

Cultivos de ciclo corto o permanentes que cubren pequeñas superficies, pero conforman una gran unidad, que de ninguna manera pueden clasificarse independientemente, estos pueden ser:

Cultivos de Ciclo Corto (Cc)

Cultivos de consumo interno o comercial, cuyo ciclo vegetativo no excede de un año, y no son posibles clasificarlos independientemente ni por asociaciones, pues generalmente se hallan formando parte de minifundios cuyo denominador común son los poli cultivos.(maíz, haba, papa, fréjol, arveja, chocho, etc.)

Cereales (Ce)

Cultivos temporales con dominancia de maíz, cebada, trigo y avena.

Cultivos diferenciados

Cultivos de ciclo corto o permanente que cubren grandes superficies y pueden ser clasificados independientemente.

Las asociaciones

Área cubierta con dos tipos de vegetación dominante que no pueden clasificarse independientemente por presentarse en pequeñas secciones entremezcladas, con iguales o diferentes porcentajes de cobertura en la gran unidad asociativa.

Áreas Naturales Protegidas.- Son áreas de propiedad pública o privada, de relevancia ecológica, social, histórica, cultural y escénica, establecidas en el país de acuerdo con la ley, con el fin de impedir su destrucción y procurar el estudio y conservación de especies de plantas o animales, paisajes naturales y ecosistemas.

Calidad Ambiental.- El control de la calidad ambiental tiene por objeto prevenir, limitar y evitar actividades que generen efectos nocivos y peligrosos para la salud humana o deterioren el medio ambiente y los recursos naturales.

Conservación.- Es la administración de la biosfera de forma tal que asegure su aprovechamiento sustentable.

Contaminación.- Es la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellas, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente.

Control Ambiental.- Es la vigilancia, inspección y aplicación de medidas para mantener o recuperar características ambientales apropiadas para la conservación y mejoramiento de los seres naturales y sociales.

Costo Ambiental.- Son los gastos necesarios para la protección, conservación, mejoramiento y rehabilitación del medio ambiente.

Cuentas Patrimoniales

Es el inventario valorativo que se hace en un país o región, de las reservas, riquezas y elementos naturales, traducidos en recursos para el desarrollo.

Daño Ambiental

Es toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo de las condiciones preexistentes en el medio ambiente o uno de sus componentes. Afecta al funcionamiento del ecosistema o a la renovabilidad de sus recursos.

Daños Sociales

Son los ocasionados a la salud humana, al paisaje, al sosiego público y a los bienes públicos o privados, directamente afectados por actividad contaminante.

Derechos Ambientales Colectivos

Son aquellos compartidos por la comunidad para gozar de un medio ambiente sano y libre de contaminación.

Diversidad Biológica o Biodiversidad

Es el conjunto de organismo vivos incluidos en los ecosistemas terrestres, marinos, acuáticos y del aire. Comprende la diversidad dentro de cada especie, entre varias especies y entre los ecosistemas.

Ecosistema

Es la unidad básica de integración organismo - ambiente, que resulta de las relaciones existentes entre los elementos vivos e inanimados de una área dada.

Estudio de Impacto Ambiental

Estudios que proporcionan antecedentes para la predicción e identificación de los impactos ambientales. Además describen las medidas para prevenir, controlar, mitigar y compensar las alteraciones ambientales.

Evaluación de Impacto Ambiental

Es el procedimiento administrativo de carácter técnico que tiene por objeto determinar obligatoriamente y en forma previa, la viabilidad ambiental de un proyecto, obra o actividad pública o privada. Tiene dos fases; el estudio de impacto ambiental y la declaratoria de impacto ambiental.

Gestión Ambiental

Conjunto de políticas, normas, actividades operativas y administrativas de planeamiento, financiamiento y control estrechamente vinculadas, que deben ser ejecutadas por el Estado y la sociedad para garantizar el desarrollo sustentable y una óptima calidad de vida.

Impacto Ambiental

Alteración positiva o negativa del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en una área determinada.

Información Ambiental

Es toda la información calificada que procesa la Red Nacional de Información y Vigilancia Ambiental.

Instrumentos de Gestión Ambiental

Para efectos de esta Ley constituyen los mecanismos de orden técnico, jurídico, o de otro tipo conducentes a lograr racionalidad y eficiencia en la gestión ambiental, a través de los instrumentos técnicos y legales se establecen las obligaciones de las personas respecto al medio ambiente.

Interés Difuso

Son los intereses homogéneos y de naturaleza indivisible, cuyos titulares son grupos indeterminados de individuos ligados por circunstancias comunes.

Medio Ambiente

Sistema global constituido por elementos naturales y artificiales, físicos, químicos o biológicos, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la

naturaleza o la acción humana, que rige la existencia y desarrollo de la vida en sus diversas manifestaciones.

Mejoramiento

Es el incremento de la capacidad de un ecosistema o de una población para satisfacer una función particular o para rendir un producto determinado.

Ordenamiento del Territorio

Organización dirigida a la coordinación administrativa, a la aplicación de políticas sectoriales, al logro del equilibrio regional y a la protección del medio ambiente. Este proceso, programa y evalúa el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales en el territorio nacional.

Precaución

Es la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente.

Preservación de la Naturaleza.

Es el conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones destinadas a asegurar el mantenimiento de las condiciones que hacen posible el desarrollo de los ecosistemas.

Protección del Medio Ambiente

Políticas, planes, programas, normas y acciones destinadas a prevenir y controlar el deterioro del ambiente. Incluye tres aspectos: conservación del medio natural, prevención y control de la contaminación ambiental y manejo sustentable de los recursos. La protección ambiental, es tarea conjunta del Estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y sector privado.

Recursos Naturales

Elementos de la naturaleza susceptibles de ser utilizados por el hombre para la satisfacción de sus necesidades o intereses económicos, sociales y espirituales. Los recursos renovables se pueden renovar a un nivel constante. Los recursos no renovables son aquellos que forzosamente perecen en su uso.

Reposición

Es la acción de reponer el medio ambiente o uno de sus componentes a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado; o en caso de no ser ello posible restablecer sus prioridades básicas.

Restauración

Es el retorno a su condición original de un ecosistema o población deteriorada.

Sector

Se considera sector al área de gestión relacionada con la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, integración del patrimonio genético, control y prevención de la contaminación ambiental, aprovechamiento de los recursos naturales, ambiente humano, desarrollo de actividades productivas y de servicios, mitigación de riegos y desastres naturales antrópicos y otros.

Valor Ecológico de los Recursos Naturales

Es el valor económico que el Estado asigna a los recursos naturales y que constarán en cuentas especiales, a cargo del Ministerio de Finanzas y Crédito Público.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACOSTA, E. Estudio de especies endémicas de la zona altoandina del Ecuador. Ed. World Wide Voluntary Foundation 1994
2. ALBUJA, E. Fauna Silvestre andina de los pisos zoogeográficos 1991. 32 p.
3. BARBER, S. & HUMBERT, R. Advances in knowledge of potassium relationships in soils and plants; “Fertilizar technology and usage” – M.H. Mc Vicker Ed – London – 1989.
4. BESOAIN, E. Mineralogía de arcillas de suelo; Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura – Costa Rica – 1995.
5. BIBLIOTECA Práctica Agrícola & ganadera - Práctica de los cultivos; Océano Centrum- Barcelona (España) – 2001.
6. BULLOCK, D. “Soil analysis from Illinois”; Crop Sciences Department – University of Illinois – Journal of Science – USA – 2001.
7. COLOMA, R. Especies animales andinas en proceso de extinción. Ed Don Bosco, Abya Yala 1991
8. ENCICLOPEDIA PRÁCTICA DE LA AGRICULTURA Y LA GANADERIA. Ed. Océano / Centrum. Barcelona – España. Págs. 495, 496, 510, 511.
9. ESPINAL, S. Formaciones vegetales de Colombia; Instituto Geográfico Agustín Codazzi – Bogota – 1989.
10. FITZ, P. Suelos su formación, clasificación y distribución; Editorial Continental; México 427 p. 1980
11. FOX, R. “Fertilización de suelos derivados de cenizas volcánicas”, Panel de suelos volcánicos en América Latina – Costa Rica – 1989.
12. FUENTES, J. Suelo y fertilizantes; Ediciones Mundi Prensa – Madrid – 1999.
13. GUEVARA, A. Etude minéralogique de minerais équatoriens d'or réfractaires et de produits de leurs traitements minéralurgiques et métallurgiques; Tesis de Maestría – UCL – Bélgica – 2001.
14. INSTITUTO GEOFISICO DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. Ecuador Tierra de volcanes; EPN – Quito – 2002.

15. ISHIZUKA, Y. Suelos derivados de cenizas volcánicas; Universidad de Hokkaido – Sapporo – Japón – 1996
16. JUSCAFRESA. B. Fertilizantes y valor nutritivo. 2 ed. I d. Aedos. Barcelona – España. 1983 Págs. 45.....51.
17. LUNA, C. Suelos derivados de cenizas volcánicas del departamento de Huila; Instituto Geográfico Agustín Codazzi – Bogota – 1992.
18. MOHR, E. y VAN BAREN, F. Tropical Soils; State University of Utrech – 1998.
19. NOBOA, E. 2006. Estudio de impacto ambiental expost definitivo del proyecto hidroeléctrico Angamarca. ELEPCO (Empresa eléctrica Cotopaxi).
20. PADILLA, W. 2000. El suelo componente importante importante del ecosistema. Suelos derivados de cenizas volcánicas, Quito.
21. PUMISACHO, M. y SHERWOOD, S. El cultivo de la papa en el Ecuador, INIAP-CIP, Quito-Ecuador 2002.
22. RAMIREZ, J. “Suelos en las laderas de áreas volcánicas del holoceno con mantos de ceniza volcánica”; Memorias del IV Seminario Internacional de suelos – Costa Rica – 2001.
23. RODRIGUEZ, N. “Fijación y liberación de fósforo y potasio como índices para la caracterización de suelos”; Memorias del 49 Congreso latinoamericano de las ciencias del suelo – Caracas -1999.
24. RODRÍGUEZ, F. Fertilizantes – nutrición vegetal; Editorial AGT, México (Mex). 1ra ed. 1982. 157 p.
25. SAMANIEGO, P. Los peligros volcánicos asociados con el Cayambe; Instituto Geográfico de la Politécnica Nacional – Quito – 2004.
26. VADEMÉCUM AGRÍCOLA. 2000. 6ta ed. Edifarm. Quito. 810 p.
27. VALENCIA, L. Análisis de suelos afectados por la caída de la ceniza del volcán Tungurahua y su influencia en la producción agrícola EPN 2005.
28. WORTHEN, E. Suelos agrícolas, su conservación y fertilización; “Elección del suelo y plan para su tratamiento” Loma J, - Ed Unión Tipográfica – Editorial Hispano-american – 1989.

29. WADA, K. "Mineral formed and mineral formation from volcanic ash by weathering" Chemical Geology – USA – 1986.
30. WARKENTIN, B. Physical and mechanical characteristics of andisols; University Hokkaido – Sapporo – Japón – 1995.
- a. [http://www.fertilizando.com/articulos/fertilización%20 foliar](http://www.fertilizando.com/articulos/fertilización%20foliar).
- b. <http://www.infoagro.com/hortalizas/patata.htm>
- c. <http://www.sica.gov.ec/cadenas/papa/docs/importancia.html>
- d. http://www.puc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/haba.htm
- e. http://www.puc.cl/sw_educ/cultivos/index2.htm
- f. <http://www.infoagro.com/hortalizas/haba2.asp>
- g. http://www.puc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p192.html
- h. <http://www.cienciahoy.org/hoy42/ahipa3.htm>
- i. <http://html.rincondelvago.com/cultivo-en-chile.html>
- j. <http://www.infoagro.com/hortalizas/cebolla.htm>
- k. http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Manejo%20integrado%larga.pdf
- l. http://www.agro.unalmed.edu.co/anuario/costo_cebollarama.htm
- m. <http://html.rincondelvago.com/mercadeo-internacional.html>
- n. <http://www.monografias.com/trabajos4/elfrijol/elfrijol.shtml>
- o. <http://www.sica.gov.ec/cadenas/papa/docs/reporte.htm>
- p. <http://www.asajaclm.org/documentos/cebolla.doc>
- q. <http://www.redepapa.org/abad.pdf>
- r. [http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/pdf/13-142%20a%20p167%](http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/pdf/13-142%20a%20p167%20)
- s. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/fabaceae/phaseolus-vulgari>
- t. <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/tm#1>
- u. <http://www.inia.gob.pe/SIT/consPR/adjuntos/2302.doc>
- v. <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s00.htm>
- w. <http://www.ciedperu.org/productos/oca.htm>
- x. <http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/agronomia/horticultura/.doc>
- y. www.proexant.org.ec/LOGOSICA.GIF

- z. <http://www.crystal-chemical.com/frejol.htm>
- a.1 http://www.sira-arequipa.org.pe/principal/fichas/leg_frejol.pdf
- b.1
<http://www.dpw.wau.nl/pv/projects/preduza/Primer%20taller%20de%20tm>
- c.1 <http://www.crystal-chemical.com/avena.htm>
- d.1 <http://www.crystal-chemical.com/trigo.htm>
- e.1 <http://www.crystal-chemical.com/haba.htm>

ANEXOS.

ANEXO. GASTO EN LA INVESTIGACIÓN

| ACTIVIDADES REALIZADAS | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|--|-------------|----------|----------------|----------------|
| Análisis químico de suelos zona afectada | Análisis | 7 | 25 | 175 |
| Análisis físico de suelos zona afectada | Análisis | 12 | 10 | 120 |
| Transporte de ceniza para ensayos | Carrera | 3 | 60 | 180 |
| Encuestas a personas afectadas por la ceniza | Encuesta | 120 | 2 | 240 |
| Toma de muestras foliares y proceso de datos | Muestras | 70 | 8 | 560 |
| Elaboración de la matriz causa efecto | Método | 1 | 50 | 50 |
| Evaluación del Impacto Ambiental | Método | 1 | 400 | 400 |
| SUBTOTAL | | | | 1815 |
| OTROS | | | | |
| Viajes a la zona afectada | Carrera | 14 | 150 | 2100 |
| Muestreo de especies vegetales | Observación | 3 | 600 | 1800 |
| SUBTOTAL | | | | 3900 |
| IMPREVISTOS 10% | | | | 557 |
| TOTAL | | | | 6182.00 |

ANEXO. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA EVALUACIÓN DE TRES ESTRATEGIAS Y TRES NIVELES DE AFECTACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA A LA CAPA ARABLE EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*)

| TRATAMIENTOS | REND. kg/pn | HUMEDAD % | CENIZA % | E. ETÉREO % | PROTEÍNA % | FIBRA % | ELN % |
|-----------------------|----------------|--------------|----------|----------------|---------------|------------|-------|
| 25% C+ (100N+50P)/ha | 8,16 ns | 87,92 | 15,74 | 5,08 | 22,60 | 18,23 | 38,35 |
| 25% C+ (200N+100P)/ha | 8,33 ns | 88,93 | 15,16 | 4,92 | 18,52 | 19,07 | 42,33 |
| 25% C+ (300N+150P)/ha | 6,66 ns | 88,97 | 19,19 | 4,64 | 18,05 | 18,01 | 40,11 |
| 50% C+ (100N+50P)/ha | 8,33 ns | 87,03 | 16,38 | 4,40 | 19,73 | 17,29 | 42,20 |
| 50% C+ (200N+100P)/ha | 7,33 ns | 88,38 | 19,23 | 4,63 | 18,39 | 17,67 | 40,08 |
| 50% C+ (300N+150P)/ha | 7,16 ns | 88,70 | 18,26 | 5,17 | 21,31 | 19,65 | 35,61 |
| 75% C+ (100N+50P)/ha | 6,66 ns | 87,87 | 15,60 | 4,52 | 19,67 | 18,10 | 42,11 |
| 75% C+ (200N+100P)/ha | 8,33 ns | 88,03 | 16,29 | 4,79 | 18,36 | 26,76 | 33,77 |
| 75% C+ (300N+150P)/ha | 6,83 ns | 88,84 | 14,19 | 4,61 | 22,75 | 35,90 | 22,55 |
| 50% C+ suelo + 200 N | 5,83ns | 88,19 | 17,23 | 4,35 | 20,62 | 21,58 | 36,07 |
| 50% C + suelo + 100 P | 7,16 ns | 88,86 | 15,43 | 5,47 | 18,51 | 16,53 | 44,06 |
| 50% C + suelo + 100 K | 7,16 ns | 89,09 | 15,24 | 5,73 | 21,53 | 16,55 | 40,95 |
| Testigo absoluto | 7,50 ns | 88,61 | 14,32 | 5,59 | 25,26 | 17,36 | 37,47 |

FUENTE: FREDDY MENA 2006

ANEXO. % DE AFECTACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE DIVERSAS ESPECIES VEGETALES AGRÍCOLAS, SIN HUMEDAD

| | I | II | III | IV | V | suma trat |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|
| Alfalfa | 20 | 15 | 22 | 30 | 25 | 112.00 |
| Fréjol | 10 | 12 | 15 | 15 | 8 | 60.00 |
| Bicea | 5 | 4 | 7 | 5 | 3 | 24.00 |
| Papa | 5 | 3 | 3 | 2 | 3 | 16.00 |
| Cebolla | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 4.00 |
| Chocho | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | 4.00 |
| Avena | 2 | 2 | 2 | 1.5 | 2 | 9.50 |
| Oca | 1 | 1 | 1 | 1.5 | 0.5 | 5.00 |
| Cebada | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 0.5 | 4.00 |
| Arveja | 1 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 3.30 |
| Lechuga | 1 | 2 | 1.5 | 1.7 | 1 | 7.20 |
| Maíz | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5.00 |
| Mashua | 1 | 1 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 3.70 |
| Ryegrass | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 0.5 | 4.00 |

ANEXO. % DE AFECTACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE DIVERSAS ESPECIES VEGETALES AGRÍCOLAS, CON HUMEDAD.

| | I | II | III | IV | V | suma trat |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| Alfalfa | 50 | 30 | 45 | 50 | 60 | 235 |
| Fréjol | 80 | 85 | 80 | 90 | 85 | 420 |
| Bicea | 15 | 30 | 25 | 20 | 50 | 140 |
| Papa | 80 | 85 | 85 | 90 | 80 | 420 |
| Cebolla | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 16 |
| Chocho | 5 | 8 | 8 | 10 | 15 | 46 |
| Avena | 1.5 | 1.5 | 2 | 1.5 | 1.5 | 8 |
| Oca | 90 | 90 | 85 | 90 | 80 | 435 |
| Cebada | 60 | 70 | 70 | 75 | 70 | 345 |
| Arveja | 70 | 75 | 70 | 75 | 80 | 370 |
| Lechuga | 90 | 95 | 90 | 95 | 98 | 468 |
| Maíz | 95 | 99 | 95 | 98 | 97 | 484 |
| Mashua | 40 | 55 | 30 | 50 | 35 | 210 |
| Ryegrass | 30 | 40 | 60 | 40 | 20 | 190 |

ANEXO. ADEVA PARA LAS VARIABLES % DE AFECTACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE DIVERSAS ESPECIES VEGETALES AGRÍCOLAS, SIN HUMEDAD Y CON HUMEDAD. DE LOS CULTIVOS AFECTADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. (C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.) 2007”

| F DE V | GL | CM SIN HUMEDAD | CM CON HUMEDAD |
|---------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|
| TOTAL | 69 | | |
| TRATAMIENTOS | 13 | 190,22 ** | 5912,42 ** |
| E. EXP. | 56 | 3,21 | 54,46 |
| CV % | | 47,97 | 13,64 |
| PROMEDIO % | | 3,73 | 54,10 |

ANEXO. PRUEBA TUKEY AL 5% PARA TRATAMIENTOS EN LAS VARIABLES % DE AFECTACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE DIVERSAS ESPECIES VEGETALES AGRÍCOLAS, SIN HUMEDAD Y CON HUMEDAD, DE LOS CULTIVOS AFECTADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA. (C.E.Y.P.S.A. – U.T.C.) 2007”

| TRATAMIENTOS | SIN HUMEDAD | CON HUMEDAD |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| Alfalfa | 22,40 d | 47,00 c |
| Fréjol | 12,00 c | 84,00 ef |
| Bicea | 4,80 b | 28,00 b |
| Papa | 3,20 ab | 84,00 ef |
| Cebolla | 0,80 a | 3,20 a |
| Chocho | 0,80 a | 9,20 a |
| Avena | 1,90 a | 1,60 a |
| Oca | 1,00 a | 87,00 ef |
| Cebada | 0,80 a | 69,00 d |
| Arveja | 0,66 a | 74,00 de |
| Lechuga | 1,44 a | 93,60 fg |
| Maíz | 1,00 a | 96,80 g |
| Mashua | 0,74 a | 42,00 c |
| Ryegrass | 0,80 a | 38,00 bc |

ANEXOS. MUESTRAS DE pH TOMADAS EN SUELOS AFECTADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA

Lote 1: Latitud: 1°27'00" Sur Longitud: 78°33'22" Oeste

| CEBADA | PAPA | MELLOCO |
|----------------|----------------|----------------|
| | | |
| pH: 5.5 | pH: 6.5 | pH. 7.0 |

Lote 2: Latitud: 1°26'59" Sur Longitud: 78°33'24" Oeste

| CEBOLLA LARGA | CEBOLLA LARGA | CEBOLLA LARGA |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | |

| | | |
|----------------|----------------|----------------|
| | | |
| pH: 4.5 | pH: 3.8 | pH: 5.5 |

Lote 3: Latitud: 1°26'59" Sur Longitud: 78°33'14" Oeste

| CEBOLLA LARGA | PAPA | CEBOLLA BULBO |
|----------------------|----------------|----------------------|
| | | |
| pH: 4.8 | pH: 5.2 | pH: 3.5 |

Lote 4: Latitud: 1°26'49" Sur Longitud: 78°33'10" Oeste

| AVENA | ALFALFA | CEBOLLA LARGA |
|--------------|----------------|----------------------|
| | | |

| | | |
|----------------|----------------|----------------|
| | | |
| pH: 6.8 | pH: 7.5 | pH: 3.9 |

Lote 5: Latitud: 1°26'39" Sur Longitud: 78°33'14" Oeste

| AVENA | ALFALFA | CEBOLLA LARGA |
|----------------|----------------|----------------------|
| | | |
| pH: 6.8 | pH: 7.5 | pH: 3.9 |

Lote 6: Latitud: 1°26'39" Sur Longitud: 78°33'20" Oeste

| AVENA | ALFALFA | CEBOLLA LARGA |
|--------------|----------------|----------------------|
| | | |

| | | |
|----------------|----------------|----------------|
| | | |
| pH: 6.8 | pH: 7.5 | pH: 3.9 |

ANEXO. ANÁLISIS QUÍMICO DE LA MUESTRA DE CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA

| MATERIAL | UNIDADES DE EXPRESIÓN |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| SiO₂ | 58,5 % |
| TiO₂ | 0,9 % |
| Al₂O₃ | 17,0 % |
| Cu₂O₃ | 1.6 meq/100 g suelo |
| ZnO | 0,4 meq/100 g de suelo |
| SO | 16,70 meq/100 g suelo |
| Fe₂O₃* | 7,1 |
| NO₃; NH₄ | 0,06 % |
| M.O. | 0,10% |
| MnO | 0,00 meq/100 g suelo |
| MgO | 0,08% |
| CaO | 4,5% |
| Na₂O | 4,0 |
| K₂O | 0,04% |
| P₂O₅ | 0,30% |
| C.E. | 533 uS/cm |
| LOI (H₂O) | 0,30 % |

Fuente: PADILLA. VALENCIA 2005

ANEXO. VALORES DEL ANÁLISIS FÍSICO DE LAS MUESTRAS DE CENIZA VOLCÁNICA Y DE LOS SUELOS AFECTADOS POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA

| MUESTRA | DENSIDAD APARENTE g/cm³ | DENSIDAD REAL g/cm³ | PORCENTAJE DE POROSIDAD | TEXTURA |
|-------------------------|---|---|------------------------------------|---------------------------|
| Ceniza volcánica | 1,50 | 2,73 | 40,05 | Arena |
| Lote 1 | 1,15 | 2,29 | 49,78 | Franco- limoso |
| Lote 2 | 1,17 | 2,49 | 53,01 | Franco- limoso |
| Lote 3 | 1,15 | 2,29 | 49,78 | Franco- limoso |
| Lote 4 | 1,15 | 2,30 | 50,00 | Franco- limoso |
| Lote 5 | 1,17 | 2,50 | 53,20 | Franco- limoso |
| Lote 6 | 1,21 | 2,45 | 50,61 | Franco- limoso |

FUENTE: EMERSON JACOME 2009

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO DEL CANTÓN QUERO, QUE FUERON AFECTADAS POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA 2009

| ANÁLISIS | UNIDAD | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | MUESTRA 3 | MUESTRA 4 | MUESTRA 5 | MUESTRA 6 |
|----------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| pH | | 4.70 | 4.30 | 4.50 | 4.50 | 3.80 | 5.00 |
| C.E | uS/cm | 58.70 | 36.14 | 45.77 | 49.80 | 44.36 | 55.40 |
| Textura | Clase | F – L | F – L | F – L | F – L | F – L | F – L |
| Arena | % | 10.00 | 12.30 | 21.70 | 11.60 | 6.10 | 16.30 |
| Limo | % | 74.00 | 69.40 | 61.80 | 66.80 | 70.70 | 70.60 |
| Arcilla | % | 15.10 | 17.50 | 15.00 | 19.40 | 22.70 | 13.10 |

| | | | | | | | |
|-----------|------------|---------|--------|---------|---------|------------|------------|
| M.O. | % | 3.57 | 3.39 | 2.59 | 3.40 | 2.66 | 2.30 |
| N - TOTAL | ppm | 0.19 | 0.33 | 0.23 | 0.25 | 0.19 | 0.21 |
| P | | 69.72 % | 0.15 % | 386 ppm | 805 ppm | 267 ppm | 359 ppm |
| K | meq/100 ml | 4.66 | 3.94 | 2.10 | 1.60 | 0.98 | 1.46 |
| Ca | meq/100 ml | 4.55 | 18.72 | 10.89 | 16.75 | 7.15 | 16.79 |
| Mg | meq/100 ml | 3.00 | 2.31 | 1.00 | 0.85 | 2.02 | 6.09 |
| Cu | ppm | 18.24 | 37.51 | 37.50 | 10.32 | 8.18 | 17.94 |
| Fe | | 0.30 % | 0.75 % | 0.17 % | 0.10 % | 474.71 ppm | 349.84 ppm |
| Mn | ppm | 63.83 | 312.58 | 106.73 | 92.94 | 65.48 | 53.82 |
| Zn | ppm | 9.12 | 12.50 | 9.70 | 10.33 | 8.18 | 8.97 |

FUENTE: EL AUTOR (RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO EL 06 - 08 - 2008).

FOTOGRAFÍAS DE ESPECIES VEGETALES AFECTADAS CON CENIZA VOLCÁNICA SIN HUMEDAD, Y CON HUMEDAD



FOTO 1. ALFALFA SIN HUMEDAD 2007



FOTO 2. ALFALFA CON HUMEDAD 2007



FOTO 3. VICEA SIN HUMEDAD 2007



FOTO 4. VICEA CON HUMEDAD 2007



FOTO 5. CEBOLLA SIN HUMEDAD 2007



FOTO 6. CEBOLLA CON HUMEDAD



FOTO 7. CHOCHO SIN HUMEDAD 2007



FOTO 8. CHOCHO CON HUMEDAD 2007



FOTO 9. AVENA SIN HUMEDAD 2007



FOTO 10. AVENA CON HUMEDAD 2007



FOTO 11. OCA SIN HUMEDAD 2007



FOTO 12. OCA CON HUMEDAD 2007



FOTO 13. CEBADA SIN HUMEDAD 2007



FOTO 14. CEBADA CON HUMEDAD 2007



FOTO 15. LECHUGA SIN HUMEDAD 2007



FOTO. 16 LECHUGA CON HUMEDAD 2007



FOTO 17. MAIZ SIN HUMEDAD 2007



FOTO 18. MAÍZ CON HUMEDAD 2007



FOTO 19. MASHUA SIN HUMEDAD 2007



FOTO 20. MASHUA CON HUMEDAD 2007



FOTO 21. RYEGRASS SIN HUMEDAD 2007 FOTO 22. RYEGRASS CON HUMEDAD 2007

FOTOGRAFÍAS DE LA AFECTACIÓN CAUSADA POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA



FOTO 23. CENIZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA EN EL MIRADOR DEL SANTUARIO QUERO 2006



FOTO 24. MIRADOR DEL SANTUARIO QUERO 2006



FOTO 25. CULTIVO DE CEBOLLA AFECTADA POR CENIZA VOLCANICA 2006



FOTO 26. CULTIVO DE PAPA AFECTADA POR CENIZA VOLCANICA 2006



FOTO 27. AFECTACIÓN POR CENIZA CANTON PENIPE 2007



FOTO 28. AFECTACIÓN POR CENIZA CANTON QUERO 2007



FOTO 29. ENSAYO DE CULTIVO DE PAPA AFECTADO POR CENIZA



**FOTO 30. TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS FÍSICO DE LOS HORIZONTES DEL SUELO
SECTOR EL SANTUARIO**



**FOTO 31. TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS FÍSICO DE LOS HORIZONTES DEL SUELO
SECTOR EL SANTUARIO**



FOTO 32. CENIZA VOLCÁNICA ENCONTRADA EN EL SECTOR DEL SANTUARIO



**FOTO 33. TOMA DE MUESTRAS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO DE MUESTRAS DE SUELOS
AFCTADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA**



FOTO 33. TOMA DE MUESTRAS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO DE MUESTRAS DE SUELOS AFCTADOS POR LA CAÍDA DE CENIZA VOLCÁNICA



FOTO 34. ENCUESTAS DE LA ZONA



FOTO 35. ENCUESTAS DE LA ZONA



FOTO 36. PREPARACION DE LAS MUESTRAS EN LABORATORIO

