



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

## **PROPUESTA DE ÍNDICE DE CALIDAD DE SUELOS PARA LA RESERVA DE PRODUCCIÓN FAUNÍSTICA DE CHIMBORAZO**

Trabajo de Titulación presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR: JORGE LUIS CHOCA ALCOCER**

**TUTOR: ING. JUAN CARLOS GONZÁLEZ**

**Riobamba–Ecuador**

**2017**

©2017, Jorge Luis Choca Alcocer

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: PROPUESTA DE ÍNDICE DE CALIDAD DE SUELOS PARA LA RESERVA DE PRODUCCIÓN FAUNÍSTICA DE CHIMBORAZO, de responsabilidad del señor Jorge Luis Choca Alcocer, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación quedando autorizada su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Juan González

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Dra. Magdy Echeverría

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Yo, Jorge Luis Choca Alcocer, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 5 de Mayo de 2017

---

**JORGE LUIS CHOCA ALCOCER**

**060414968-2**

## **DEDICATORIA**

A mi madre María Angélica Alcocer (+), por guiarme desde el cielo y darme su bendición día a día, ya que siempre vive en mi corazón y se ha manifestado en los momentos de desolación, por darme la fortaleza de seguir adelante aun en su ausencia y conducirme por el buen camino para alcanzar mis metas.

A mi hermano Dr. Edwin Choca A. por ser mi apoyo fundamental, ejemplo a seguir y por estar presente en los momentos buenos y malos, en toda la trayectoria de mi vida.

Jorge

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por bendecirme, encaminarme e iluminarme por el sendero correcto, y poder lograr los éxitos alcanzados, siendo mi fortaleza, ante cualquier situación de mi vida.

Agradezco a mi familia por sus consejos brindados hacia mi persona, y su apoyo moral.

Especial agradecimiento al Ing. Juan Carlos Gonzales, Director de Trabajo de Titulación por el apoyo brindado, sugerencias, generosidad y amistad, que han sido fundamentales para la culminación de mi presente trabajo de titulación.

Agradezco a Ximena, por la ayuda que me ha brindado siendo sumamente importante en mi vida, compartiendo conmigo situaciones buenas y difíciles, por confiar en mí diciéndome que lo lograría.

Jorge

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Páginas</b>
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
RESUMEN.....	xvii
SUMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>4</b>
1.1. <b>Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Marco filosófico o epistemológico de la investigación.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. Bases teóricas.....</b>	<b>7</b>
1.3.1. <i>El suelo.....</i>	7
1.3.2. <i>Sistema del suelo.....</i>	8
1.3.3. <i>Importancia del suelo.....</i>	8
1.3.4. <i>Componente vivo del suelo.....</i>	9
1.3.5. <i>Microorganismos en el suelo.....</i>	10
1.3.6. <i>Calidad del suelo.....</i>	11
1.3.7. <i>Calidad del suelo en el manejo sostenible.....</i>	11
1.3.8. <i>Funciones del suelo.....</i>	12
1.3.9. <i>Grupo de suelos.....</i>	12
1.3.10. <i>Indicadores de la calidad del suelo.....</i>	21
1.3.11. <i>Evaluación de la calidad de los suelos por medio de indicadores.....</i>	21
1.3.12. <i>Importancia de los indicadores.....</i>	22
1.3.13. <i>Condiciones que los indicadores de la calidad del suelo deben tener.....</i>	22
1.3.14. <i>Clases de indicadores de la calidad del suelo.....</i>	22
1.3.14.1. <i>Indicador visual.....</i>	22
1.3.14.2. <i>Indicador físico.....</i>	23
1.3.14.3. <i>Indicador químico.....</i>	24
1.3.14.4. <i>Indicador biológico.....</i>	24
1.3.15. <i>Influencia de los sistemas de producción en las propiedades químicas y físicas de los suelos</i>	25
1.3.16. <i>Disfunciones del sistema terrestre y problemas con el suelo.....</i>	27
1.3.17. <i>Suelo, vida y sociedad.....</i>	27

1.3.17.1.	<i>Vinculación del suelo en las actividades económicas</i> .....	27
1.3.17.2.	<i>Servicios ambientales que presta el recurso suelo</i> .....	28
1.3.18.	<i>Áreas protegidas</i> .....	28
1.3.19.	<i>Reserva ecológica</i> .....	29
1.3.20.	<i>Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP)</i> .....	30
1.3.20.1.	<i>Objetivos del SNAP</i> .....	31
1.3.20.2.	<i>Categorías de manejo de acuerdo al SNAP</i> .....	32
1.3.21.	<i>Áreas protegidas en el Ecuador de acuerdo al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)</i> .....	35
1.3.22.	<i>Reserva de Producción de Fauna Chimborazo</i> .....	49
1.3.22.1.	<i>Objetivos de la reserva</i> .....	49
1.3.23.	<i>Flora y fauna de Reserva de Producción de Fauna Chimborazo</i> .....	50
<b>CAPÍTULO II</b> .....		52
2.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	52
2.1.	Lugar de estudio.....	52
2.2.	Identificación de las actividades preponderantes dentro de la Reserva Faunística de Chimborazo. (Indicador visual) .....	52
2.3.	Muestreo e identificación de los puntos de muestreo .....	53
2.4.	Análisis de los parámetros físicos del suelo.....	53
2.4.1.	<b>Textura</b> .....	53
2.4.1.1.	<i>Procedimiento</i> .....	55
2.4.2.	<b>Infiltración</b> .....	57
2.4.3.	<b>Densidad aparente</b> .....	58
2.4.4.	<b>Humedad</b> .....	59
2.5.	Análisis de los parámetros químicos del suelo.....	60
2.5.1.	<b>Materia orgánica</b> .....	60
2.5.2.	<b>pH</b> .....	62
2.5.3.	<b>Conductividad eléctrica</b> .....	63
2.5.4.	<b>Fósforo soluble</b> .....	65
2.5.5.	<b>Nitrógeno total</b> .....	68
2.6.	Análisis de flora .....	71
2.6.1.	<b>Densidad de flora</b> .....	71
2.7.	Correlación de los parámetros edáficos mediante la evaluación de cada tipo conforme la actividad que se realiza en la Reserva Faunística de Chimborazo .....	74
<b>CAPÍTULO III</b> .....		75
3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	75
3.1.	<b>Ubicación política</b> .....	75



<b>3.2. Ubicación geográfica</b> .....	76
<b>3.3. Extensión y límites</b> .....	76
<b>3.4. Propuesta de índices de calidad de suelos</b> .....	77
<b>3.5. Análisis de los parámetros de calidad de suelo (físicos)</b> .....	87
3.5.1. <i>Textura</i> .....	87
3.5.2. <i>Infiltración</i> .....	88
3.5.3. <i>Densidad aparente</i> .....	92
3.5.4. <i>Humedad</i> .....	94
<b>3.6. Análisis de los parámetros de calidad de suelo (químicos)</b> .....	96
3.6.1. <i>Materia orgánica</i> .....	96
3.6.2. <i>pH</i> .....	98
3.6.3. <i>Conductividad eléctrica</i> .....	100
3.6.4. <i>Fósforo soluble</i> .....	102
3.6.5. <i>Nitrógeno total</i> .....	103
<b>3.7. Análisis de flora</b> .....	105
3.7.1. <i>Análisis de flora. Ruta Bosque Polylepis (Suelo no intervenido)</i> .....	106
3.7.2. <i>Análisis de flora. Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)</i> .....	110
<b>3.8. Correlación de los parámetros edáficos mediante la evaluación de cada tipo conforme la actividad que se realiza en la Reserva Faunística de Chimborazo</b> .....	120
<b>3.9. Propuesta de índice de calidad de suelos para la reserva de producción faunística de Chimborazo.</b> .....	124
3.9.1. <i>Aspectos Físicos</i> .....	124
3.9.2. <i>Flora y fauna de Reserva de Producción de Fauna Chimborazo</i> .....	125
3.9.3. <i>Aspectos socioeconómicos y culturales</i> .....	126
<b>3.10. Identificación de alternativas.</b> .....	127
3.10.1. <i>Matriz: Propuesta de índices de calidad de suelo aplicados a las rutas de la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo:</i> .....	127
3.10.2. <i>Estrategias para la conservación del suelo de la RPFCH.</i> .....	131
3.10.3. <i>Estrategias para la conservación de flora y fauna en la RPFCH.</i> .....	131
3.10.4. <i>Enfoque hacia la sostenibilidad económica.</i> .....	132
CONCLUSIONES.....	133
RECOMENDACIONES.....	134
BIBLIOGRAFÍA.....	135
ANEXOS.....	142

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Páginas</b>
<b>Tabla 1-1:</b> Grupos de suelos reconocidos en la Base referencial mundial del recurso suelo.....	13
<b>Tabla 2-1:</b> Indicadores físicos propuestos para monitorear los cambios que ocurren en el suelo .....	23
<b>Tabla 3-1:</b> Conjunto de indicadores químicos propuestos para monitorear los cambios que ocurren en el suelo .....	24
<b>Tabla 4-1:</b> Conjunto de indicadores biológicos propuestos para monitorear los cambios que ocurren en el suelo .....	25
<b>Tabla 5-1:</b> Servicios ambientales que presta el recurso suelo.....	28
<b>Tabla 6-1:</b> Categorías de manejo de acuerdo al SNAP .....	32
<b>Tabla 7-1:</b> Reservas/parques del Ecuador. Región costa .....	35
<b>Tabla 8-1:</b> Reservas/parques del Ecuador. Región sierra.....	40
<b>Tabla 9-1:</b> Reservas/parques del Ecuador. Región amazónica .....	45
<b>Tabla 10-1:</b> Reservas/parques del Ecuador. Región Insular .....	48
<b>Tabla 1-2:</b> Materiales y equipos utilizados para la textura del suelo .....	54
<b>Tabla 2-2:</b> Materiales y equipos utilizados para la densidad aparente.....	58
<b>Tabla 3-2:</b> Materiales y equipos utilizados para la humedad .....	59
<b>Tabla 4-2:</b> Materiales y equipos utilizados para la materia orgánica.....	60
<b>Tabla 5-2:</b> Materiales y reactivos utilizados para el pH.....	62
<b>Tabla 6-2:</b> Materiales y equipos utilizados para la conductividad eléctrica .....	63
<b>Tabla 7-2:</b> Criterios para evaluar la salinidad de un suelo de acuerdo a la conductividad .....	65
<b>Tabla 8-2:</b> Materiales y equipos utilizados para la prueba de fósforo soluble .....	66
<b>Tabla 9-2:</b> Materiales y equipos utilizados para la prueba de nitrógeno total.....	68
<b>Tabla 10-2:</b> Materiales y equipos utilizados para la densidad de la flora .....	72
<b>Tabla 1-3:</b> Parroquias vinculadas a la RPFCH.....	75
<b>Tabla 2-3:</b> Zona de protección absoluta .....	81
<b>Tabla 3-3:</b> Zona de uso público y turismo .....	82
<b>Tabla 4-3:</b> Zona de uso múltiple .....	83
<b>Tabla 5-3:</b> Zona de recuperación .....	85
<b>Tabla 6-3:</b> Zona de uso especial.....	86
<b>Tabla 7-3</b> Textura de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo.....	87

<b>Tabla 8-3:</b> Infiltración efectuada en las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo.....	89
<b>Tabla 9-3:</b> Velocidad de infiltración del agua en relación a la clase de infiltración .....	90
<b>Tabla 10-3:</b> Velocidad de infiltración (mm/h) de acuerdo al tipo de suelo.....	90
<b>Tabla 11-3:</b> Densidad aparente del suelo de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo.....	92
<b>Tabla 12-3:</b> Valores de referencia, con relación a la textura.....	93
<b>Tabla 13-3:</b> Valores críticos de densidad aparente en función de la textura.....	93
<b>Tabla 14-3:</b> Humedad del suelo de las muestras de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo.....	95
<b>Tabla 15-3:</b> Materia orgánica de las muestras de suelo de las 3 rutas de la RPFCH .....	96
<b>Tabla 16-3:</b> Clasificación de los suelos según el valor de materia orgánica.....	97
<b>Tabla 17-3:</b> pH de las muestras de suelo de las rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo.....	99
<b>Tabla 18-3:</b> Conductividad eléctrica del suelo de las muestras de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo.....	101
<b>Tabla 19-3:</b> Fósforo soluble de las muestras de suelo de las rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo.....	103
<b>Tabla 20-3:</b> Nitrógeno total de las muestras de suelo de las 3 rutas de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo.....	104
<b>Tabla 21-3:</b> Especies de flora muestreadas en la Ruta Bosque Polylepis (Suelo no intervenido).....	107
<b>Tabla 22-3:</b> Tabulación de las especies de flora encontradas en la Ruta Bosque Polylepis (Suelo no intervenido).....	109
<b>Tabla 23-3:</b> Especies de flora muestreadas en la Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola).....	111
<b>Tabla 24-3:</b> Tabulación de las especies de flora encontradas en la Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola).....	114
<b>Tabla 25-3:</b> Especies de flora encontradas en las 3 rutas.....	115
<b>Tabla 26-3:</b> Categoría especies de flora en los páramos.....	117
<b>Tabla 27-3:</b> Ecosistemas en la RPFCH.....	118
<b>Tabla 28-3:</b> Correlación de los parámetros edáficos mediante la evaluación de cada tipo conforme la actividad que se realiza en la Reserva Faunística de Chimborazo.....	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
<b>Figura 1-1:</b> Sistema del suelo .....	8
<b>Figura 2-1:</b> Formas de vida en el suelo fértil.....	9
<b>Figura 3-1:</b> Red alimentaria del suelo .....	10
<b>Figura 4.1:</b> Funciones del suelo.....	12
<b>Figura 5-1:</b> El suelo como regulador de sustancias .....	26
<b>Figura 6-1:</b> Sistema nacional de áreas protegidas .....	30
<b>Figura 7-1:</b> Reserva de Producción de Fauna Chimborazo .....	49
<b>Figura 1-2:</b> Triángulo de textura de suelos.....	54
<b>Figura 2-2:</b> Triángulo de textura del sistema de clasificación.....	57
<b>Figura 3-2:</b> Dimensiones del cuadrante de .....	73
<b>Figura 4-2:</b> Dimensiones de la malla.....	73
<b>Figura 1-3:</b> Mapa base de la RPFCH.....	76
<b>Figura 2-3:</b> Rutas de la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo.....	79
<b>Figura 3-3:</b> Zonas de la Reserva Faunística de Chimborazo .....	80

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Páginas</b>
<b>Grafico 1-3:</b> Velocidad de infiltración en las rutas de muestreo de la RPFCH.....	89
<b>Grafico 2-3:</b> Densidad aparente del suelo de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo .....	92
<b>Grafico 3-3:</b> Humedad del suelo de las muestras de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo.....	95
<b>Grafico 4-3:</b> Materia orgánica de las muestras de suelo de las 3 rutas de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo .....	97
<b>Grafico 5-3:</b> pH de las muestras de suelo de las rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo .....	99
<b>Grafico 6-3:</b> Conductividad eléctrica del suelo de las muestras de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo .....	101
<b>Grafico 7-3:</b> Fósforo soluble de las muestras de suelo de las rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo.....	102
<b>Grafico 8-3:</b> Nitrógeno total de las muestras de suelo de las 3 rutas de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo .....	104
<b>Grafico 9-3:</b> Especies de flora registradas en las rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo .....	115

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	<b>Páginas</b>
<b>Fotografía 1-2:</b> Metodología para la determinación de .....	145
<b>Fotografía 2-3:</b> Ruta primer refugio – Templo Machay – .....	145
<b>Fotografía 3-3:</b> Ruta Bosque Polylepis (Suelo no intervenido) .....	146
<b>Fotografía 4-3:</b> Ruta Centro de Información – Primer Refugio .....	146
<b>Fotografía 5-3:</b> Infiltración en el suelo.....	147

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** Análisis efectuados noviembre 2016

**ANEXO B:** Análisis efectuados junio 2016

**ANEXO C:** Análisis efectuados septiembre 2016

**ANEXO D:** Fotografías

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>RPFCH</b>	Reserva de Producción Faunística de Chimborazo
<b>MESMIS</b>	Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos
<b>MAE</b>	Ministerio del Ambiente del Ecuador
<b>FAO</b>	Food and Agricultura Organization
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>SNPA</b>	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
<b>UICN</b>	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
<b>MOS</b>	Materia Orgánica del Suelo
<b>PPMV</b>	Partes por Millón en Volumén
<b>M.S.N.M</b>	Metros Sobre el Nivel del Mar
<b>PLG</b>	Pulgadas
<b>Cm</b>	Centímetros
<b>UTM</b>	Universal Transverse Mercator
<b>PPM</b>	Partes por millón
<b>APHA</b>	Asociación Americana de la Salud Pública
<b>AWWA</b>	American Water Works Association
<b>WPCF 17ed</b>	“Methods Standard”
<b>PH</b>	Potencial de Hidrógeno
<b>Mn</b>	Manganeso
<b>Fe</b>	Hierro
<b>Ltrs</b>	Litros
<b>Lbs</b>	Libras
<b>P/V</b>	Relación peso-volumen
<b>TR</b>	Tiempos de retención
<b>TS</b>	Tiempos de Saturación
<b>TSS</b>	Tiempos de Sobresaturación
<b>P</b>	Densidad
<b>Fe</b>	Hierro
<b>K</b>	Potasio
<b>Mg</b>	Magnesio
<b>M.O</b>	Materia Orgánica



## RESUMEN

Se propuso índices de calidad de suelos; para el monitoreo edáfico en la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo. Se determinó el área de estudio mediante mapas de georreferenciación en donde se limitaron tres áreas importantes: para uso agrícola, áreas de recreación o de turismo y áreas de cuidado especial demarcadas como “No Intervenidas”. Se establecieron las rutas para cada una de las áreas con el propósito de abarcar la máxima extensión posible de la reserva; posteriormente se tomaron muestras de suelos con la técnica de muestreo aleatorio simple y se conformaron tres tipos, y se analizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se obtuvieron resultados de acuerdo a los parámetros analizados en los tres tipos de suelos, se estableció una relación entre la afectación que podría estar incidiendo la actividad con respecto a este recurso. Se evaluó y se correlacionó los parámetros de acuerdo a índices de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y se enmarcó una ponderación por cada parámetro y cada actividad realizando una evaluación cualitativa. Se obtuvieron parámetros como conductividad eléctrica y la materia orgánica, los cuales son los más afectados por la actividad turística. La textura del suelo de la ruta Primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico) fue arena franca, velocidad de infiltración fue de 0.13 mm/s o 468 cm/h, de la ruta Bosque Polylepis (Suelo no intervenido) fue arena franca y la velocidad de infiltración 0.25 mm/s o 900 cm/h, y la Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola) fue franco arenoso y la velocidad de infiltración 0.14 mm/s o 504 cm/h. Se concluye que la mayor incidencia de demanda es la actividad turística; seguida por la actividad agrícola en una ponderación de “extremadamente buena” a “buena”. Se recomienda para futuras investigaciones sobre estudios de desgaste de suelo, cuidado y preservación, ya que estos indicadores relativamente buenos se considerarían un estándar de calidad.

**PALABRAS CLAVE:** <BIOTECNOLOGÍA>, <MEDIO AMBIENTE>, < INDICADORES EDÁFICOS>, <ARENA FRANCA>, <CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA>, <RESERVA DE PRODUCCIÓN FAUNÍSTICA DE CHIMBORAZO (RPFCH)>

## SUMMARY

Soil quality indexes were proposed; for edaphic monitoring in the Reserve of Fauna Production of Chimborazo. The study area was determined by georeferencing maps where three important areas were limited: for agricultural use, recreation or tourism areas and special care areas marked as "Not Intervened". Routes were established for each of the areas in order to cover the maximum possible extent of the reserve; Soil samples were then taken with the simple random sampling technique and three types were formed and analyzed in the Soil Laboratory of Natural Resources Faculty of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, results were obtained according to the analyzed parameters in the three types of soils, a relation was established between the affectation that could be affecting the activity with respect to this resource. Parameters were evaluated and correlated according to United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) indexes and a weighting was framed for each parameter and each activity by a qualitative assessment. Parameters such as electrical conductivity and organic matter were obtained, which are the most affected by the tourist activity. Soil texture of the route First refuge - Machay Temple - Solitary Tree - Casa Condor (Land for tourism use) was open sand, infiltration velocity was 0.13 mm/s or 468 cm/h, from the route Polylepis Forest (unattended) was the open sand and velocity of infiltration 0.25 mm/s and 900 cm/h, and the Route Information Center - First Refuge Ruta Chorrera - Machay Temple (sandy soil) was sandy and infiltration rate 0.14 mm/s or 504 cm/h. It is concluded that the highest incidence of demand is the tourist activity; Followed by agricultural activity in a weighting of "extremely good" to "good". It is recommended for future research on studies of soil wear, care and preservation, as these relatively good indicators would be considered a quality standard.

KEYWORDS: <BIOTECHNOLOGY>, <ENVIRONMENTAL>, <EDAPHIC INDICATORS>, <SIGNED ARENA>, <ELECTRICAL CONDUCTIVITY>, <CHIMBORAZO FAUNISTIC PRODUCTION RESERVE (RPFCH)>

## **INTRODUCCIÓN**

### **Situación Problemática**

En la actualidad los manejadores de recursos, investigadores, científicos y tomadores de decisiones, al considerar estrategias para alcanzar la preservación y conservación de un Ecosistema se enfrentan con la necesidad de contar siempre con un nuevo marco de análisis que incluyan indicadores capaces de aportar información integral y sistemática, sobre cómo evolucionan las propiedades del suelo cuando éste se somete a diferentes condiciones de manejo; sin embargo muy frecuentemente los indicadores edáficos que se utilizan están poco integrados entre sí, tomando en cuenta solo propiedades extrínsecas; sin determinar una capacidad productiva y de amortiguador ambiental ya que evalúan de manera aislada procesos edafológicos.

### **Formulación del Problema**

Este trabajo de investigación busca la adecuación de indicadores de sustentabilidad para el cuidado y preservación de ecosistemas de suelos alto-andinos en Reservas de Producción Faunística de acuerdo al manejo empleado en el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales “MESMIS” a escala local (unidad, productividad y comunidad) en el contexto de única y exclusivamente el recurso suelo a través de análisis acorde a parámetros que identifiquen el desgaste y deterioro amenazante hacia una posible erosión, enfocándose en las actividades que se llevan a cabo en esta zona como son: actividades agrícolas y actividades turísticas siendo éstas las más resaltantes, determinando de esta manera la actividad afecta de sobremanera en el desgaste del suelo en la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo

## **Justificación**

La presente investigación propone fundamentar la importancia del concepto de calidad de suelos; brindando una definición del concepto en el contexto de la preservación y cuidado de Ecosistemas de Producción de Fauna; aportando y evaluando herramientas para su medición; así como para mejorar su aplicabilidad. Para esto último se propone derivar indicadores de calidad de suelos con referencia a tres atributos fundamentales de los sistemas de manejo agrícola: productividad, estabilidad y resiliencia; considerando que la Reserva presta condiciones a comunidades indígenas para labores agrícolas y de pastoreo; como también para la actividad turística.

Se propone un marco para la derivación de indicadores de calidad de suelos que parte del concepto de calidad de acuerdo al manejo, cuidado y aplicabilidad en la preservación de un determinado ecosistema; obteniendo de esta forma un marco conciso y coherente para la medición de calidad de suelos evitando caer en listas interminables de indicadores de acuerdo al tipo de ecosistema; lugar y clima de la Región estudiada. La evaluación de la calidad de suelos es indispensable para determinar si el sistema de manejo empleado en un ecosistema para su preservación y conservación es sustentable tanto en el corto, como en el mediano y largo plazo.

Tomando en cuenta que la utilización y aplicación de este concepto es un proceso todavía en desarrollo, la temática y propuesta de esta investigación es ante todo una aproximación estimada de un índice de calidad general; basado en análisis físicos, químicos y biológicos; más que un intento de dar una visión definitiva sobre la noción de calidad de suelos y su puesta en práctica.

Los resultados de este estudio pudieran integrar e interconectar los componentes y procesos biológicos, químicos y físicos de un suelo dentro de un determinado paisaje; evitando las largas listas de indicadores, muchas veces seleccionadas de forma sesgada ayudando a aumentar el nivel y cuidado de la zona como también brindar a la población humana circundante técnicas de buen uso de sus recursos naturales.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo general**

Proponer índices de calidad de suelos; para el monitoreo edáfico en la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo

### **Objetivos específicos**

- 1.** Identificar las actividades preponderantes dentro de la Reserva Faunística de Chimborazo.
- 2.** Analizar parámetros físicos, químicos y biológicos-biota del suelo; considerando puntos críticos en la cual se propondrá medidas para la preservación y cuidado.
- 3.** Correlacionar los parámetros edáficos; evaluando cada tipo conforme a la actividad que se viene realizando en la Reserva Faunística de Chimborazo.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes de la investigación

En la Constitución de la República del Ecuador del 2008, en el Artículo 14 se determina el derecho que tiene la población de vivir en un ambiente saludable y equitativo en términos ecológicos, asegurando el *sumak kawsay*, teniendo en cuenta la conservación de ecosistemas, su biodiversidad, la prevención de daños ambientales y la recuperación ante una posible degradación. En el Artículo 15 el Estado promueve en el sector público y privado el uso de tecnologías limpias, de energías no contaminantes y de bajo impacto, prohibiéndose el desarrollo, comercialización y uso de armas químicas, biológicas, nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos prohibidos, tecnologías nocivas al ambiente y organismos modificados genéticamente que afecten la salud humana, la soberanía alimentaria o los ecosistemas. En el Artículo 57 en su sección 6 se da a conocer la participación de las comunidades indígenas en el uso, administración y conservación de los recursos renovables, en la sección 7 la explotación de recursos no renovables se realizarán mediante consulta previa, libre e informada en un plazo razonable, en la sección 8 la conservación y manejo de ecosistemas y su biodiversidad se efectuará mediante la ejecución de programas con la participación conjunta del Estado y la comunidad. En el Artículo 74 las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tienen el derecho a beneficiarse de los servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas, siempre y cuando no sean susceptibles de apropiación. (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pp. 14-32)

En los últimos años ha surgido una gran cantidad de literatura sobre el concepto de calidad de suelos (Papendick & Parr, 1992; Doran, et al.,1994; Karlen, et al.,1997), las formas de medición y utilización de indicadores de calidad de suelos (Arshad & Coen, 1992; Doran & Jones, 1996; Hartemik, 1998; Etcheveres, 1999), discusiones y ensayos sobre la dimensión del concepto y su relación con la agricultura (Larson & Pierce, 1991; Parr, et al., 1992; Warkentin, 1995). En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo han realizado estudios del hábitat y costumbres de la fauna

introducida en la reserva de Producción Faunística (Albán M, 2009) estimando una aproximación de la cantidad de especies de fauna correspondiente a la cantidad de pasto asociado; proponiendo un consumo selectivo; determinando que la participación comunitaria debe ser un cimiento fundamental para el éxito del manejo de especies, ya que cuando el trabajo es voluntario la falta de éxito y el desinterés se haría evidente. De igual manera, se han elaborado estudios de impacto ambiental de la zona de la reserva correspondiente a la actividad turística (Cuadrado M, 2013) mencionan que las actividades turísticas (caminatas, observación de flora y fauna, recorrido en canoas, pesca recreativa, y natación), han generado la aparición de impactos negativos en la naturaleza; concluyendo que el recorrido por los senderos es la actividad que mayor impacto produce, especialmente en el factor suelo, originando la aparición de erosión, anegamiento, caminos alternativos, ensanchamientos de senderos, apareamiento de raíces, perturbación de fauna y daño en la vegetación. (Cuadrado M, 2013)

Otros autores han introducido el concepto de índices de salud del suelo” el cual se emplea para caracterizar la capacidad de este para producir de una manera sustentable cultivos sanos y nutritivos (Larson & pierce, 1991; Habernen, 1992). En este sentido, en los últimos años varios autores han coincidido en desarrollar un enfoque que resalta el papel del suelo como un componente crítico de la biosfera, concibiendo al suelo no sólo como la base para la producción de alimento y fibras, sino también, como un elemento clave para el mantenimiento de la calidad ambiental a nivel local, regional y global, lo cual lleva implícito la obtención de mejores condiciones para los consumidores y para la actividad turística (Doran et al., 1994)

Un Ecosistema sustentable debería ser capaz de mantener su productividad en condiciones de estrés; promover la calidad del medio ambiente y los recursos base de los cuales depende la agricultura, proveer las fibras y alimentos necesarios para el ser humano; ser económicamente viable y mejorar la calidad de vida de los agricultores y de la sociedad en su conjunto (Conway, 1994; FAO, 1994).

## **1.2. Marco filosófico o epistemológico de la investigación**

Con sustento en el régimen del Buen Vivir, Título VII, Sumak Kawsay que recoge una visión del mundo centrada en el ser humano, como parte de un entorno natural y social y dentro de esta

son de interés además el artículo 413, 414, y 415 haciendo referencia a iniciativas investigas que promuevan y precautelen valores y conocimientos para fomentar el desarrollo del país. De acuerdo a las políticas y lineamientos del plan nacional del buen vivir 2013-2017 son de interés los objetivos 7, 10 y 11 con sus respectivos literales.

Reserva de la biósfera, en 1971 la UNESCO inició el proyecto “el hombre y la biósfera”, siendo su objetivo prioritario el desarrollo sostenible. En este proyecto se escogerían zonas geográficas representativas de los distintos hábitats de la Tierra (ecosistemas terrestres, marítimos), las cuales fueron denominadas reservas de la biósfera. (Ministerio del Ambiente del Ecuador; 2013 pp. 20)

El Convenio de Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, firmado en Río de Janeiro en 1992, constituye el primer acuerdo global en el que se trata varios aspectos relacionados a la diversidad biológica.

El Reglamento Especial de Turismo en Áreas Naturales Protegidas en el Ecuador Decreto Ejecutivo No. 3045. RO/ 656 del 5 de Septiembre del 2002, en su Artículo 12 establece que las actividades turísticas en Áreas Naturales Protegidas priorizarán el desarrollo del turismo nacional, la investigación científica, la educación, la interpretación ambiental, la planificación, la ejecución y control, la gestión de proyectos, la recuperación de área alteradas, la capacitación, el acceso a información veraz y oportuna, la difusión, la participación de las comunidades y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (Reglamento Especial de Turismo en Áreas Naturales Protegidas, 2002, pp. 4)

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente del Ecuador, marzo del 2003 en el Artículo 7 se da a conocer la visión del Texto la cual es hacer del Ecuador un país que conserva y usa sustentablemente su biodiversidad, mantiene y mejora su calidad ambiental, promueve el desarrollo sustentable y la justicia social y reconoce al agua, suelo y aire como recursos naturales estratégicos. En el Artículo 176 se prohíbe el ingreso a las Áreas Naturales del Estado portando armas, explosivos, tóxicos, contaminantes, especies vegetales, material vegetativo, especies animales y en general todo lo afecte la integridad del área. (Ministerio del Ambiente del Ecuador; 2013, p. 34)



Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre en el Ecuador del 10 de septiembre del 2004, el Artículo 13 trata la importancia de la forestación y reforestación de las tierras públicas o privadas y se prohíbe su uso para otros fines. El Artículo 69 establece que la planificación, manejo, desarrollo, administración, protección y control del patrimonio de áreas naturales del Estado, estará a cargo del Ministerio del Ambiente. En el Artículo 84 se imponen multas a quien ingrese sin la debida autorización al patrimonio de áreas naturales del Estado, o efectúe actividades contraviniendo las disposiciones reglamentarias pertinentes, la sanción será con multa equivalente de uno a tres salarios mínimos vitales generales, igualmente en el Artículo 85 la misma multa para actividades de captura o recolección de especies zoológicas y muestras botánicas en el patrimonio de áreas naturales del Estado, sin previa autorización. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013, p. 42)

Ley de Gestión Ambiental del Ecuador del 10 de septiembre del 2004, el Artículo 20 determina que para ejercer cualquier actividad que genere riesgo ambiental se deberá disponer con la licencia concerniente, concedida por el Ministerio del ramo. En el Artículo 35 el Estado impartirá incentivos económicos para aquellas actividades productivas que se enmarquen en la protección ambiental y el manejo sustentable de los recursos. (Ministerio del Ambiente del Ecuador; 2013, p. 32)

### **1.3. Bases teóricas**

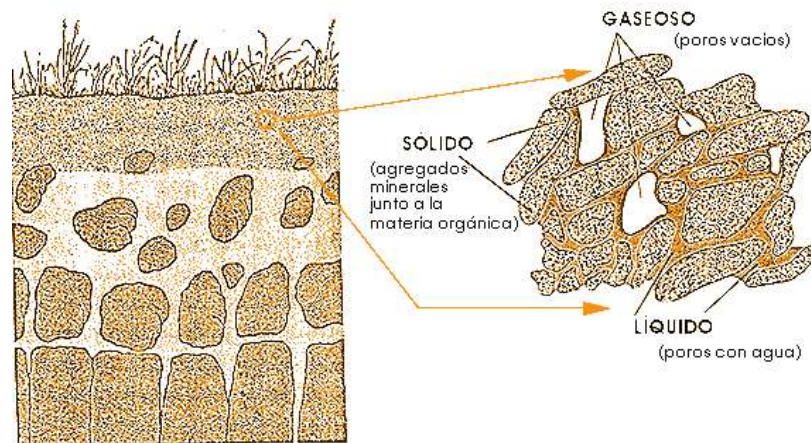
#### ***1.3.1. El suelo***

Considerado como uno de los recursos naturales más indispensables del planeta tierra es una acumulación de partículas inorgánicas, minerales o de materia orgánica en forma de depósito que pueden separarse por medio de una acción mecánica sencilla e incluye cantidades variables de agua, aire y a veces otros gases. (Instituto de Nacional Ecuatoriano de Normalización, 2014)

De acuerdo con Atlas, y col., 2001, consideran al suelo como "un sistema estructurado, complejo y discontinuo, irremplazable y elemental, formado de una mezcla de minerales, materia orgánica y nutrientes que contribuyen al desarrollo de plantas, microorganismos y organismos".

### 1.3.2. Sistema del suelo

El sistema suelo hace referencia a la constitución de las fases: sólida, líquida y gaseosa, siendo la dominante la sólida que consiste en partículas de diversos tamaños rodeadas por agua y gases. Generalmente los componentes del sistema suelo son: materia inorgánica (45%), agua (20-30%), aire (20-30%) y materia orgánica (5%). (Turrialba, 2006)



**Figura 1-1:** Sistema del suelo

Fuente: (Edafología, 2015)

### 1.3.3. Importancia del suelo

La importancia de este recurso radica en sus funciones:

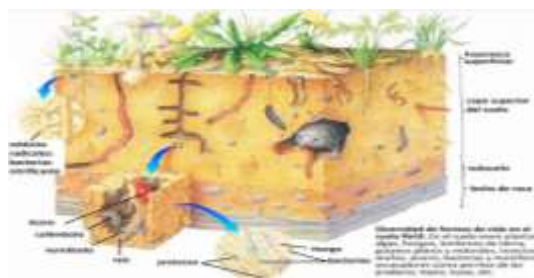
- Es la capa comprendida entre la corteza terrestre y la atmósfera implicando la interacción de la corteza y la atmosfera con el reciclado de agua, energía, gases y nutrientes. (Rocha Vargas, et al., 2012, pp-418-419)
- Las funciones ambientales que proporciona este recurso son: almacenamiento de nutrientes, alimento para las plantas, contener materia orgánica que proviene de restos animales y vegetales, es el hábitat de diversos organismos transformadores de materia orgánica, entre otros. (Silva Arroyave, et al., 2009, pp. 15)

- Suministra agua, nutrientes y anclaje a las plantas y oxígeno a las raíces. (Rocha Vargas, et al., 2012, pp-418-419)
- Es de vital importancia para la explotación forestal y agropecuaria. La generación alimentaria depende en un mayor porcentaje al uso de los suelos. (Martin, et al., 2006)
- Actividades antropogénicas como la agrícola (producción de alimentos, fibra, madera, etc.) o no agrícola (centros urbanos, carreteras, etc.) (Plaster, 2000)

#### **1.3.4. Componente vivo del suelo**

En la Red Trófica del Suelo, las plantas son el componente principal debido a que proporcionan energía y nutrientes a la vida que se encuentra a sus alrededores, y a su vez los microorganismos que viven en armonía le proveen nutrientes, protección contra enfermedades y plagas, y contribuyen a mantener la estructura necesaria para que exista suficiente aire y retención de agua para las raíces de la planta. (Vargas, et al. 2011)

El componente vivo de la MO comprende varios grupos de organismos, incluyendo las bacterias, virus, hongos, protozoarios, pequeños y medianos artrópodos, lombrices, nematodos, siendo algunos de estos organismos fitoparásitos. (Magdoff, 1995)

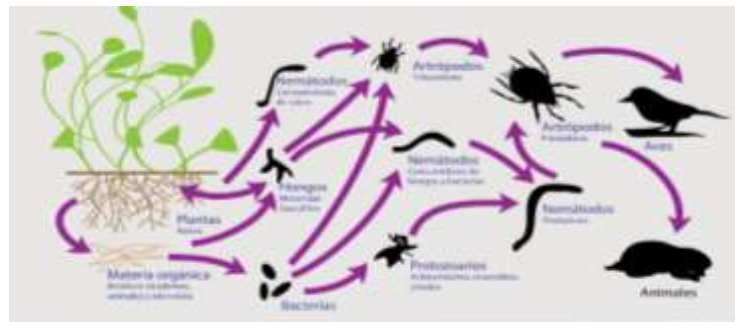


**Figura 2-1: Formas de vida en el suelo fértil**

**Fuente:** (Vargas, et al. 2011)

Las fuentes alimenticias y los hábitos de consumo crean una interdependencia entre los organismos del suelo en los diferentes niveles de la cadena trófica teniendo (Magdoff, 1995):

- **Consumidores primarios.-** Constituyen los primeros organismos que utilizan los residuos orgánicos como fuente de energía (bacterias, hongos, nematodos y algunas lombrices). (Magdoff, 1995)
- **Consumidores secundarios.-** Son aquellos que se alimentan de los consumidores primarios, en este grupo se encuentran nematodos, protozoarios, colémbolos y ácaros, los cuales son conocidos como depredadores de bacterias y hongos. (Habte, et al., 1978)
- **Consumidores terciarios.-** En este grupo están las hormigas, escarabajos, cien pies, pseudoescorpiones, entre otros. La alimentación constituye otros microorganismos del suelo. (Turrialba, 2006)



**Figura 3-1:** Red alimentaria del suelo

**Fuente:** (Turrialba, 2006)

### **1.3.5. Microorganismos en el suelo**

Los microorganismos se relacionan con la conversión y degradación de materiales de desechos y compuestos orgánicos sintéticos. (Torstensson, et al., 1998). Dentro del componente biológico los microorganismos son indispensables para un buen funcionamiento ecosistémico debido a que

ejecutan alrededor del 80 % al 90 % de las funciones edáficas más importantes (productiva, filtrante y degradativa). (Silva, et al., 2011) Los organismos cumplen un papel de vital importancia en el ciclaje de nutrientes, flujo de energía, proporcionan información de los factores ecológicos como diversidad de plantas, tipo de cobertura vegetal, ingresos de materia orgánica y cambios de clima, además información del impacto de prácticas agrícolas y ganaderas como: labranza, sobrepastoreo, quema de vegetación y el uso excesivo de fertilizantes orgánicos e inorgánicos. (Van der Heijden, et al., 2008). Igualmente, los microorganismos ayudan a la formación y al mantenimiento de la estructura edáfica por medio de la generación de polisacáridos extracelulares y otros restos celulares originados de los microorganismos, además de afectar propiedades como la tasa de infiltración, capacidad de almacenamiento de agua, formación de costras y la susceptibilidad a la compactación. La biomasa microbiana, las enzimas del suelo y la respiración basal son los parámetros biológicos más importantes, comprobando que son herramientas trascendentales en el monitoreo de la calidad edáfica. (Vallejo Quintero, 2013, pp-93-94)

#### ***1.3.6. Calidad del suelo***

Medida de la capacidad del suelo para funcionar apropiadamente en función con un uso determinado. (García, et al., 2012, p. 129).

Capacidad natural del suelo de efectuar funciones: ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales. Es el estado del suelo en función de sus características físicas, químicas y biológicas que le conceden una capacidad de sustentar un potencial ecosistema natural y antropogénico. (Ministerio del Ambiente del Perú, 2014)

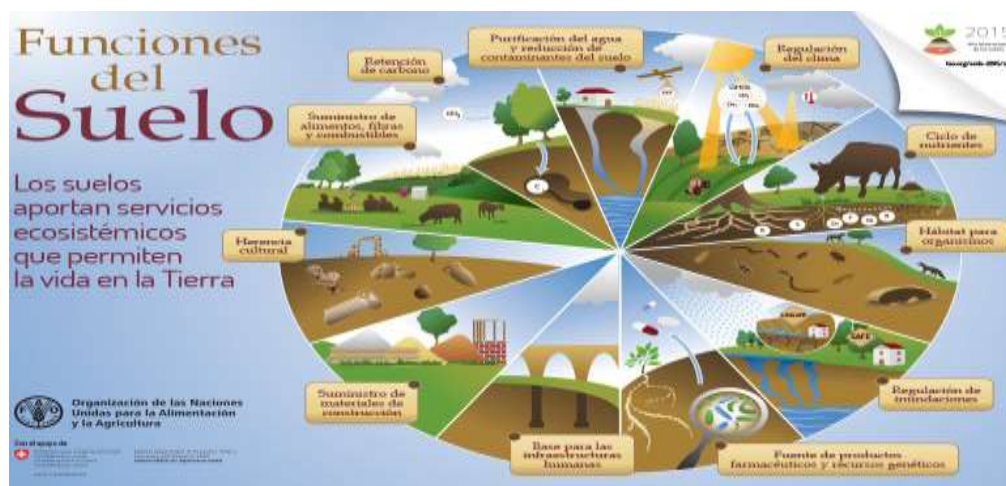
#### ***1.3.7. Calidad del suelo en el manejo sostenible***

Es la capacidad que tiene el suelo para funcionar en un ecosistema natural o manejo por el hombre, asociado a la productividad vegetal o animal siempre y cuando se tenga en cuenta el control de la calidad ambiental y soportando la habitabilidad y salud del hombre. (Vallejo Quintero, 2013)

### 1.3.8. Funciones del suelo

Cada función del suelo es el resultado de la interacción de las varias propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales pueden ser utilizadas como indicadores de calidad, teniendo en cuenta que siempre deben ser medidas de manera cualitativa o cuantitativa y faciliten un fundamento del funcionamiento del suelo. (Navarrete, et al., 2011)

Entre las funciones del suelo de mayor relevancia se tiene que es el sustrato primordial para el crecimiento de plantas, es un filtro ambiental efectivo, mitiga los contaminantes ambientales y patógenos, beneficia a la salud de animales, plantas y seres humanos, promueve el ciclo de nutrientes y mantiene las condiciones edáficas adecuadas para el desarrollo de la actividad biológica. (Jamioy Orozco, 2011)



**Figura 4.1:** Funciones del suelo

**Fuente:** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2015)

### 1.3.9. Grupo de suelos

De acuerdo a los Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos - Base referencial mundial del recurso suelo, en el capítulo 4: Descripción, distribución, uso y manejo de Grupos de Suelos de Referencia se establecen los siguientes grupos de suelos, tal como se observa en la tabla 1-1

**Tabla 1-1:** Grupos de suelos reconocidos en la Base referencial mundial del recurso suelo

<b>Suelo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Distribución</b>
<b>Acrisoles</b>	Poseen una alta concentración de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como consecuencia de procesos pedogenéticos (principalmente migración de arcilla) que llevan a un horizonte árgico en el subsuelo.	Zonas tropicales húmedas, templado cálidas y subtropicales húmedas, con mayor cantidad en el Sudeste Asiático, las franjas al sur de la Cuenca Amazónica, el sudeste de los Estados Unidos de Norteamérica, y este y oeste de África. Hay alrededor de 1000 millones de ha de Acrisoles a nivel mundial.
<b>Albeluvisoles</b>	Iniciando a un 1 m de la superficie del suelo poseen un horizonte de iluviación de arcilla.	Cubren 320 millones de ha aproximadas en Europa, norte y centro de Asia y en menor cantidad en América del Norte.
<b>Alisoles</b>	Contienen una mayor proporción de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial consecuencia de procesos pedogenéticos (migración de arcillas) transportando a un horizonte subsuperficial árgico.	América Latina (Brasil, Colombia, Ecuador, Nicaragua, Perú y Venezuela), en las Indias Occidentales (Jamaica, Martinica y Santa Lucía), en África Occidental, en las tierras altas de África Oriental, Madagascar, y el Sudeste Asiático y norte de Australia se estima que alrededor de 100 millones de estos suelos se usan para agricultura en los trópicos.
<b>Andosoles</b>	Adaptan a los suelos que se originan en eyecciones o vidrios volcánicos a cualquier clima (excepto bajo condiciones climáticas hiperáridas).	Se originan en regiones volcánicas en todo la tierra, altas concentraciones alrededor del borde del Pacífico: costa oeste de Sudamérica, en América Central, México, Estados Unidos de Norteamérica, Japón, el Archipiélago de Filipinas, Indonesia, Papua Nueva Guinea, y Nueva Zelandia. En África se localizan a lo largo del Gran Valle del Rift, en Kenia, Ruanda y Etiopía y en Madagascar. En Europa en Italia, Francia, Islandia y Alemania. La extensión total de Andosol se aproxima en unos 110 millones menos del 1

---

% de la superficie de la Tierra.

---

<b>Antrosoles</b>	Suelos que han sido profundamente alterados debido a las actividades antropogénicas como labranza, riego, adiciones de materiales orgánicos o desechos hogareños.	Se localizan donde el hombre haya efectuado la agricultura durante un largo periodo de tiempo. Los Antrosoles con horizonte plágico se encuentran en el noroeste de Europa. Los Antrosoles con horizonte irrágrico en áreas de riego en regiones secas como por ejemplo en Mesopotamia. Los Antrosoles con un horizonte antrácuico ocupan vastas áreas en China y en partes de Sur y Sudeste de Asia (Viet Nam, Sri Lanka, Tailandia e Indonesia). Los Antrosoles con horizonte hórtico en todo el planeta donde los humanos hayan fertilizado el suelo con desechos hogareños y abonos.
<b>Arenosoles</b>	Constituyen suelos arenosos.	Cubren alrededor de 1300 millones de ha, o 10 % de la superficie del planeta. Se localizan en el plateau Centro Africano entre el ecuador y 30 °S. Estas Arenas de Kalahari forman el mayor cuerpo de arenas en la Tierra. Otras áreas de Arenosoles están en la región de Sahel de África, varias partes del Sahara, Australia central y occidental, El Cercano Este, y China.
<b>Calcisoles</b>	Se encuentran muy extendidos en ambientes áridos y semiáridos, con frecuencia asociados con materiales parentales altamente calcáreos.	La extensión total de Calcisoles puede alcanzar 1000 millones de ha, casi toda en el área subtropical árida y semiárida de ambos hemisferio.
<b>Cambisoles</b>	Combinan suelos con formación de por lo menos un horizonte subsuperficial incipiente.	Se extienden en un área estimada de 1500 millones de ha en todo el mundo. Se encuentra bien representado en regiones templadas y boreales. También se originan en regiones secas pero son menos comunes en los trópicos y subtropical húmedos. Las planicies aluviales jóvenes y terrazas del sistema Ganges–Brahmaputra son la mayor extensión



		continua de Cambisoles en los trópicos.
<b>Chernozems</b>	Acomodan suelos con una capa superficial gruesa, negra y rica en materia orgánica.	Poseen un área aproximada de 230 millones de ha en todo el planeta, especialmente en las estepas de latitud media de Eurasia y Norteamérica.
<b>Criosoles</b>	Suelos minerales originados en un ambiente de permafrost.	Cubren una extensión aproximada de 1800 millones de ha, o el 13 % de la superficie de la Tierra. Los Criosoles ocurren en las regiones de permafrost del Ártico, y se encuentran muy extendidos en la zona subártica, discontinuos en la zona boreal, y esporádicos en regiones montañosas más templadas. Las principales áreas con Criosoles se localizan en la Federación Rusa (1000 millones de ha), Canadá (250 millones de ha), China (190 millones de ha), Alaska (110 millones de ha), y en partes de Mongolia. Menores ocurrencias en el norte de Europa, Groenlandia y en las áreas libres de hielo en la Antártida.
<b>Durisoles</b>	Se encuentran asociados con superficies antiguas en ambientes áridos y semiáridos.	Extensas áreas en Australia, Sudáfrica y Namibia, y en los Estados Unidos de Norteamérica (Nevada, California y Arizona); ocurrencias menores en América Central y Sudamérica y en Kuwait. Estos suelos han sido introducidos recientemente en la clasificación de suelos internacional y con frecuencia no han sido mapeados. Todavía no se tiene disponible una apreciación precisa de su extensión.
<b>Ferralsoles</b>	Suelos clásicos, a grandes profundidades meteorizadas, rojos o amarillos de los trópicos húmedos.	Su extensión mundial se estima en unas 750 millones de ha, casi exclusivamente en los trópicos húmedos en los escudos continentales de Sudamérica (Brasil) y África.
<b>Fluvisoles</b>	El nombre Fluvisoles puede ser confuso en el sentido de que estos suelos no están confinados sólo a los sedimentos de ríos;	Se encuentran en todos los continentes y en todos los climas. Con 350 millones de ha a nivel mundial, de las cuales más de la mitad se localizan en los trópicos. Las principales concentraciones de Fluvisoles están a lo largo de ríos y lagos: cuenca del Amazonas, la

	también ocurren en depósitos lacustres y marinos.	palnicie del Ganges en India, las planicies próximas al lago Chad en África Central, y en las marismas de Paraguay, Brasil y norte de Argentina. En áreas deltaicas: los deltas del Ganges–Brahmaputra, Mekong, Indo, Misisipi, Nilo, Niger, Orinoco, de la Plata, Po, Rin y Zambezi. En áreas de depósitos marinos recientes: tierras bajas costeras de Kalimantan, Sumatra, e Irian (Indonesia y Papua Nueva Guinea). Se hallan en extensiones principales de Fluvisoles con horizonte tiónico o material sulfuroso en las tierras bajas costeras del Sudeste Asiático (Viet Nam, Indonesia y Tailandia), África Occidental (Senegal, Gambia, Guinea Bissau, Sierra Leona y Liberia) y a lo largo de la costa noreste de Sudamérica (Surinam, Guayana Francesa, Guyana y Venezuela).
<b>Gleysoles</b>	Son suelos de humedales.	Cuentan con una extensión estimada de 720 millones de ha en todo el planeta. La mayor extensión de este suelo está en áreas subárticas en el norte de la Federación Rusa (Siberia), Canadá y Alaska, y en tierras bajas húmedas templadas y subtropicales en China y Bangladesh.
<b>Gipsisoles</b>	Suelos con una acumulación secundaria sustancial de yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Se localizan en la parte más seca de la zona de clima árido. La Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos denomina a la mayoría de ellos como Gipsides.	Son exclusivos de regiones áridas, su área mundial es aproximadamente de 100 millones de ha. Las principales ocurrencias se localizan alrededor de la Mesopotamia, en áreas desérticas del Cercano Oriente y repúblicas adyacentes de Asia Central, en los desiertos de Libia y Namibia, en el sudeste y centro de Australia y en el sudoeste de los Estados Unidos de Norteamérica.
<b>Histosoles</b>	Suelos originados en material orgánico. Los Histosoles se localizan en todas las altitudes, pero la mayor ocurrencia está en tierras bajas.	Su extensión a nivel mundial es aproximadamente de 325–375 millones de ha, la mayoría localizadas en las regiones boreal, subártica y ártica inferior del Hemisferio Norte. La mayor parte del resto de los Histosoles se encuentran en tierras bajas

		templadas y áreas montañosas frescas; sólo un décimo de todos los Histosoles se encuentran en los trópicos. Existen áreas extensas de estos suelos en Estados Unidos de Norteamérica y Canadá, Europa Occidental.
<b>Kastanozems</b>	Tienen un perfil similar al de los Chernozems pero el horizonte superficial rico en humus tiene menor espesor y no tan oscuro como el de los Chernozems y presentan acumulaciones de carbonatos secundarios más prominentes.	Su extensión total es de aproximadamente 465 millones de ha. Las principales áreas están en la franja de estepa de pastos cortos de Eurasia (Kazajstán y Mongolia, sur de Ucrania y sur de la Federación Rusa), en las Grandes Planicies de Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y México, y en la Pampa y región de Chaco del norte de Argentina, Paraguay y sur de Bolivia.
<b>Leptosoles</b>	Son suelos azonales y particularmente comunes en regiones montañosas.	Se extienden alrededor de 1655 millones de ha. Se localizan desde los trópicos hasta la tundra fría polar y desde el nivel del mar hasta las montañas más altas. Estos suelos están particularmente extendidos en áreas de montaña, especialmente en Asia y Sudamérica, en los desiertos de Sahara y Arabia, la Península Ungava del norte de Canadá y en las montañas de Alaska.
<b>Lixisoles</b>	Suelos que presentan una alta concentración de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (migración de arcilla) llevando a un horizonte árgico en el subsuelo.	Presentes en regiones estacionalmente secas tropicales, subtropicales y templado cálidas sobre superficies del Pleistoceno o más antiguas. Con un área estimada de 435 millones de ha, de las cuales más de la mitad ocurren en África subSaheliana y del Este, alrededor de un cuarto en América del Sur y Central, y el resto en el subcontinente Indio y en el Sudeste Asiático y Australia.
<b>Luvisoles</b>	Suelos que tienen un alto contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos	Con aproximadamente 500–600 millones de ha a nivel mundial, especialmente en regiones templadas como el este y centro de la Federación Rusa, Europa Central y Estados Unidos de Norteamérica, pero también en la región Mediterránea y sur de

	(migración de arcilla) que lleva a un horizonte subsuperficial árgico.	Australia.
<b>Nitisoles</b>	Rojos suelos, tropicales profundos, con excelente drenaje, con indeterminados límites entre horizontes y un horizonte subsuperficial con por lo menos 30 % de arcilla.	Existen unos 200 millones de ha en toda la tierra. Más de la mitad de estos suelos se localizan en África tropical, notablemente en las tierras altas (> 1000 m) de Etiopía, Kenya, Congo y Camerún. En otras partes, estos suelos están bien representados en latitudes más inferiores: Asia tropical, Sudeste de África, Australia, Sudamérica.
<b>Phaeozems</b>	Acomodan suelos de pastizales relativamente húmedos y regiones forestales en clima moderadamente continental. Estos suelos pueden o no tener carbonatos secundarios pero tienen alta saturación con bases en el metro superior del suelo.	Cuentan con una área aproximada de 190 millones de ha en todo el mundo. 70 millones de ha de este suelo se localizan en las tierras bajas centrales y este de las Grandes Planicies de Estados Unidos de Norteamérica. Otros 50 millones de ha en las pampas subtropicales de Argentina y Uruguay. La tercera gran extensión (18 millones ha) en el noreste de China, seguida por extensas áreas en el centro de la Federación Rusa.
<b>Planosoles</b>	Suelos con un horizonte superficial de color claro en los que se evidencia signos de estancamiento de agua periódico.	La extensión más notable en el mundo está en regiones subtropicales y templadas con una alternancia clara de estación seca y húmeda: en América Latina (sur de Brasil, Paraguay y Argentina), África (zona de Sahel, Este y sur de África), el este de Estados Unidos de Norteamérica, Sudeste Asiático (Bangladesh y Tailandia), y Australia. Su área total estimada en unos 130 millones de ha.
<b>Plintosoles</b>	Suelos con plintita, petro plintita o pisolitos.	Extensión global de unas 60 millones de aproximadamente. La plintita blanda es muy común en los trópicos húmedos, especialmente en el este de la cuenca del Amazonas, la cuenca central de Congo y partes del Sudeste Asiático. Áreas extensas con pisolitos y petroplintita se localizan en la zona de Sudán-Sahel.
<b>Podzoles</b>	Estos suelos se encuentran en áreas húmedas	Con un área estimada de 485 millones de ha a nivel mundial, principalmente en las

	en las zonas boreal o templada y localmente también en los trópicos.	regiones templada y boreal del hemisferio Norte. Se localizan en Escandinavia, el noroeste de la Federación Rusa, y Canadá. Los Podzoles tropicales ocurren en menos de 10 millones de ha especialmente en areniscas residuales meteorizadas en regiones per-húmedas y en arenas aluviales cuarzosas.
<b>Regosoles</b>	Están extendidos en tierras erosionadas, particularmente en áreas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos.	Tienen una extensión mundial aproximada de 260 millones de ha, principalmente en áreas áridas en el centro oeste de Estados Unidos de Norteamérica, norte de África, el Cercano Oriente y Australia. Unos 50 millones ocurren en el trópico seco.
<b>Solonchaks</b>	Suelos que tienen alta concentración de sales solubles en algún momento del año.	La extensión total de los Solonchaks en el mundo se estima en unas 260 millones ha. Los Solonchaks están más extendidos en el Hemisferio Norte, notablemente en las partes áridas y semiáridas del norte de África, el Cercano Oriente, la antigua Unión Soviética y Asia Central; también extendidos en Australia y las Américas.
<b>Solonetz</b>	Suelos con un horizonte subsuperficial arcilloso, denso, fuertemente estructurado, con una concentración alta de iones Na y/o Mg adsorbidos.	A nivel mundial se estima que cubren más de unas 135 millones de ha. Ocurren predominantemente en áreas con clima de estepa (veranos secos y lluvia anual de no más de 400–500 mm), en particular en tierras planas con drenaje vertical y lateral impedido. Ocurrencias menores se encuentran en materiales parentales inherentemente salinos (arcillas marinas o depósitos aluviales salinos).
<b>Stagnosoles</b>	Suelos con una napa de agua colgada que muestran rasgos redoximórficos causados por agua superficial.	Con un área de 150–200 millones de ha aproximadas a nivel mundial, la mayor parte se encuentra en regiones templadas húmedas a per húmedas de Europa Occidental y Central, Norteamérica, sudeste de Australia, y Argentina. También ocurren en regiones subtropicales húmedas a per húmedas, asociados con Acrisoles y Planosoles.
<b>Tecnosoles</b>	Son frecuentemente referidos como suelos urbanos o de minas. Incluyen suelos de	Se localizan en todo el mundo donde la actividad humana ha generado la construcción de suelo artificial, sellando el suelo natural, o extrayendo material que normalmente no

	<p>desechos (rellenos, lodos, escorias, escombros o desechos de minería y cenizas), pavimentos con sus materiales subyacentes no consolidados, suelos con geomembranas y suelos construidos en materiales hechos por el hombre.</p>	<p>sería afectado por procesos de superficie. Así, ciudades, caminos, minas, depósitos de hollín de carbón y otros semejantes, vertederos de basura, derrames de petróleo se incluyen en los Tecnosoles.</p>
<b>Umbrisoles</b>	<p>Suelos en los cuales se ha acumulado materia orgánica dentro del suelo superficial mineral hasta el punto en que afecta significativamente el comportamiento y la utilización del suelo.</p>	<p>Con ocurrencia en regiones húmedas, frescas, especialmente montañosas, con poco o sin déficit de humedad del suelo. 100 millones de ha estimadas a nivel mundial. En Sudamérica los Umbrisoles son comunes en la cordillera de los Andes de Colombia, Ecuador y en menor cantidad en Venezuela, Bolivia y Perú. También ocurren en Brasil (Serra do Mar) y en Lesoto y Sudáfrica (cadena de Drakensberg).</p>
<b>Vertisoles</b>	<p>Suelos muy arcillosos, que se mezclan con alta proporción de arcillas expandibles. Estos suelos forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo cuando se secan.</p>	<p>Contienen aproximadamente 335 millones de ha a nivel mundial. Unos 150 millones de ha estimadas son potenciales tierras de cultivos. Los Vertisoles son prominentes en Sudáfrica, Australia, sudoeste de Estados Unidos de Norteamérica (Texas), Argentina, Uruguay y Paraguay.</p>

**Fuente:** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Centro Internacional de Información y Referencia en Suelos, Unión Internacional de Ciencias del Suelo, 2007, pp. 67-97)

### ***1.3.10. Indicadores de la calidad del suelo***

Según Adriaanse, 1993; definió a los indicadores como “instrumentos de análisis que contribuyen a cuantificar, y simplificar fenómenos complejos, siendo utilizados en recursos naturales, economía, y salud, etc.” Los indicadores suelen estar entre propiedades físicas, químicas y biológicas, o cualquier proceso. (Soil Quality Institute, 1996). Generalmente los indicadores deben ser variables cuantitativas, en ocasiones llegan a ser cualitativas, nominales o de rango u ordinales, principalmente cuando no existe información cuantitativa, la propiedad no es cuantificable o cuando los costos para cuantificar son altos. (Vallejo Quintero, 2013)

La definición de indicador relacionada a la calidad del suelo hace referencia a una herramienta de medición que brinda información de las características, propiedades (físicas, químicas y biológicas) y procesos que ocurren en este recurso. Son medidos de manera cualitativa o cuantitativamente para dar un control y seguimiento de las consecuencias del manejo sobre la actividad del suelo en un periodo de tiempo. (Astier, et al., 2002)

Hünemeyer, et al., 1997; establecieron que los indicadores deben permitir analizar la condición actual y conocer los puntos críticos de acuerdo al desarrollo sostenible, examinar los posibles impactos debido a una intervención, registrar el impacto de las intervenciones antropogénicas y determinar si el uso del suelo es sostenible.

### ***1.3.11. Evaluación de la calidad de los suelos por medio de indicadores***

La evaluación contribuye a revertir y minimizar el deterioro en la funcionalidad ecosistémica del suelo originado de la degradación de este recurso por procesos como la compactación, pérdida de nutrientes, erosión, contaminación, alteraciones en el pH, incremento en la solubilidad de metales pesados, reducción de la densidad y la actividad biológica; siendo la mayor parte de estos fenómenos provocados por prácticas de manejo inadecuadas como es el caso de la alteración de ecosistemas por actividades de agricultura o ganadería que generan cambios ambientales globales asociados con el cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación de suelos y aguas por el uso indiscriminado de agroquímicos. (Wang, et al., 2012)

### ***1.3.12. Importancia de los indicadores***

La importancia de los indicadores de calidad radica en que son considerados fuentes de conocimiento debido a que generan información preventiva y temprana, anticipan condiciones, proveen estrategias y acciones para la planeación territorial, en la participación de decisiones para ganaderos y agricultores, así como para el establecimiento de políticas de conservación del recurso suelo. (Karlen, et al., 2003)

### ***1.3.13. Condiciones que los indicadores de la calidad del suelo deben tener***

Se deben cumplir con las siguientes condiciones para que las propiedades físicas, químicas y biológicas sean apreciadas como tal:

- Describir los procesos del ecosistema.
- Fáciles de medir en condiciones de campo. (productores y especialistas).
- Sensibles a los cambios que ocurren en el suelo. (procesos de degradación y recuperación)
- Integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Sensitivas a las modificaciones en el suelo que ocurren como consecuencia de la degradación antropogénica.
- Sensitivas a variaciones de clima y manejo.
- Componentes de un conjunto de datos del suelo ya existente cuando sea viable.

### ***1.3.14. Clases de indicadores de la calidad del suelo***

#### ***1.3.14.1. Indicador visual***

Obtenidos a través de inspecciones de campo, percepción de agricultores, conocimientos locales, fotografías que evidencien la presencia de malezas, la escorrentía, el pobre desarrollo de vegetación, la exposición del subsuelo, el cambio del color del suelo, la presencia de cárcavas,



el encharcamiento prolongado, entre otros, estos indican que la calidad del suelo ha sido alterada y amenazada. (Navarrete , et al., 2011)

#### 1.3.14.2. *Indicador físico*

Estos indicadores dan a conocer condiciones en el desarrollo de raíces, infiltración o circulación de agua dentro del perfil del suelo, emergencia de plántulas, retención, transferencia y ciclo de nutrientes, e intercambio óptimo de gases (Luters, et al., 1999). Un suelo de buena calidad no presenta compactación, dando a conocer una baja densidad aparente y resistencia a la penetración, de esta forma no opone resistencia mecánica al avance de la raíz. (Vallejo Quintero, 2013)

**Tabla 2-1:** Indicadores físicos propuestos para monitorear los cambios que ocurren en el suelo

<b>Propiedades</b>	<b>Relación entre la condición y función neta del suelo</b>	<b>Valores o unidades para evaluación</b>
<b>Físicas</b>		
Textura	Preservación y transporte de agua y erosión del suelo	% de arena, limo y arcilla; pérdida del lugar
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión	cm o m
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado, productividad y erosividad	minutos/2.5 cm de agua y g/cm <sup>3</sup>
Capacidad de retención de agua	Relación con la conservación de agua, circulación y erosividad, humedad utilizable, textura y materia orgánica	% (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ), cm de humedad utilizable/30 cm; intensidad de precipitación

**Fuente:** (Bautista Cruz, et al., 2004)

### 1.3.14.3. *Indicador químico*

Hace correspondencia a la afectación entre la relación suelo-planta, la capacidad amortiguadora del suelo, la calidad del agua, la disposición del agua y los nutrientes para los microorganismos y las plantas. (Soil Quality Institute., 1996). Los indicadores de importancia en la productividad de cultivos son pH, contenido de materia orgánica, N, P y K. (Guimaraes, et al., 2013)

**Tabla 3-1:** Conjunto de indicadores químicos propuestos para monitorear los cambios que ocurren en el suelo

<b>Propiedades</b>	<b>Relación entre la condición y función neta del suelo</b>	<b>Valores o unidades para evaluación</b>
<b>Químicas</b>		
Materia orgánica (C y N total)	Fertilidad del suelo, estabilidad, erosión	Kg de C o N por hectárea
Potencial Hidrógeno	Actividad química y biológica	Relación entre los límites superiores e inferiores de la actividad vegetal y microbiana
CE	Actividad vegetal y microbiana	Relación entre los límites superiores e inferiores de la actividad vegetal y microbiana dSm-1
P, N, y K extractables	Nutrientes esenciales para la planta, pérdida de potencial de N, fertilidad e indicadores de la calidad ambiental	Kg/ por hectárea; suficientes niveles para el desarrollo de los cultivos

**Fuente:** (Bautista Cruz, et al., 2004)

### 1.3.14.4. *Indicador biológico*

Relacionado con la eficiencia con la que los organismos edáficos descomponen los residuos vegetales y animales introducidos en el suelo. Estos indicadores incluyen determinaciones de microorganismos y macrorganismos, sus enzimas o bioproductos (Vallejo Quintero, 2013, pp. 88-90). Son utilizados en la respiración del suelo, conteo de especies y grupos de la fauna

(biodiversidad del suelo), biomasa microbiana y pruebas de ensayos sobre actividades enzimáticas. Las propiedades biológicas son denominadas como signos tempranos de degradación o de mejoramiento del suelo. (Vallejo, et al., 2012)

A continuación, se muestra el conjunto de indicadores biológicos propuestos para monitorear los cambios que ocurren en el suelo, tal como se observa en la tabla 4-1.

**Tabla 4-1:** Conjunto de indicadores biológicos propuestos para monitorear los cambios que ocurren en el suelo

<b>Propiedades</b>	<b>Relación entre la condición y función neta del suelo</b>	<b>Valores o unidades para evaluación</b>
<b>Biológicas</b>		
C y N de la biomasa microbiana	Potencial microbiano catalítico y almacén para el C y N, cambios tempranos del manejo sobre la materia orgánica	Kg de N o C ha <sup>-1</sup> relativo al C y N total o CO <sub>2</sub> originados
Respiración, humedad y temperatura	Calcula la actividad microbiana; estima la actividad de la biomasa	Kg de C ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> relativo a la actividad de la biomasa microbiana; pérdida de C contra entrada al reservorio total de C
N potencialmente mineralizable	Fertilidad del suelo y suministro potencial de N	Kg de N ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> relativo al contenido de C y N total

Fuente: (Bautista Cruz, et al., 2004; pp. 94)

### ***1.3.15. Influencia de los sistemas de producción en las propiedades químicas y físicas de los suelos***

De acuerdo con Jamioy Orozco, 2011; en los sistemas naturales y alterados, las características y las funciones físicas, químicas y biológicas del suelo están determinadas por una jerarquía que funcionan a diversas escalas: el clima, la naturaleza del sustrato, cantidad y calidad de las

arcillas, la comunidad vegetal que define la abundancia, calidad de la materia orgánica y los organismos del ecosistema. En agro ecosistemas la calidad del suelo está modificada por factores externos como el tipo de uso y manejo de los suelos, interacción entre ambientes y ecosistemas, prioridades socio-económicas, entre otras.

Por su parte, Silva Arroyave, y col., 2009; consideran que el suelo agrícola es “un sistema complejo y en equilibrio dinámico, constituido por elementos bióticos e inorgánicos, siendo consecuencia de un extenso proceso de generación en el cual intervienen el clima, el agua, el relieve, los organismos vivos y el tiempo, alterando profundamente el material originario denominado roca madre”.

El suelo utilizado en la agricultura depende de insumos agroquímicos para el desarrollo de monocultivos (Rocha Vargas, et al., 2012, pp-418-419), la intervención humana se da en forma de insumos químicos, como agrotóxicos, fertilizantes químicos entre otros, los cuales incrementan los rendimientos de los cultivos a corto plazo, y resultan en una cantidad de costos ambientales y sociales indeseables (Queirós, 2009). Lo anterior puede provocar la degradación de la tierra (compactación de la capa superficial del suelo, encostramiento, pérdida de la fertilidad del suelo, aumento de sales, erosión, disminución del agua para riego, afectación de la diversidad genética, contaminación del suelo, agua y de los alimentos, liberación de gases como el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>) (Derpsh, 2000 ) (Castillo, 1999)



**Figura 5-1:** El suelo como regulador de sustancias

Químicas aplicadas en la agricultura

**Fuente:** (García, et al., 2002)

### ***1.3.16. Disfunciones del sistema terrestre y problemas con el suelo***

Se considera degradación del suelo al proceso degenerativo que disminuye la capacidad actual o futura de este recurso para cumplir sus funciones. Este fenómeno es provocado por causas naturales como antrópicas. (Burbano Orjuela, 2010; pp-56-57). Un estudio sobre las 100 preguntas de mayor relevancia para el futuro de la agricultura global suponen que la degradación del suelo por la disminución de los nutrientes y de los “pools” de carbono orgánico del suelo, se ve agravada por el uso permanente de prácticas agrícolas extractivas, y es un tema de interés en los países en vías de desarrollo de África, sur y sureste de Asia y del Caribe. (Pla Sentís, 2010)

### ***1.3.17. Suelo, vida y sociedad***

El suelo cumple varias funciones, la principal es que contribuye a reincorporar a los ciclos biogeoquímicos de la naturaleza los elementos químicos que se encuentran en la atmósfera como el nitrógeno (fundamental en la nutrición de animales y plantas) o los que quedan en los restos de plantas y animales (carbono y el fósforo, entre otros). (Semarnat, 2008)

#### ***1.3.17.1. Vinculación del suelo en las actividades económicas***

El suelo es un componente fundamental de la biosfera funcionando como amortiguador natural, controlando la movilización de sustancias y elementos químicos a la atmósfera, la hidrosfera y la biota. Por tanto se argumenta que el mantenimiento de las funciones ecológicas del suelo es responsabilidad de la humanidad. (Silva Arroyave, et al., 2009, pp-16-18)

El suelo presenta una serie de atributos como regulación hidrológica y climática, establecimiento de un ambiente biótico, acumulación de nutrientes y materias primas, conservación del recurso agua, control de residuos y contaminación, espacio vital, archivo patrimonial y espacio conectivo, capacidad para almacenar agua y nutrientes, filtración, amortiguación y transformación, intercambio de gases con la atmósfera, hábitat y reserva

genética, elemento del paisaje y patrimonio cultural, fuente de materias primas en los procesos productivos organizacionales. (Silva Arroyave, et al., 2009, pp-16-18)

### 1.3.17.2. Servicios ambientales que presta el recurso suelo

La sobrevivencia de la humanidad y el sostenimiento de las actividades productivas dependen de la conservación del recurso del suelo de acuerdo con Dorronsoro Fernández, 2007, propone algunos servicios ambientales éste recurso.

**Tabla 5-1:** Servicios ambientales que presta el recurso suelo

<b>Hábitat y reserva genética</b>	Es el sitio de desarrollo de una gran cantidad de organismos, cada uno con su propio genotipo, siendo una función ecológica esencial
<b>Almacenaje, filtración y transformación</b>	Almacena agua, minerales, materia orgánica y sustancias químicas. Considerado como un filtro natural de las aguas subterráneas, siendo la reserva principal de agua potables y libera CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y otros gases a la atmósfera
<b>Generación de alimento y biomasa</b>	Los alimentos, productos agrícolas y la silvicultura dependen de este recurso. La vegetación-pastos, cultivos, árboles requieren del suelo para obtener agua y nutrientes
<b>Ecosistema físico y cultural para la humanidad</b>	Es el lugar para el desarrollo de actividades humanas, además es un elemento del paisaje y del patrimonio cultural
<b>Fuente de materias primas</b>	Proporciona materias primas como arcillas, arenas y minerales, etc., usados en procesos productivos de las organizaciones

Fuente: (Silva Arroyave, et al., 2009)

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)

### 1.3.18. Áreas protegidas

Áreas geográficas (superficies de tierra o mar) definidas, reconocidas y oficiadas por acciones legales y de otros tipos cuyo propósito es la conservación de la naturaleza, de sus bienes

ambientales, de la diversidad biológica, de los recursos naturales y sus valores culturales asociados. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2011)

El Ecuador cuenta con una extensión total aproximada de 256370 Km<sup>2</sup>, se encuentra atravesado por la Cordillera de los Andes, se posiciona entre los 17 países más biodiversos del mundo en donde existen alrededor del 15% de las especies endémicas del planeta, además de poseer una gran diversidad cultural. Las áreas protegidas son reconocidas en 1994 por The World Conservation Union (UICN) como áreas: "de tierra/mar protegidas y conservadas debido a su biodiversidad, recursos naturales y recursos culturales agrupados, y es operada mediante medios jurídicos y/u otros medios efectivos". (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2007). En el Ecuador se estima que las áreas protegidas representan el 20% de la extensión conservada, estas áreas albergan una notable riqueza biológica y paisajística (turismo, recreación), servicios ecosistémicos y una importante ecología reconocida a nivel internacional. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2011)

De acuerdo con Cuadrado Ayala, 2013; consideró a las áreas protegidas como áreas de conservación in situ siendo importantes para el desarrollo de cualquier nación debido a que almacenan y proveen agua, regulan el clima, disminuyen los procesos erosivos, son atractivos turísticos y albergan especies.

### ***1.3.19. Reserva ecológica***

Fracción de terreno destinada a la protección de una zona con interés biológico (terrestre, marítimo o ambas). Una reserva ecológica se divide en una zona núcleo y una zona de amortiguamiento (Alvarado Moya, 2009)

En la actualidad la mayoría de las reservas ecológicas en casi todo el mundo se someten bajo mucha presión producto de la expansión de zonas urbanas y las actividades comerciales. La mayor de las presiones que sufren son la construcción y apertura de carreteras y caminos que las crucen. La circulación automovilística dentro de las reservas es considerada una de las mayores fuerzas destructivas debido a que la cinta asfáltica altera el recurso suelo y posteriormente lo erosiona, además los vehículos pueden atropellar animales y dividen sus territorios de manera

artificial. Otra presión de relevancia es la invasión de fauna doméstica (gatos, perros, etc.) o fauna introducida invasora, la caza furtiva, la deforestación clandestina, y la sobre explotación turística. (Alvarado Moya, 2009)

### ***1.3.20. Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP)***

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) es la constitución de superficies naturales protegidas y conservadas que ofrecen protección y conectividad de ecosistemas imprescindibles en los niveles de tierra, agua y costero marino, de sus recursos culturales y de las importantes fuentes hídricas. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2006)

El sistema presenta cuatro regiones del país albergando 51 reservas naturales que se extienden en aproximadamente el 20% de la superficie del Ecuador. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)  
En la actualidad el Sistema Nacional de área Protegidas está formado por 50 áreas protegidas, 49 son parte del Subsistema del PANE y 1 del Subsistema de los GADS. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2011)

El SNAP cuenta con 24 provincias en el país constituyendo la mayor parte de ecosistemas con 40 formaciones vegetales en 4 regiones geográficas a diferente altitud contemplando desde el nivel del mar hasta los 6700 m. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2010)



**Figura 6-1:** Sistema nacional de áreas protegidas

**Fuente:** (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2011)



1.3.20.1. *Objetivos del SNAP*

- Proteger la diversidad biológica y los recursos genéticos incluidos en el SNAP.
- Proporcionar opciones de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la prestación de bienes y servicios ambientales.
- Favorecer a la optimización de la calidad de vida de la población.
- Preservar muestras representativas de ecosistemas terrestres, dulceacuícolas, marinos y marino costeros.
- Salvaguardar cuencas hidrográficas, humedales y otros recursos hídricos superficiales y subterráneos.
- Conservar especies endémicas y en peligro de extinción.
- Usar adecuadamente recursos paisajísticos, arqueológicos, históricos, paleontológicos y formaciones geológicas sobresalientes.
- Utilizar los espacios naturales destinados al mantenimiento de manifestaciones culturales y de los conocimientos tradicionales de las comunidades locales, pueblos indígenas y afroecuatorianos.
- Reintegrar espacios naturales intervenidos.
- Rescatar poblaciones de especies en peligro de extinción.
- Fomentar la investigación científica y la educación ambiental.
- Proporcionar bienes y servicios ambientales que sean valorados y utilizados sustentablemente.
- Brindar alternativas para el turismo y recreación sustentable y la interpretación ambiental.
- Generar oportunidades para el manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre.

1.3.20.2. Categorías de manejo de acuerdo al SNAP

De acuerdo al Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP) se establecen las siguientes categorías, como se muestra en la tabla 6-1.

**Tabla 6-1:** Categorías de manejo de acuerdo al SNAP

<b>Tipo</b>	<b>Extensión</b>	<b>Elementos de conservación</b>	<b>Actividades permitidas</b>	<b>Estado de conservación</b>	<b>Nivel de restricción</b>	<b>Número de áreas</b>
<b>Parques Nacionales</b>	Extensión grande (más de 10000 ha)	Ecosistemas completos, paisajes y especies	Investigación, monitoreo ambiental y turismo	Poco alterados, con un mínimo de intervención humana	Alto (restringido)	<b>11 parques nacionales:</b> Galápagos, El Cajas, Podocarpus, Yacuri, Sumaco-Napo-Galeras, Yasuní Machalilla, Cayambe Coca, Cotopaxi, Llangates, Sangay,
<b>Reserva marítima</b>	Tamaño variable	Ecosistemas y especies marinas	La pesca de acuerdo a las necesidades de conservación y a la zonificación dadas en los planes de manejo	Poco, o moderadamente alterados	La presencia humana relacionada con la intensidad de la pesca	<b>3 áreas:</b> Galera San Francisco, El Pelado, Galápagos
<b>Reservas</b>	Extensión	Diversidad	Investigación científica,	Las actividades	Poca	<b>9 áreas protegidas:</b> El Ángel,

<b>Ecológicas</b>	variable	ecológica, bellezas del paisaje natural, fenómenos exclusivos y la regulación ambiental	educación ambiental, recreación y turismo	a realizarse en áreas limitadas según las características del recurso	intervención humana	Cotacachi Cayapas, Antisana, Los Illinizas, Cofán Bermejo Manglares Cayapas Mataje, Mache Chindul, Manglares Churute, Arenillas,
<b>Reserva Biológica</b>	(más de 10000 ha)	Ecosistemas completos y sus especies	Investigación biológica, ecológica y ambiental, educación ambiental como actividad secundaria	Mínima presencia humana	Muy alto (muy restringido)	<b>5 áreas:</b> El Plateado, Colonso Chalupas Limoncocha, El Cóndor, El Quimi, Cerro
<b>Reserva de Producción de Flora y Fauna</b>	(entre 5000 y 10000 ha)	Ecosistemas y especies susceptibles de manejo	Manejo sustentable de la vida silvestre, educación ambiental, restauración de ecosistemas y turismo	Poco alterado	Bajo (poco restringido)	<b>5 áreas:</b> Puntilla de Santa Elena, Manglares El Salado, Chimborazo, Cuyabeno
<b>Refugio de Vida Silvestre</b>	Área pequeña (menos de 5000 ha)	Especies amenazadas y sus ecosistemas	Manejo de hábitat y especies, investigación, monitoreo ambiental, restauración de ecosistemas y la educación ambiental	Poco alterado	Alto (restringido)	<b>10 áreas:</b> La Chiquita, Estuario de río Esmeraldas, Estuario de Río Muisne, El Pambilar, Isla Corazón y Fragatas, Marino Costera Pacoche, El Zarza, Manglares El Morro, Isla Santa Clara, Pasochoa
<b>Área Natural</b>	Tamaño	Paisajes	Turismo, recreación,	Medianamente	Bajo (poco	<b>6 áreas:</b> Playas de Villamil,

<b>de Recreación</b>	mediano (entre 5.000 y 10.000 ha)	naturales	restauración de ecosistemas, investigación y monitoreo ambiental	alterado	restringido)	Parque Lago, Los Samanes, Isla Santay, El Boliche, Quimsacocha
<b>Reserva Geobotánica</b>	Área destinada a la conservación de flora silvestre y recursos geológicos	Áreas con diversos ecosistemas, paisajes, formaciones geológicas, asegurar la continuidad de los procesos evolutivos, naturales y propender a la recuperación de las áreas alteradas por la intervención humana	Recreación, turismo y de educación cultural	Recuperación de las áreas alteradas por la intervención humana	Área de conservación que incluye un Banco de germoplasma de especies de flora y fauna en vías de extinción	Se identifica a una área protegida que el Pululahua

Fuente: (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

**1.3.21. Áreas protegidas en el Ecuador de acuerdo al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)**

De acuerdo al Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP) se establecen las siguientes reservas/parques en el país, tal como se muestra en la tabla 7-1.

**Tabla 7-1:** Reservas/parques del Ecuador. Región costa

<b>Reserva/Parque</b>	<b>Provincia</b>	<b>Extensión</b>	<b>Año de creación</b>	<b>Rango altitudinal</b>	<b>Reconocimiento internacional</b>	<b>Característica</b>
<b>Reserva ecológica Cayapas Mataje</b>	Esmeraldas	51300 ha	1995	0 - 35 m	Toda el área declarada como sitio Ramsar en 2002	Árboles de mangle de 60 m de altitud considerados los más altos del mundo
<b>Refugio de vida silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas</b>	Esmeraldas	242 ha	2008	0 - 0 m	-	Manglares en la desembocadura del río Esmeraldas y una zona aledaña con parches de matorral seco
<b>Refugio de vida silvestre Manglares Estuario Río Muisne</b>	Esmeraldas, Manabí	3173 ha	2003	0 - 0 m	-	En el país los manglares crecen en todos los estuarios que forman los ríos al desembocar en el océano Pacífico
<b>Refugio de vida</b>	Esmeraldas	809 ha	2002	10 - 120 m	-	Bosque húmedo tropical de la región del Chocó,

<b>silvestre La Chiquita</b>						ecosistema con gran biodiversidad que inicia en Panamá, pasa por Colombia y llega a las costas norteñas del país
<b>Refugio marina Galera San Francisco</b>	Esmeraldas	54604 ha	2008	800 - 0 m	-	Primera reserva marina del Ecuador continental
<b>Refugio de vida silvestre El Pambilar</b>	Esmeraldas	3123 ha	2010	200 - 360 m	-	Bosque húmedo tropical de la región conocida como Chocó, que se extiende desde Panamá, sigue a lo largo de la costa pacífica colombiana y se adentra en el noroccidente del Ecuador
<b>Reserva ecológica Mache-Chindul</b>	Esmeraldas, Manabí	119172 ha	1996	200 - 800 m	-	Bosques húmedos y bosques secos que rodean y cubren la cordillera de Mache Chindul en la Costa del Ecuador
<b>Refugio de vida silvestre Marino Costero Pacoche</b>	Manabí	8500 ha marino 5045 ha terrestres	2008	0 - 363 m	-	Óptimas condiciones para albergar bosques secos y bosques ligeramente más húmedos denominados bosques de garúa
<b>Reserva marina El Pelado</b>	Santa Elena	13005 ha marinas 96 ha terrestres	2012	0 - 0 m	-	En las provincias de Manabí y Santa Elena, existen islotes que son sitios perfectos para el refugio y anidación de aves marinas
<b>Refugio de vida silvestre Isla Corazón y Fragata</b>	Manabí	2811 ha	2002	0 - 0 m	-	Es un lugar perfecto para el descanso y reproducción de aves marinas y playeras, las de importancia son colonias de fragatas
<b>Parque nacional</b>	Manabí	41754 ha	1979	0 - 840 m	Zona marina del	Este parque es una de las primeras áreas

<b>Machalilla</b>		terrestres 14430 ha marinas			Parque declarada como sitio Ramsar en 1990	protegidas del país. Presenta bosques secos y semisecos y ambientes marinos
<b>Reserva de producción de fauna Marino Costera Puntilla de Santa Elena</b>	Santa Elena	52231 ha marinas 203 ha terrestres	2008	0 - 96 metros	-	La reserva incluye playas, acantilados y una pequeña extensión de matorrales y bosques secos del litoral
<b>Área nacional de recreación Playas Villamil</b>	Guayas	2472 ha	2011	0 - 0 m	-	Playas de Villamil considerada uno de los principales destinos turísticos de la costa central, constituye 14 km de hermosas playas de arenas blancas que van desde la ciudad de General Villamil, conocida como Playas, hasta el poblado de Data de Posorja, en el extremo sur de la península de Santa Elena
<b>Reserva de producción de fauna Manglares El Salado</b>	Guayas	10635 ha	2002	0 - 200 m	-	Espacio vital para la flora y fauna nativa del golfo
<b>Área nacional de</b>	Guayas	2215 ha	2010	0 - 10 m	La Isla Santay	En el interior de la isla Santay se encuentra una

<b>recreación Isla Santay</b>					fue declarada como sitio Ramsar en el año 2000	gran planicie que se inunda en épocas de invierno. Este gran humedal es el lugar utilizado por aves acuáticas para descanso, refugio y anidación
<b>Área nacional de recreación Parque Lago</b>	Guayas	2283 ha	2002	0 - 300 m	-	Especies de árboles nativos como el bálsamo y el colorado
<b>Área nacional de recreación Samanes</b>	Guayas	380 ha	2010	0 - 0 m	-	Remanentes de bosque seco del litoral y de la llanura inundable característica de la cuenca del río Guayas
<b>Reserva ecológica Manglares Churute</b>	Guayas	49389 ha	1979	0 - 680 m	Toda el área declarada como sitio Ramsar en 1990	Refugio para muchas especies de fauna, algunas amenazadas como el cancón, un ave acuática que habita en la laguna del mismo nombre, y el cocodrilo de la costa, que se ha extinto en algunas zonas del litoral
<b>Refugio de vida silvestre Manglares El Morro</b>	Guayas	10.030 ha	2007	0 - 28 m	-	Importante población de delfines que ocupan el canal de El Morro y la colonia de fragatas de la isla Manglecito
<b>Reserva ecológica Arenillas</b>	El Oro	13170 ha	2001	0 - 300 m	-	Ecosistemas secos que incluyen bosques y matorrales. También es el lugar de bosques de manglar
<b>Refugio de vida</b>	El Oro	7 ha terrestres	1999	0 - 70 m	Toda el área	Se localiza en la entrada al golfo de Guayaquil y



<b>silvestre Isla Santa Clara</b>		2 millas náuticas alrededor isla e islotes			declarado como sitio Ramsar en 2002	frente a la isla Puná en donde sus principales habitantes son miles de aves marinas, razón principal de su declaratoria como refugio de vida silvestre. Fragatas, piqueros patas azules y pelicanos encuentran en este refugio para comer, descansar, cortejar y anidar
-----------------------------------	--	--	--	--	-------------------------------------	---

Fuente: (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

**Tabla 8-1:** Reservas/parques del Ecuador. Región sierra

<b>Reserva/Parque</b>	<b>Provincia</b>	<b>Extensión</b>	<b>Año de creación</b>	<b>Rango altitudinal</b>	<b>Reconocimiento internacional</b>	<b>Característica</b>
<b>Reserva ecológica El Ángel</b>	Carchi	16541 ha	1992	3400 - 4200 m	Toda el área declarada como sitio Ramsar en 2012	Frailejones y población de especies vegetales provistos de las más extraordinarias adaptaciones
<b>Reserva geobotánica de Pululahua</b>	Pichincha	3383 ha	1966	1800 - 3356 m	-	Es la única área protegida del Ecuador con categoría de “Reserva Geobotánica, con una riqueza de flora que crece en las laderas y quebradas, además protege algo único en el planeta: una caldera volcánica habitada cerca de la mitad del mundo
<b>Reserva ecológica Antisana</b>	Napo, Pichincha	120000 ha	1993	1400 - 5758 m	-	El Antisana es un majestuoso y misterioso volcán en la cordillera Oriental, considerado el núcleo de esta área protegida en cuyo interior existen páramos y bosques andinos orientales
<b>Reserva ecológica Cotacachi- Cayapas</b>	Esmeraldas, Imbabura	243638 ha	1968	35 - 4939 m	-	Pajonales salpicados de flores, especie dominante el cóndor. Escarpadas estribaciones en las que se halla variedad de orquídeas que crecen sobre los árboles del bosque nublado

<b>Parque nacional Cayambe- Coca</b>	Imbabura, Napo, Pichincha, Sucumbíos	404103 ha	1970	600 - 5790 m	-	Gran cantidad de agua por la constante neblina y lluvias en la vegetación y la hojarasca del suelo, en los humedales y las lagunas de la parte alta, en el suelo y las almohadillas del páramo, y en los ríos que forman caídas y cascadas
<b>Refugio de vida silvestre Pasochoa</b>	Pichincha	500 ha	1986	2800 - 4210 m	-	El refugio conserva un parche de bosque único en el callejón interandino, debido al difícil acceso dentro de la caldera no ha sido alterado
<b>Reserva ecológica Los Illinizas</b>	Cotopaxi, Los Ríos, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas	500 ha	1996	2800 - 4210 m	-	Un volcán con dos cumbres, un cerro en forma de corazón y una laguna de color verde turquesa son los atractivos importantes de esta reserva
<b>Área nacional de recreación El Boliche</b>	Cotopaxi, Pichincha	392 ha	1979	3484 - 3726 m	-	Plantación de pinos y cipreses que cubre 200 ha sustituyendo en su totalidad al páramo
<b>Parque nacional Llanganates</b>	Cotopaxi, Napo, Pastaza, Tungurahua	219931 ha	1996	860 - 4571 m	Complejo de lagunas Llanganati declarado como sitio Ramsar en 2008	La historia de los Llanganates se une a una biodiversidad fantástica que posiblemente sea el verdadero tesoro de los Llanganates

<b>Parque nacional Cotopaxi</b>	Cotopaxi, Napó, Pichincha	33393 ha	1975	3400 - 5897 m	-	El Cotopaxi uno de los volcanes activos con mayor altitud en el mundo domina todo el paisaje del área protegida. El ecosistema predominante en el parque es el páramo, con su flora y fauna especiales, la vegetación principal es el pajonal y pequeños arbustos de altura
<b>Reserva biológica Colonso Chalupas</b>	Napó	93246 ha	2014	477 - 4480 m	-	Diversidad de flora y fauna, y sus ecosistemas brindan importantes servicios ambientales para la provincia del Napó (provisión de agua)
<b>Reserva de producción de fauna Chimborazo</b>	Bolívar, Chimborazo, Tungurahua	58560 ha	1986	3200 - 6310 m	-	El Chimborazo la montaña más elevada del Ecuador, es el atractivo de esta reserva, mide 6310 m de altitud y está rodeado por un inmenso arenal con un páramo más bien seco. La reserva provee de agua a las tres provincias donde se asienta: aquí están las fuentes que alimentan a los ríos Ambato, Chambo y Chimbo. Alberga una gran población de vicuñas reintroducidas desde Perú y Chile en 1988, además de la presencia de llamas y alpacas. La finalidad de la creación de la reserva fue para proteger estos animales.

<b>Parque nacional Sangay</b>	Cañar, Chimborazo, Morona Santiago, Tungurahua	502105 ha	1975	900 - 5230 m	Patrimonio Natural de la Humanidad (declarado por la UNESCO en 1983)	Contiene tres volcanes (dos activos), enorme biodiversidad y gran cantidad de lagunas con historias, como aquella donde centenares de pájaros acuden a morir
<b>Área nacional de recreación Quimsacocha</b>	Azuay	3217 ha	2012	3800 - 4000 m	-	El páramo provee de agua
<b>Parque nacional Yacuri</b>	Loja, Zamora Chinchipec	43090 ha	2009	2800 - 3600 m	Conforma la Reserva de Biósfera Podocarpus – El Cóndor (Declarada por la UNESCO en 2007)  Sistema lacustre Yacuri declarado como sitio Ramsar en 2012	Preserva ambientes de páramos, matorrales secos de altitud y bosques de neblina consecuencia de la confluencia de las condiciones del occidente seco y del oriente más húmedo
<b>Parque nacional Cajas</b>	Azuay	28544 ha	1977	3160 - 4450 m	Es una de las áreas núcleo de la Reserva de Biósfera Macizo El Cajas (Declarada	El Cajas posee una mayor cantidad de cuerpos de agua: cerca de 165 lagunas con más de 1 ha de superficie y 621 con menos de 1 ha, en total 786 cuerpos de agua. Especies como el cóndor,

					por la UNESCO en 2014) Toda el área declarada como sitio Ramsar en 2002	aves migratorias y la importancia de las lagunas para la captación, almacenamiento y provisión de agua para las poblaciones cercanas
<b>Parque nacional Podocarpus</b>	Loja, Zamora Chinchipe	146280 ha	1982	960 - 3800 m	Reserva de Biósfera Podocarpus – El Cóndor (Declarada por la UNESCO en 2007)  Sistema lacustre Lagunas del Compadre declarado como sitio Ramsar en 2012	Gran superficie de páramos, bosques nublados y zonas de matorral

Fuente: (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

**Tabla 9-1:** Reservas/parques del Ecuador. Región amazónica

<b>Reserva/Parque</b>	<b>Provincia</b>	<b>Extensión</b>	<b>Año de creación</b>	<b>Rango altitudinal</b>	<b>Reconociendo internacional</b>	<b>Característica</b>
<b>Reserva ecológica Cofán-Bermejo</b>	Sucumbíos	55451 ha	2002	400 - 2275 m	-	Localizada en la zona norte de la región Amazónica. La reserva protege áreas con una topografía accidentada e inaccesible siendo desconocidas para la mayoría de ecuatorianos
<b>Reserva de producción de fauna Cuyabeno</b>	Orellana, Sucumbíos	590112 ha	1979	177 - 326 m	-	Bosque tropical donde árboles como el ceibo, el sande y la caoba pueden alcanzar más de 50 m de altitud
<b>Parque nacional Yasuní</b>	Orellana, Pastaza	1022736 ha	1979	190 - 400 m	Reserva de Biósfera	Yasuní, es la extensión protegida más grande del Ecuador, con cientos de especies de árboles, anchos ríos, grandes animales como la anaconda, el jaguar, el águila harpía, seres muy pequeños como el leoncillo o mono de bolsillo, el primate más pequeño del mundo, y una gran variedad de reptiles y anfibios que ubican a este parque entre los más biodiversos del planeta
<b>Parque nacional Sumaco Napo-</b>	Napo, Orellana	205751 ha	1994	500 - 3732 m	Reserva de Biósfera	Riachuelos que aguas abajo constituyen los ríos Hollín, Suno, Payamino y Pucuno,

<b>Galeras</b>						afluentes todos del río Quijos o Coca
<b>Reserva biológica Limoncocha</b>	Sucumbíos	4613 ha	1985	0 - 213 m	Toda el área declarada como sitio Ramsar en 1998	En la reserva se encuentran la laguna de Limoncocha, una de menor tamaño Yanacocha, y humedales, zonas de pantano y bosques húmedos tropicales que las rodean. En la reserva se encuentran gran diversidad de especies, y aves acuáticas
<b>Reserva biológica El Cóndor</b>	Morona Santiago	2440 ha	1999	2000 - 2920 m	-	Lugar que por su aislamiento y difícil acceso es desconocido, esta reserva es un gran macizo montañoso de más de 160 km de longitud que protege bosques de neblina e inclusive páramos
<b>Reserva biológica El Quimi</b>	Morona Santiago	9276 ha	2006	1700 - 3000 m	-	Reserva de difícil acceso. El Cóndor, El Quimi, Cerro Plateado y el Refugio de Vida Silvestre El Zarza, sumadas protegen más de 41000 ha
<b>Reserva biológica Cerro Plateado</b>	Zamora Chinchipe	26114,5 ha	2010	840 - 3120 m	Conforma la Reserva de Biósfera Podocarpus – El Cóndor (Declarada por la UNESCO en	El Cóndor, El Quimi, Cerro Plateado y el Refugio de Vida Silvestre El Zarza, sumadas protegen más de 41000 ha



					2007)	
<b>Refugio de vida silvestre El Zarza</b>	Zamora Chinchipe	3696 ha	2006	1400 - 1680 m	-	El Cóndor, El Quimi, Cerro Plateado y el Refugio de Vida Silvestre El Zarza, sumadas protegen más de 41000 ha
<b>Área ecológica de conservación municipal Siete Iglesias</b>	Morona Santiago	16224 ha	2006	1140 - 3840 m	-	Protege una franja de bosques nublados ubicados sobre los 1100 m de altitud, contiene una notable biodiversidad, varios ríos indispensables para la provisión de agua en las ciudades y poblados, en especial en el cantón San Juan Bosco

Fuente: (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

**Tabla 10-1:** Reservas/parques del Ecuador. Región Insular

<b>Reserva/ Parque</b>	<b>Provincia</b>	<b>Extensión</b>	<b>Año de creación</b>	<b>Rango altitudinal</b>	<b>Reconocimiento internacional</b>	<b>Característica</b>
<b>Parque nacional Galápagos</b>	Galápagos	693 700 ha	1936	0-1707 m	Patrimonio Natural de la Humanidad Reserva de Biósfera Humedales del sur de Isabela declarados como sitio Ramsar en 2002	Notable flora y fauna, los rasgos geológicos y la gran cantidad de especies únicas consideran a este parque como un importante centro mundial de investigación científica y turismo de naturaleza.  Galápagos está constituida por dos áreas protegidas: el Parque Nacional Galápagos (97 % de la superficie terrestre del archipiélago) y la Reserva Marina Galápagos que protege los ambientes marinos a su alrededor.
<b>Reserva marina Galápagos</b>	Galápagos	133000 km <sup>2</sup>	1998	0-4000 m	Patrimonio Natural de la Humanidad	Posee un área equivalente a la mitad de la superficie terrestre del Ecuador considerada una de las más grandes del planeta. En la reserva se evidencia montes submarinos y afloramientos de nutrientes originados por la corriente submarina de Cromwell que genera gran cantidad de plancton que sirve de alimento para aves marinas, lobos marinos y especies difíciles de observar en otras partes del mundo como ballenas, tiburones y tortugas marinas

Fuente: (Ministerio del Ambiente del Ecuador,2015)

### 1.3.22. Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.



**Figura 7-1:** Reserva de Producción de Fauna Chimborazo

**Fuente:** (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2010)

- **Creación:** Acuerdo Ministerial No. 437 del 26 de octubre de 1987 publicado en el Registro Oficial No. 806 del 9 de Noviembre del mismo año.
- **Localización:** Provincias de Chimborazo, Bolívar y Tungurahua, área estimada: 58560 ha.
- **Altitud:** Desde los 3800 a 6310 m.s.n.m., altitud máxima correspondiente a la cumbre del nevado Chimborazo.
- **Temperatura:** Clima frío andino con temperaturas desde los 0°C hasta los 10° C. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2010)

#### 1.3.22.1. *Objetivos de la reserva*

- Preservar los recursos de los ecosistemas páramo y puna.
- Conservar y establecer según parámetros ecológicos el hábitat de los camélidos nativos de los Andes: llamas, vicuñas, alpacas para la cría y protección de las especies.

- Adecuar la infraestructura y servicios necesarios para que se desarrolle el turismo y la investigación del páramo, especialmente de camélidos nativos para el aprovechamiento y obtención de conocimientos.
- Mejorar el nivel de vida de los habitantes generando apoyo en cuidado y manejo de camélidos. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2010)

### ***1.3.23. Flora y fauna de Reserva de Producción de Fauna Chimborazo***

La reserva cuenta con cuatro zonas de vida: Montano Alto, Páramo Herbáceo, Páramo Seco Bosque Siempre Verde, Gelidofitía. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2010)

Los páramos del Chimborazo cuentan con óptimas condiciones ecológicas para la reintroducción de vicuñas que se inició en 1988 con la donación de 200 especies, 100 provenientes de Perú y 100 de Chile, y en 1993 Bolivia beneficia con 77 especies. El último estudio realizado en Julio del 2012 registró un incremento de la población estimándose 4824 vicuñas. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2010)

- **Nevado Chimborazo:** Altitud de 6310 m.s.n.m., considerado el nevado más alto del mundo medido desde el centro de la Tierra.
- **El Carihuayrazo:** Altitud de 5020 m.s.n.m., es una caldera volcánica destruida, con un diámetro de 2 km, conformado por picachos y peñascos.
- **Lagunas del Carihuayrazo:** Constituido por varias lagunas que se encuentran distribuidas en la base del Carihuayrazo.
- **Agujas de whymper:** Formación rocosa que se encuentra en el suroeste de la Cumbre Veintimilla, a una altitud de 5.283 m.s.n.m. su denominación se debe a la primera persona en hacer cumbre en el Chimborazo, Edward Whymper el 4 de enero de 1880.
- **Sendero los hieleros:** El Chimborazo está constituido por una mina de hielo fósil, en donde desde épocas precolombinas se extraía hielo para el deleite de los caciques de la costa ecuatoriana. Actualmente una persona (Baltazar Ushca) ejerce esta milenaria actividad. Los bloques de hielo se comercializan en los mercados de la ciudad de Riobamba.

- **Bosque de *polylepis*:** Se encuentra a la altura del kilómetro 29 de la carretera Riobamba – Guaranda. Su área es de 4 ha a una altitud de 4350 m.s.n.m., en la que se encuentran 217 árboles de la especie *Polylepis reticulata Hieron* de un máximo de 4 m de altitud.
- **La chorrera:** Formación rocosa localizada en las cercanías del nevado Chimborazo, sus paredes tienen una longitud de 1.4 km y una altitud promedio de 60 m. En la parte sureste del cañón existe una cascada.
- **Templo Machay:** Considerada una cueva sagrada localizada en el flanco sur de la cumbre Whymper a una altitud de 4700 m.s.n.m. y era el lugar de culto de los puruhaes a su dios el nevado.
- **Centro de servicios turísticos:** Construido por el Ministerio del Ambiente, se encuentra a la altura del km 30 de la vía Riobamba – Guaranda, ofrece servicios como: cafetería, venta de artesanías y guías naturalistas, entre otros.

## **CAPÍTULO II**

### **2. METODOLOGÍA**

#### **2.1. Lugar de estudio**

El suelo de Páramo por su gran biodiversidad en bienes y servicios ambientales; tales como indicadores biológicos tomando en cuenta además que posee una gran cantidad de carbono orgánico y minerales, garantiza una actividad metabólica eficiente y objeto de estudio por esta investigación. En la actualidad en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se encuentra desarrollando temas de investigación acerca de este fin desde determinaciones de carbono orgánico, como indicadores de biodiversidad, hasta estudios del Calentamiento Global.

#### **2.2. Identificación de las actividades preponderantes dentro de la Reserva Faunística de Chimborazo. (Indicador visual)**

Se realizó el levantamiento de información de las actividades preponderantes en la reserva por medio de inspecciones de campo, conocimientos locales, evidencias fotográficas del estado actual de vegetación/suelo y las actividades que se desarrollan y la interacción y facilitada por las entidades que administran la reserva.

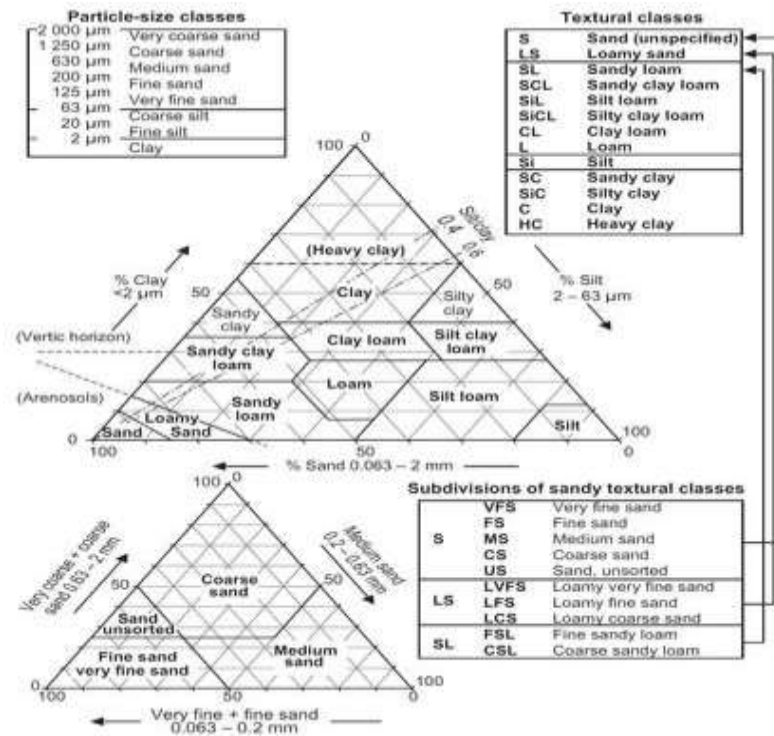
### **2.3. Muestreo e identificación de los puntos de muestreo**

En la investigación se utilizó una cartografía del área de estudio realizando un muestreo aleatorio simple y un Sistema de Información Geográfica (SIG), en la cual se delimitó las altitudes y puntos de muestreo para los análisis correspondientes. Se tomó un punto representativo para cada zona que comprende la reserva debido a la consideración de que ésta, es un área protegida, razón por la cual está restringida la alteración de sus recursos al momento de efectuar el muestreo.

### **2.4. Análisis de los parámetros físicos del suelo**

#### **2.4.1. *Textura***

Porción de elementos inorgánicos de tamaños y formas distintas (arena, limo y arcilla), considerada como un factor de fertilidad y retención de agua, drenaje, aireación, contenido de materia orgánica y otras propiedades. El triángulo de la textura de suelos de acuerdo a la FAO es apreciado como un instrumento para clasificar la textura. Las partículas del suelo de tamaño mayor a 2.0 mm se definen como piedra y grava e igualmente se incluyen en la clase de textura. Cuando prevalecen elementos orgánicos se originan suelos orgánicos en lugar de minerales. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2016)



**Figura 1-2:** Triángulo de textura de suelos

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2016)

**Tabla 11-2:** Materiales y equipos utilizados para la textura del suelo

Material	Equipo
Suelo sin materia orgánica	Estufa de aire forzado
Hexametafosfato de sodio (1 N)	Agitador eléctrico
Agua oxigenada (6%)	Agitador de vidrio
Agua destilada	Plancha eléctrica graduable
Pipeta lowy	
Botellas (250 ml)	
Botes de aluminio	
Tamices de 300 mallas	
Cápsulas de porcelana	

Realizado por: Jorge Choca, 2017



#### 2.4.1.1. Procedimiento

##### **Pretratamiento de la muestra, digestión de la materia orgánica:**

- 1) Recoger 100 g de suelo seco, seguidamente tamizarlo por medio de una malla de 2 mm y llevarlo a un vaso de precipitado de 1 L, colocar agua destilada hasta cubrir el suelo
- 2) Añadir 10 ml de agua oxigenada al 6% y por medio de un agitador de vidrio revolver por 10 min.
- 3) Colocar otros 10 ml de agua oxigenada y verificar si ocurre una reacción violenta con la generación de espuma; si es así agregar 10 ml de agua oxigenada cada 15 min. hasta que no haya presencia de espuma
- 4) Situar el vaso en la parrilla o plancha eléctrica localizada dentro de la campana de extracción, y calentar hasta 90 °C
- 5) Verter 10 ml más de agua oxigenada y verificar la intensidad de la reacción. Si la reacción es violenta (cantidad de espuma considerable) añadir una dosis más de 10 ml de agua oxigenada hasta que no se evidencie espuma
- 6) Posterior a la adición de agua oxigenada, seguir calentando para eliminar el posible exceso de agua oxigenada. (Tiempo mínimo de 45 min.)
- 7) Colocar el suelo a un recipiente de aluminio (en caso necesario usar agua destilada)
- 8) Llevar el recipiente a la estufa para secar a 105 °C hasta obtener un peso constante
- 9) Trasladar la muestra a un mortero, con una malla de 2 mm proceder a moler y tamizar.  
(Fernández Linares, y otros, 2006)

##### **Determinación de la textura**

- 1) Pesar 5 g de suelo seco (sin materia orgánica), posteriormente molerlo y tamizarlo por medio de una malla menor a 2 mm.
- 2) Transportar la muestra a una botella de 250 ml.
- 3) Añadir a la botella con la muestra suelo 10 ml del dispersante hexametáfosfato de sodio
- 4) Llevar cerca de 50 ml con agua destilada

- 5) Revolver la botella con la muestra de suelo, agua y dispersante por 5 min., dejando en reposo por 12 h.
- 6) Agitar una vez terminado el periodo de reposo la suspensión por 30 min. con un agitador eléctrico
- 7) Trasladar la suspensión por un tamiz de 300 mallas, tomando el filtrado en cápsulas de porcelana. Utilizar la mínima cantidad de agua para apartar la arena que permanecerá en el tamiz; la porción de arcilla y limo estarán en la suspensión
- 8) Llevar el filtrado a la botella de 250 ml y añadir agua destilada hasta obtener un volumen de 200 ml.
- 9) Revolver la suspensión por 2 min. seguidamente en reposo por 1 h 21 min. 40 s. a continuación coger una alícuota de 25 ml a la profundidad de 2 cm.
- 10) Situar la alícuota de 25 ml en un bote de aluminio pesado con anterioridad y secar en una estufa a 105 °C hasta obtener un peso constante. Llevar la muestra a enfriar en un desecador y pesar
- 11) Las arenas conservadas en el tamiz de 300 mallas colocarlas en un recipiente de aluminio pesado y secar en una estufa a 105 °C hasta obtener un peso constante. (Fernández Linares, y otros, 2006)

### Cálculos

$$\% \text{ de arena} = (B/A) \times 100$$

Dónde:

A = peso de la muestra.

B = peso de arenas.

% de arcilla =  $(E / A) \times 100$ .

C = peso de arcilla + limo =  $(A - B)$ .

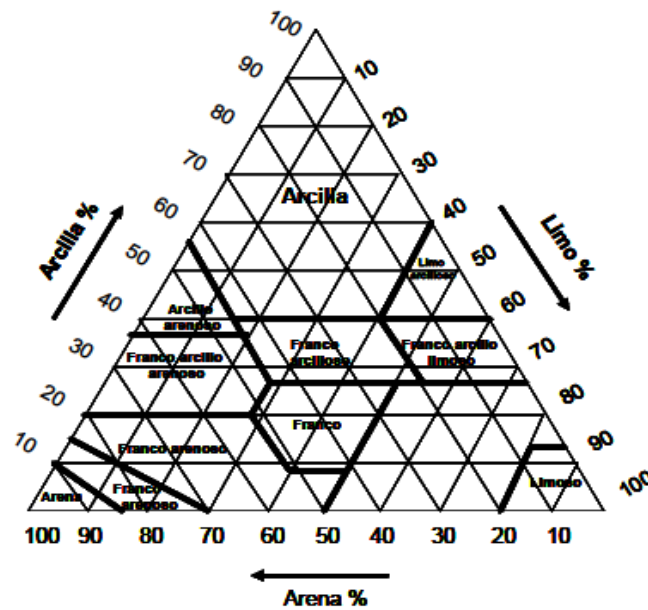
% de limo =  $(F / A) \times 100$ .

D = peso del suelo en la alícuota (partículas < 0.002 mm).

E = peso de arcilla =  $D \times 8$ .

F = peso del limo =  $A - B - E$ . (Fernández Linares, y otros, 2006)

Una vez obtenidos los porcentajes de arena, limo y arcilla y utilizando el triángulo de textura se establecerá la textura del suelo. (Fernández Linares, y otros, 2006)



**Figura 2-2:** Triángulo de textura del sistema de clasificación de la USDA

**Fuente:** (Fernández Linares, y otros, 2006)

#### 2.4.2. Infiltración

Se utilizó un anillo de infiltración

#### Método del anillo simple

- 1) Limpiar el área de estudio
- 2) Colocar el anillo unos 15 cm bajo el nivel del suelo
- 3) Añadir agua al nivel establecido cerca de 20 cm sobre el nivel del suelo
- 4) Calcular los tiempo que tarda el agua en infiltrarse en cada cm del suelo. (Departamento de Suelos EPOCH. Ing. Jorge Cáceres, 2012)

**Cálculo del volumen del cilindro ( $V_c$ ): ( $\text{cm}^3$ ) y Volumen infiltrado  $V_i$ :  $\text{cm}^3$**

$$V_c = A \times H$$

**Dónde:**

$V_c$  = volumen del cilindro ( $\text{cm}^3$ )

$A$  = área del cilindro ( $\text{cm}^2$ )

$H$  = altura del cilindro (cm)

### **2.4.3. Densidad aparente**

**Tabla 12-2:** Materiales y equipos utilizados para la densidad aparente

<b>Material</b>	<b>Equipo</b>
Cilindros de volumen conocido	Estufa
Martillo de goma	
Espátula	
Cinzel	
Pala	

**Realizado por:** Jorge Choca, 2017

### **Procedimiento del cilindro**

- 1) Limpiar previamente la superficie del suelo de la fracción vegetal que no se encuentre enraizada (30 cm x 30 cm)
- 2) Excavar aproximadamente 30 cm.
- 3) Introducir un cilindro de volumen conocido a una profundidad de 0 - 30 cm.

- 4) Golpear el cilindro hasta la profundidad requerida con un suave golpeteo de un martillo de goma
- 5) Obtener la muestra de suelo y posteriormente secarla en una estufa a 105°C - 110°C por 24 - 48 h. hasta obtener un peso constante.

**Fórmula**

$$D_{Ap} \text{ (g * cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{peso suelo seco a 105 }^{\circ}\text{C, contenido en el cilindro (g)}}{\text{volumen del cilindro (cm}^3\text{)}}$$

$$V_c = \pi * r_c^2 * h_c$$

Dónde:

Rc =Radio del cilindro

Hc =Altura del cilindro.

**2.4.4. Humedad**

Se usó el método gravimétrico para determinar exclusivamente la cantidad de agua de los suelos.

**Tabla 13-2:** Materiales y equipos utilizados para la humedad

<b>Material</b>	<b>Equipo</b>
Muestras de suelo	Estufa
Espátula	
Balanza analítica	
Charolas o papel aluminio a peso constante	
Pala	

**Realizado por:** Jorge Choca, 2017

## Procedimiento

- 1) Pesar 1 g de muestra de suelo en una charola de aluminio o papel a peso constante
- 2) Llevar la muestra a una estufa a 80 °C de 12 a 24 h.
- 3) Trasladar la muestra de la estufa a un desecador hasta que se enfríe
- 4) Pesar la muestra con todo el papel
- 5) Deducir los porcentajes de humedad en el suelo por diferencia de pesos

## Fórmula

$$\% \text{ Humedad del suelo} = (\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial} * 100$$

## 2.5. Análisis de los parámetros químicos del suelo

### 2.5.1. *Materia orgánica*

Se utilizó el método de combustión húmeda

**Tabla 14-2:** Materiales y equipos utilizados para la materia orgánica

<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Balanza analítica	Solución de K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (1N)
Pipeta graduada de 10 ml.	Indicador ortofenantrolina
Bureta de 25 o 50 ml.	Solución 0,5N de sulfato ferroso amónico (sal de Mohr). [Fe(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 6 H <sub>2</sub> O].
Erlenmeyer de 500 ml.	Solución de K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (1N)
Probeta de 25 y 100 ml.	
Matraz aforado de 1000 ml.	

Realizado por: Jorge Choca, 2017

## Preparación de reactivos

### Solución 1N de $K_2Cr_2O_7$ (PM= 294.21) eq= $294.21/6=49.035$

- 1) Dividir el PM entre 6, debido a que la reacción de oxidación reducción el  $K_2Cr_2O_7$  gana seis electrones:  $H_2SO_4$
- 2) Pesar 49.035 g de  $K_2Cr_2O_7$  químicamente puro o su equivalente de acuerdo a su pureza, llevarlo a un matraz aforado de 1000 ml.
- 3) Añadir agua hasta disolver, seguidamente enrasar con agua y agitar

### Solución 0.5 N de sal de Mohr ( $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ )

- 1) Pesar 196.1 g de  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  químicamente puro o su porción equivalente, conforme la pureza del reactivo y llevarlo a un matraz aforado de 1000 ml.
- 2) Añadir agua hasta disolver
- 3) Colocar 40 ml de  $H_2SO_4$  concentrado
- 4) Dejar enfriar
- 5) Añadir agua hasta el enrase y agitar
- 6) Valorar con solución 1N de  $K_2Cr_2O_7$
- 7) Conservar en pomo ámbar y en una parte oscuro. En condiciones normales el  $Fe^{+2}$  se oxida a  $Fe^{+3}$ , por lo que es indispensable verificar su concentración habitualmente.

### Ortofenantrolina (indicador)

- 1) Pesar 1.5 g del indicador y 1.04 g de sal de Mohr o 0.7 g de  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$
- 2) Llevar a un matraz aforado de 100 ml.
- 3) Agregar agua para disolverlos.
- 4) Enrasar con agua y agitar.

## Técnica analítica

- 1) Pesar 1g de muestra de suelo pasada por un tamiz de 0.5 mm y llevarla a un Erlenmeyer de 500 ml.
- 2) Tomar con una pipeta o bureta un volumen de 10 ml. de solución 1N de  $K_2Cr_2O_7$  y transportarlo al Erlenmeyer. Agitar con el fin de mezclar bien con el suelo y generar una mezcla homogénea. Agregar con una probeta 20 ml. de  $H_2SO_4$  concentrado, poco a poco, hasta que el sulfúrico se mezcle bien con el suelo y el bicromato. Agitar por 1 min. y dejar en reposo por 30 min.
- 3) Preparar conjuntamente con las muestras un “blanco” con 10 ml. de solución de  $K_2Cr_2O_7$  1N y 20 ml. de  $H_2SO_4$  concentrado, seguir de semejante manera con lo establecido para las muestras
- 4) Añadir una vez transcurrido el tiempo establecido con una probeta 100 ml. de agua y 5 gotas del indicador Ortofenantrolina
- 5) Valorar con solución 0.5N de sal de Mohr. Cuando ocurre un cambio de color de verde a rojo ladrillo es considerado el final de la reacción. Anotar la cantidad (ml.) de solución de sulfato ferroso consumido en la valoración, incluido el blanco.
- 6) Deducir la cantidad de materia orgánica en la muestra de suelo: 1 mL de  $K_2Cr_2O_7$  1N= 0.0069 g de MO.

### 2.5.2. pH

Se utilizó el método potenciométrico

**Tabla 15-2:** Materiales y reactivos utilizados para el pH

<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>
Muestra de suelo	Balanza analítica
Vasos de precipitación de 25 ml.	Potenciómetro
Pipeta de 10 ml.	Agitadores magnéticos
Agua destilada	
Piceta con agua destilada	
Solución amortiguadora de pH 7 y 4	

Realizado por: Jorge Choca, 2017



## Procedimiento

- 1) Pesar 1 g de suelo y llevarlo a un vaso de precipitación de 25 ml.
- 2) Añadir 10 ml de agua destilada
- 3) Revolver y dejar en reposo durante 10 min.
- 4) Ajustar el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras.
- 5) Medir una vez culminados los 10 min. el pH con el potenciómetro.

### 2.5.3. Conductividad eléctrica

Se usó un conductímetro sobre una muestra de extracto de suelo.

**Tabla 16-2:** Materiales y equipos utilizados para la conductividad eléctrica

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Muestra de suelo tratado (seco y molida en un mortero)	Conductímetro
Vaso de precipitado de 100 ml.	Balanza analítica
Papel filtro	
Bureta	
Espátula	
Embudo Buchner	
Matraz Kitazato	
Piceta con agua destilada	
Bomba de vacío	
Probeta	
Frascos	
Agua destilada	
Matraz aforado de 100 ml	

Realizado por: Jorge Choca, 2017

## **Soluciones**

- Solución estándar de cloruro de potasio (KCl) 0.1 N. Disolver 0.7455 g de KCl en agua destilada y aforar a 100 ml.
- Solución estándar de cloruro de potasio (KCl) 0.01 N. Coger una alícuota de 10 ml de la solución estándar de KCl 0.1 N y aforar a 100 ml.

## **Procedimiento**

### **Preparación de la pasta de saturación**

- 1) Pesar 40 g de suelo seco y llevarlo a un recipiente plástico (pesar 600 g si el suelo es arenoso o areno-migajoso)
- 2) Añadir agua destilada con la bureta y revolver con la espátula hasta saturarla
- 3) Sacudir el recipiente cuidadosamente sobre una superficie (mesa) para asentar el suelo
- 4) Observar si se presenta un brillo en su superficie entonces la pasta estará lista (formación de un espejo) este proceso no ocurre en suelos con alto contenido de arcilla
- 5) Registrar el volumen de agua gastado en ml.
- 6) Reposar la pasta durante 1 h y verificar a criterio su saturación
- 7) Tapar el recipiente y reposar por 3 h, con excepción de suelos arcillosos que requieren 24 h.

### **Obtención del extracto del suelo**

- 1) Colocar papel filtro sobre un embudo, humectarlo con agua destilada dejando que se drene el exceso
- 2) Conectar el sistema de filtración al vacío
- 3) Mezclar de nuevo la pasta y llevarla al embudo y aplicar vacío
- 4) Conseguir un extracto cerca de 50 ml.

### Determinación de la conductividad eléctrica.

- 1) Calibrar el conductímetro.
- 2) Calibrar antes de usar el medidor de conductividad con una solución estándar (soluciones de KCl, 0.1 N y 0.01 N) con cada una se ajusta el equipo a la conductividad requerida.
- 3) Reportar la conductividad y la temperatura del extracto (si la lectura se determina en  $\mu\text{mhos}$ , convertir los resultados a  $\text{mmhos}$  o  $\text{dS}$  dividiendo entre 1 000)
- 4) Hacer en caso necesario corrección consultando la tabla de factores de corrección para distintas temperaturas, multiplicando el resultado de conductividad por el valor proporcionado.

### Cálculos

$$\text{Salinidad} = \text{mhos} / \text{cm} \times 604.$$

**Tabla 17-2:** Criterios para evaluar la salinidad de un suelo de acuerdo a la conductividad

Categoría del suelo	Valor (mmhos/cm o dS/m)
No salino	0-2.0
Poco salino	2.1-4.0
Moderadamente salino	4.1-8.0
Muy salino	8.1-16.0
Extremadamente salino	>16.0

Fuente: (Vázquez, 1993)

#### 2.5.4. Fósforo soluble

La cuantificación se establece por colorimetría.

**Tabla 18-2:** Materiales y equipos utilizados para la prueba de fósforo soluble

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
1 g de muestra de suelo seco y molido en un mortero	Espectrofotómetro visible
Pipetas de 1.5 y 10 ml.	Centrífuga
Vasos de precipitación	
Matraces aforados de 0.5 y 1 L	
Probeta de 250 ml	
Matraz Erlenmeyer de 1 y 2 L	
Botellas de polipropileno 1 L	
Tubos de ensayo de 10 ml	
Tubos de plástico para centrífuga de 15 ml	
Gradillas	
Vórtex	
Agua destilada	
Frascos de vidrio ámbar con tapa esmerilada.	

**Realizado por:** Jorge Choca, 2017

### **Soluciones y reactivos**

- 1) Mezcla crómica: Pesar 100 g de dicromato de potasio ( $2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) y mezclar con 1 L de agua destilada. Calentar hasta la disolución completa del reactivo. Enfriar la solución y añadir gota a gota 100 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- 2) Solución madre de fluoruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{F}$ ) 1 N: Pesar 37 g de fluoruro de amonio, e incorporar agua destilada y aforar a 1 L. Conservar en un recipiente de polipropileno
- 3) Ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) 0.5 N: Diluir 20.2 ml de  $\text{HCl}$  concentrado hasta llegar a un volumen de 500 ml con agua destilada
- 4) Solución extractora: Agregar 460 ml de agua destilada a 15 ml de solución madre de fluoruro de amonio y 25 ml de solución de ácido clorhídrico 0.5 N, esto genera una solución de 0.03 N de fluoruro de amonio y 0.025 N de ácido clorhídrico. Esta solución debe ser recogida en un recipiente de polipropileno tapado correctamente

- 5) Solución de ácido clorhídrico (HCl) 10 N: Colocar 80 ml de agua destilada en un matraz aforado de 500 ml y añadir poco a poco y por las paredes del matraz 404 ml de ácido clorhídrico concentrado (HCl), finalmente completar un volumen de 500 ml con agua destilada. (Fernández Linares, y otros, 2006)
- 6) Solución de molibdato de amonio-ácido clorhídrico: Pesar 15 g de molibdato de amonio tetrahidratado ((NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O) y mezclar en 350 ml de agua destilada. Agregar poco a poco y agitando repetidamente 300 ml de ácido clorhídrico 10 N. Dejar enfriar a temperatura de laboratorio y aforar a 1 L con agua destilada. Disolver correctamente y guardar en frasco ámbar con tapón esmerilado
- 7) Solución madre de cloruro estañoso: Pesar 5 g de cloruro estañoso dihidratado (SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O) y mezclarlo en 12.5 ml de ácido clorhídrico concentrado (HCl). Calentar a baño María hasta lograr que se disuelva bien. Refrigerar en frasco ámbar con tapón esmerilado
- 8) Solución de cloruro estañoso diluida: (prepararla cuatro horas antes de su uso). Agregar 33 ml de agua destilada a 0.1 ml de solución madre de cloruro estañoso o 0.3 por 99 ml de agua.
- 9) Solución tipo de fosfato (100 mg/ml): (1 mililitro de esta solución contiene 100 ppm de fósforo). Pesar 0.4389 g de fosfato de potasio monobásico (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) mezclar con agua destilada y aforar a 1 L.
- 10) Agua bidestilada o desmineralizada. (Fernández Linares, y otros, 2006)

## **Procedimiento**

- 1) Pesar 1 g de suelo seco y molido y llevarlo a un tubo para centrífuga de 15 ml.
- 2) Añadir 7 ml de solución extractora, remover con vórtex de tal forma que se mezcle correctamente el suelo y la solución extractora
- 3) Centrifugar las muestras por 10 min. a 6 000 rpm.
- 4) Tomar del sobrenadante 1 ml y situar en un tubo de vidrio, adicionar 6 ml de agua destilada y 2 ml de la solución de molibdato y mezclar apropiadamente
- 5) Agregar 1 ml de solución de cloruro estañoso diluido (preparada al momento) y mezclar
- 6) Leer transcurridos 10 min. la absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 640 nm. Todas las lecturas deberán concluir antes de 20 min.
- 7) Realizar un blanco cada vez que se lea un lote de muestras de la siguiente forma: colocar 1 ml de H<sub>2</sub>O destilada y 1 ml de solución extractora, adicionar 5 ml de agua destilada y 2 ml de

solución de molibdato de amonio, mezclar y añadir 1 ml de la solución de cloruro estañoso y mezclar

- 8) Construir la curva patrón al realizar las diluciones correspondientes de la solución tipo de fosfato, llevando el volumen a 100 ml. (Fernández Linares, y otros, 2006)

Curva patrón: Poner 1 ml de cada una de las diluciones (ppm) de la solución tipo de fosfato en los tubos. Agregar 1 ml de la solución extractora, 5 ml de agua destilada y 2 ml de solución de molibdato de amonio. A continuación 1 ml de solución de cloruro estañoso diluido y mezclar.

Finalmente hacer las lecturas y terminarlas antes de 20 min.

#### 2.5.5. *Nitrógeno total*

Se utilizó el método Micro- Kjeldahl

**Tabla 19-2:** Materiales y equipos utilizados para la prueba de nitrógeno total

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Muestra de suelo (seco y molido con un mortero)	Balanza analítica
Vasos de precipitados	Destilador
Matraces Kjeldahl	
Digestor	
Probetas	
Matraz aforado de 1 L.	
Matraces Erlenmeyer de 1 L.	
Pipeta	
Perlas de ebullición	
Bureta	

Realizado por: Jorge Choca, 2017

## Soluciones y reactivos

- 1) Solución de ácido bórico con indicador. Pesar 20 g de ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) y mezclar con 750 ml de agua destilada. Proceder a calentar hasta la disolución completa del ácido. Enfriar y añadir 20 ml de la mezcla de indicadores: 0.099 g de verde de bromocresol y 0.066 g de rojo de metilo disueltos en 100 ml de alcohol etílico al 96%. El pH de la mezcla debe de ser de 5.0, si presenta mayor acidez adicionar algunas gotas de solución de hidróxido de sodio 0.1 N, hasta que la solución alcance una coloración púrpura o alcance el pH indicado. Completar el volumen a 1 L con agua destilada y mezclar
- 2) Solución de hidróxido de sodio 0.1 N: Pesar 4 g de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) mezclar con agua destilada y aforar a 1 L.
- 3) Mezcla de catalizadores: Pesar 62.5 g de sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) y 6.25 g de sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Homogeneizar la mezcla
- 4) Solución de hidróxido de sodio 10 N: Pesar 200 g de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ), mezclar en agua destilada y aforar a 500 ml. Previamente el agua para preparar la solución debe ser hervida para eliminar el  $\text{CO}_2$ , dejar enfriar antes de agregarla
- 5) Solución de ácido sulfúrico 0.01 N: Diluir 0.28 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) hasta llegar a un volumen de 1 L con agua destilada. La concentración del ácido debe ser estandarizada con la solución valorada de carbonato de sodio
- 6) Solución valorada de carbonato de sodio: Pesar 0.25 g de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), secado anteriormente en la estufa durante 2 h a  $105^\circ\text{C}$  disolver con agua destilada y aforar a 50 ml.
- 7) Solución de anaranjado de metilo: Pesar 0.1 g de anaranjado de metilo, disolver en agua destilada y aforar a 100 ml. (Fernández Linares, y otros, 2006)

### Valoración de la normalidad del ácido sulfúrico 0.01 N

- Ocupar 3 alícuotas de 10 ml de la solución de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- Adicionar 5 o 6 gotas de anaranjado de metilo como indicador
- Titular con la solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.01 N
- Determinar la normalidad real reemplazando en la fórmula

**Normalidad del  $H_2SO_4 = (0.050 \text{ g/ } 53) \times (1/ \text{ Promedio de ml gastados en las tres alícuotas})$**

- Ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ )
- Granallas de zinc.

## **Procedimiento**

### **Digestión**

- 1) Pesar de 0.25 a 1 g de suelo dependiendo de la materia orgánica en el suelo
- 2) Llevar la muestra de suelo a un matraz Kjeldahl seco
- 3) Añadir 2 g de mezcla de catalizadores
- 4) Adicionar 5 ml de ácido sulfúrico concentrado
- 5) Calentar en el digestor a una temperatura media hasta que la muestra se torne clara
- 6) Hervir la muestra por 1 h a partir de ese momento.
- 7) Apagar el digestor una vez culminada la digestión y tapar con un frasco los matraces para enfriar.

### **Destilación**

- 1) Adicionar al matraz Kjeldahl frío 25 ml de agua destilada y mezclar hasta lograr una completa disolución
- 2) Trasladar el líquido a un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Poner de 5 a 6 perlas de ebullición
- 3) Agregar 3 granallas de zinc. Colocar 15 ml de la solución de hidróxido de sodio 10 N, sosteniendo el matraz de forma inclinada para que se deposite en el fondo
- 4) Ubicar a la salida del aparato de destilación un vaso de precipitados de 50 ml con 10 ml de la solución de ácido bórico más indicador



- 5) Conectar el flujo de agua y comenzar la destilación. Destilar hasta que el volumen alcance 20 ml en el vaso de precipitación de 50 ml. Y posteriormente retirar el matraz y apagar
- 6) Titular el nitrógeno amoniacal con la solución de ácido sulfúrico 0.01 N hasta que vire de verde a rosado fuerte.
- 7) Realizar un blanco.

## Cálculos

Para el cálculo de la concentración de nitrógeno se reemplaza de la fórmula.

$$N (\%) = \frac{(T - B) \times N \times 1,4}{S}$$

Dónde:

T = ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> valorado gastados en la muestra

B = ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> valorado gastados en el blanco

N = normalidad exacta del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

S = peso de la muestra de suelo.

## 2.6. Análisis de flora

### 2.6.1. Densidad de flora

Se utilizó la metodología Gloria (cuadrantes)

**Tabla 20-2:** Materiales y equipos utilizados para la densidad de la flora

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Cuerda	• Flexómetros de 3 y 50 m
Cinta métrica	• GPS
Estacas	
Rollos de cuerda	
Pala	

Realizado por: Jorge Choca, 2017

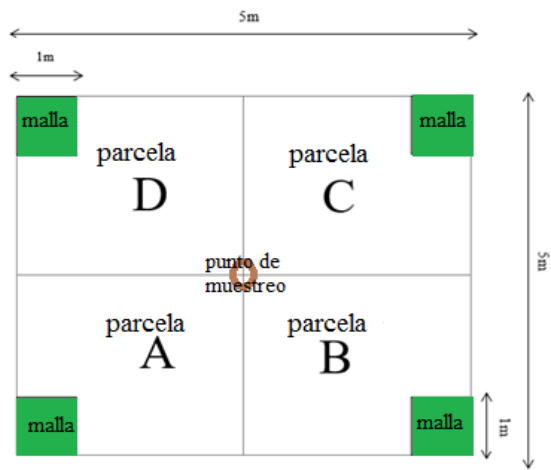
## **Procedimiento**

### **Construcción de la malla de muestreo**

- 1) Usar estacas para establecer los soportes de la malla en cada esquina con dimensiones de  $1\text{m}^2$
- 2) Emplear cuerda y atarla a cada una de las estacas
- 3) Dividir con ayuda de una cinta métrica en cuadrículas de  $0.1\text{ m}^2$  formando 100 celdas

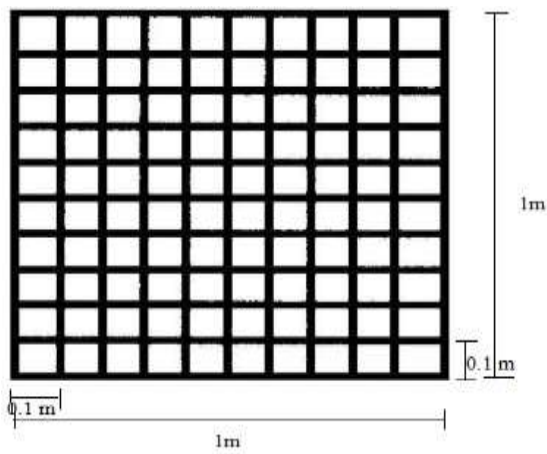
### **Muestreo de la vegetación**

- 1) Medir con ayuda de un flexómetro en cada punto de muestreo 2.5 m al norte, 2.5 m al sur, 2.5 m al este y 2.5 m al oeste formando un cuadrante de  $5\text{ m}^2$
- 2) Dividir el cuadrante en cuatro parcelas de  $2,5\text{ m}^2$  (A, B, C, D).
- 3) Colocar la malla de muestreo de  $1\text{ m}^2$  en cada uno de los vértices del cuadrante
- 4) Identificar y contabilizar las especies de flora en cada una de las celdas de la malla por punto de muestreo.
- 5) Recolectar y codificar las muestras representativas de cada especie
- 6) Proceder a su identificación (nombre, familia) y tabulación.



**Figura 3-2:** Dimensiones del cuadrante de muestreo

**Fuente:** (Carrasco Ronquillo, et al., 2016)



**Figura 48-2:** Dimensiones de la malla de muestreo

**Fuente:** (Carrasco Ronquillo, et al., 2016)

## **2.7. Correlación de los parámetros edáficos mediante la evaluación de cada tipo conforme la actividad que se realiza en la Reserva Faunística de Chimborazo**

### **Procedimiento**

- 1) Emplear la información adquirida de la condición de la Reserva de producción faunística de Chimborazo
- 2) Relacionar las actividades que se desarrollan en la reserva y la evaluación de los parámetros analizados
- 3) Disponer de la interpretación de los parámetros
- 4) Establecer la relación entre las actividades y el total de parámetros analizados.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Ubicación política

Está delimitada por los Gobiernos Autónomos Descentralizados de los Cantones de Guaranda, Guano, Riobamba, Ambato, Tisaleo y Mocha. (EcoCiencia, 2014)

**Tabla 21-3:** Parroquias vinculadas a la RPFCH

<b>Provincia</b>	<b>Cantón</b>	<b>Parroquia</b>	
<b>Bolívar</b>	Guaranda	Simiátug	
	Guaranda	Salinas	
	Guaranda	Guanujo	
<b>Chimborazo</b>	Guano	San Andrés	
	Riobamba	San Juan	
<b>Tungurahua</b>	Ambato	Pilahuín	
	Ambato	Juan Benigno Vela	
	Ambato	Santa Rosa	
	Tisaleo	Quinchicoto	
	Mocha	Mocha	
	<b>TOTAL 10 parroquias involucradas</b>		

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos; 2012)

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)

### 3.2. Ubicación geográfica

Se encuentra en el medio de la región Sierra entre dos nevados, Chimborazo y Carihuairazo ecosistemas utilizados para varias actividades agrícolas, turísticas y de conservación. El núcleo de la reserva se sitúa en las coordenadas geográficas 740028,661 E y 9842292,443 N.

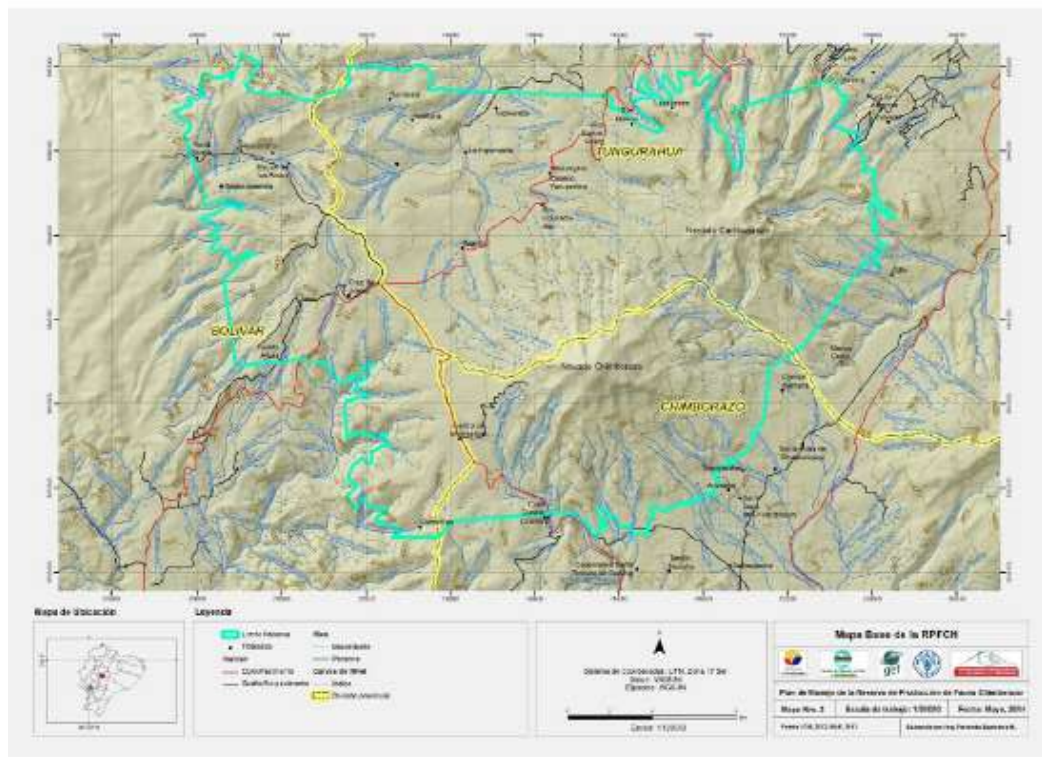


Figura 1-3: Mapa base de la RPFCH.

Fuente: (EcoCiencia, 2014)

### 3.3. Extensión y límites

De acuerdo al registro oficial de noviembre 9 de 1987 la reserva está conformada por los nevados Chimborazo y Carihuairazo y sus territorios de páramos adyacentes en todo su contorno.

- **Norte:** Quebrada Mulacorrall, Loma Cóndor Samana, Loma Chaupiloma, Cerro Tangango, Cerro Sunaniza, Páramo de Guillán, Loma Utucumuri, Loma Sumipungu, Loma Tanimullo,
- **Sur:** Minas de Cascajo, Cerro Razotambo Grande, cauce superior del Río Corazón, Talahua, Quebrada Yuracpolvo
- **Este:** Loma Chillabulla, Loma Caparina, Mortiño Loma, Quebrada Cocha Podrido,
- **Oeste:** Mesarrumi, Loma Quishuar, Loma Mangahurcu, curso superior de la Quebrada Curipaccha, Loma Curipaccha, Quebrada Lozán, Cerros Toni y Batijasacha, Quebrada Allpacorrall, Quebrada Yucuviana, Quebrada Laihua, curso superior de la Quebrada Yuracsha, Loma Tioginal. La extensión de la reserva es de 58.560 has; su altitud varía desde los 3.800 a 6.310 m.s.n.m.; que concierne a la cumbre del volcán Chimborazo considerada como la montaña más alta del Ecuador.

### **3.4. Propuesta de índices de calidad de suelos**

La presente investigación propone el análisis de los siguientes índices de calidad de suelo aplicados a las rutas de la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo:

#### **Parámetros físicos del suelo**

- Textura
- Infiltración
- Densidad aparente
- Humedad

#### **Parámetros químicos del suelo**

- Materia orgánica
- pH

- Conductividad eléctrica
- Fósforo soluble
- Nitrógeno total

### **Parámetro flora**

Análisis de flora. Especies encontradas

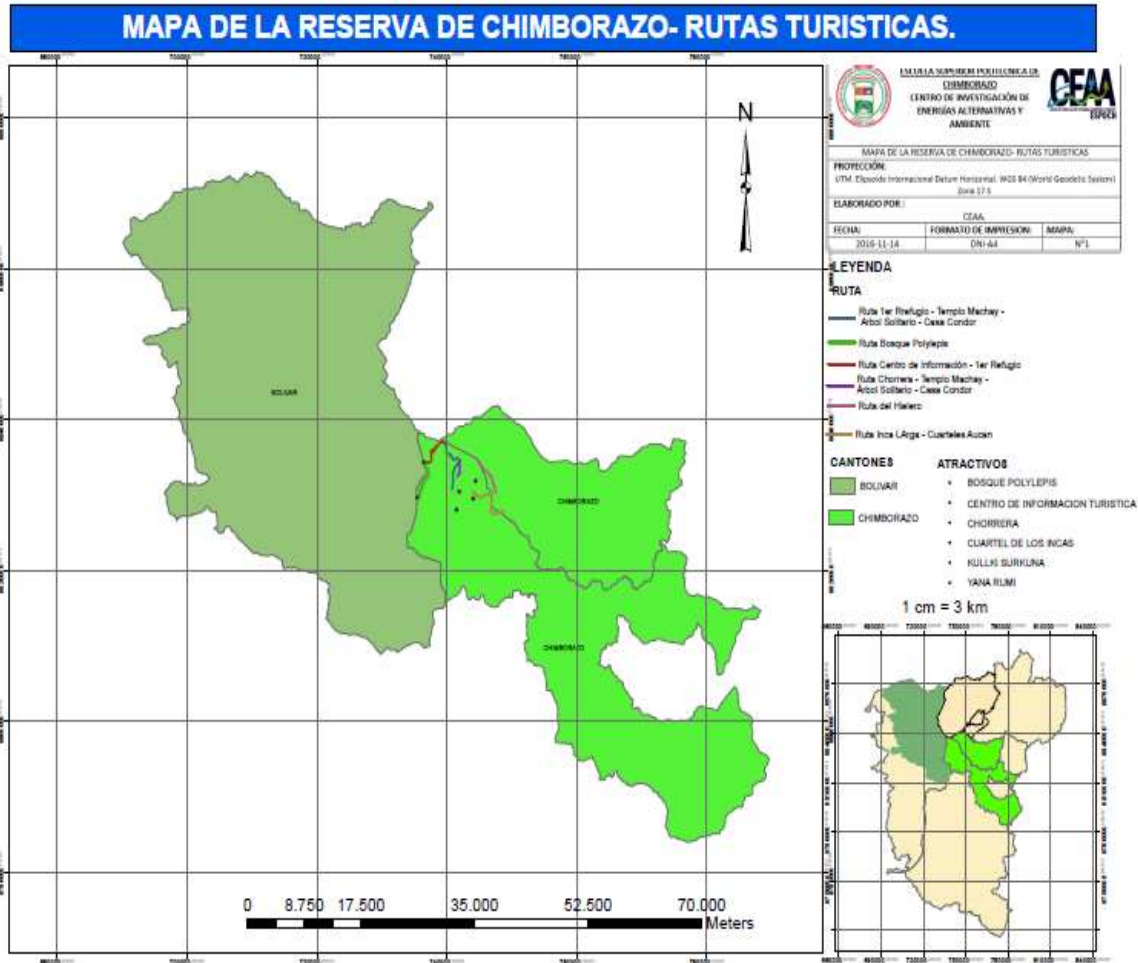
Las muestras de suelo y flora fueron extraídas de las rutas:

1. Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico)
2. Ruta Bosque *Polylepis* (Suelo no intervenido)
3. Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)

Posteriormente, las muestras de suelo se trasladaron al laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para sus correspondientes análisis físicos y químicos y las muestras de flora al herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para su identificación.

Finalmente se efectuó la interpretación de los análisis realizados a las muestras extraídas, estableciendo el estado actual de la reserva y relacionado con los parámetros analizados y las actividades que se generan en el interior de la reserva.



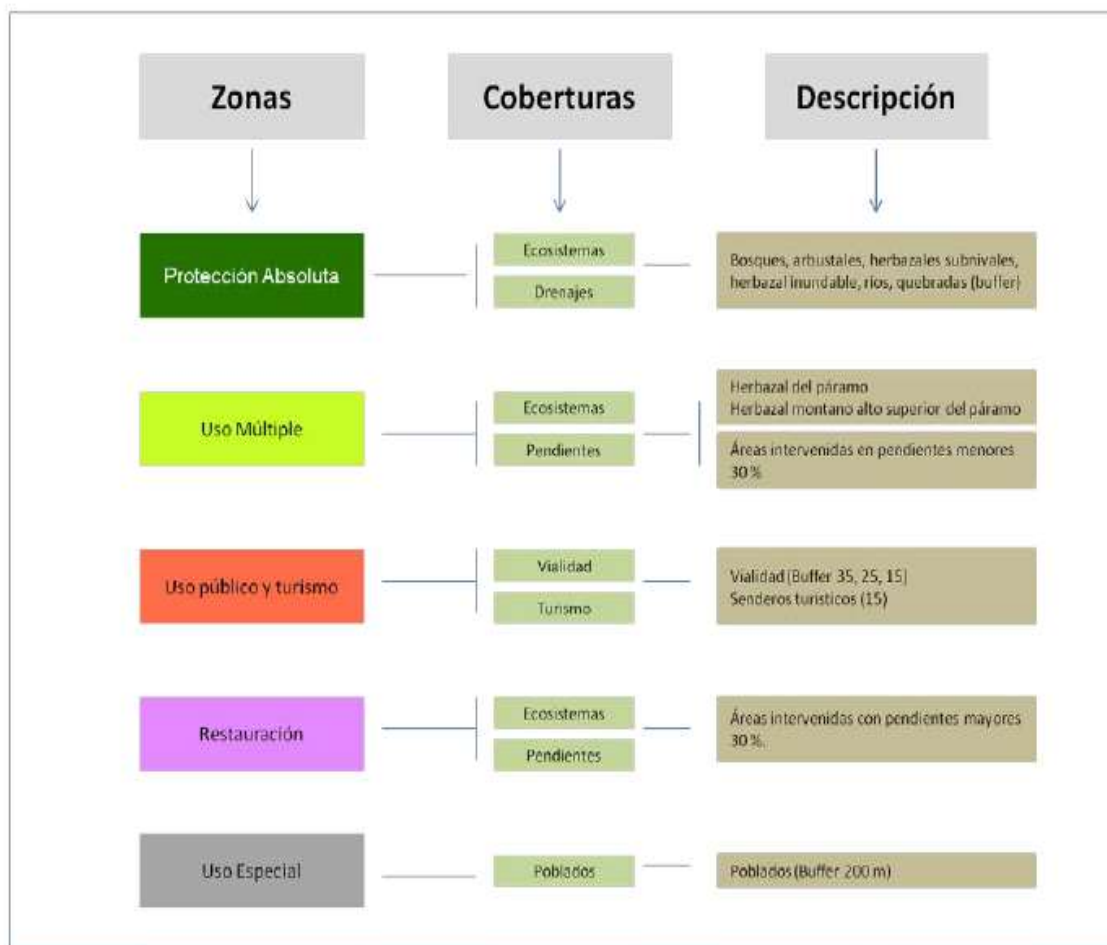


**Figura 2-3** Rutas de la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo

Fuente: (CEAA, 2016)

### 3.0. Identificación las actividades preponderantes dentro de la Reserva Faunística de Chimborazo.

De acuerdo a la “Actualización del plan de manejo de la Reserva de producción de fauna Chimborazo. Informe final de consultoría” establecido por *EcoCiencia* (Fundación Ecuatoriana de Estudios Ecológicos) en el 2014 se propuso 5 zonas de las cuales se identificaron las actividades permitidas y no permitidas (EcoCiencia, 2014):



**Figura 3-3:** Zonas de la Reserva Faunística de Chimborazo

**Fuente:** (EcoCiencia, 2014)

**Realizado por:** Equipo consultor

**Tabla 22-3:** Zona de protección absoluta

<b>Zona de protección absoluta</b>	
Se extiende por las áreas de las faldas y conos de los nevados Chimborazo y Carihuairazo, hallándose en los límites de las tres provincias, se extienden desde el centro de información hacia la cruz del arenal, en esta zona se evidencia quebradas que permiten la recarga de agua así como un hábitat adecuado para las vicuñas	
<b>Actividades permitidas</b>	<b>Actividades no permitidas</b>
Investigación científica sobre biodiversidad de acuerdo a los permisos correspondientes de investigación otorgados por el MAE.	Extracción de fauna, flora y otros seres vivos (hongos, bacterias, microorganismos, etc.) sin consentimiento de investigación otorgados por MAE
Colecciones científicas con los permisos respaldadas en proyectos de investigación	Cacería y pesca con explosivos, electricidad o veneno
Turismo y actividades de educación e interpretación ambiental con las autorizaciones del MAE y los acuerdos, convenios o concesiones implementados bajo iniciativas públicas, privadas, comunitarias o de la sociedad civil	Turismo sin planificación ni control. Construcción y operación de infraestructura para turismo masivo
Monitoreo biológico de la biodiversidad, con los permisos de investigación	Actividades productivas y expansión de cultivos y pastizales con fines comerciales
	Exploración y explotación minera pétreo, metálica, mineral o de hidrocarburos
	Aprovechamiento forestal
	Introducción de especies exóticas de flora y fauna
	Obras de infraestructura pública e industrial, salvo infraestructura turística y señalética básicas para apoyar actividades permitidas.

**Fuente:** (EcoCiencia, 2014)

**Realizado por:** Equipo consultor

**Tabla 23-3:** Zona de uso público y turismo

<b>Zona de uso público y turismo</b>	
<p>Constituida por los senderos turísticos establecidos en la provincia de Chimborazo, arriba de la casa Cóndor, sector de la comunidad Chorrera, y en las tres provincias los contornos a las vías carrozables</p> <p>Esta zona está definida por la presencia de vialidad. Se ha creado una zona buffer en función de tipo de vía</p>	
<b>Actividades permitidas</b>	<b>Actividades no permitidas</b>
Agroturismo responsable, turismo vivencial, turismo sostenible (aviturismo, caminatas, etc.)	Turismo masivo, construcción de mega-infraestructura turística
Restauración ecológica con especies nativas o adaptadas a las condiciones y requerimientos ecológicos de la zona	Tala ilegal. Siembra de especies exóticas o invasoras bajo mecanismos no sostenibles para fines no agrícolas
Producción de energías renovables, a baja escala, sin generar daños a los ecosistemas, inundaciones, desplazamiento de personas o infraestructura, pérdida de cobertura forestal o de suelos agrícolas	Actividades contaminantes industriales y artesanales en las cuales se generen residuos nocivos para el ambiente. Botaderos de desecho inorgánicos. Quema de desechos sólidos
Tratamiento de aguas residuales	Vertidos industriales o domésticos no tratados a ríos y otros sistemas hídricos móviles y estáticos
Infraestructura para producción pecuaria, agrícola o turismo, edificada con diseños y materiales apropiados en función de minimizar el impacto ambiental y la huella ecológica, bajo esquemas de manejo adecuado de desechos	Infraestructuras y actividades industriales sin estudios de impacto ambiental debidamente aprobados por la autoridad ambiental local
Educación ambiental, e investigación que contribuyan a la conservación de los	

ecosistemas naturales y la producción agroecológica	
Mantenimiento en vialidad, servicios básicos, equipamiento para recreación	

Fuente: (EcoCiencia, 2014)

Realizado por: Equipo consultor

**Tabla 24-3:** Zona de uso múltiple

<b>Zona de uso múltiple</b>	
<p>Ubicada en la provincia de Bolívar, entre las poblaciones de Puente Ayora y Cruz del Arenal, y al norte de Yurak Uksha. En Tungurahua, en la parte alta de la población Río Colorado y del caserío Yacupartina; también áreas al norte del poblado Pogyos, sur del sector de Romerillos, parte alta de la comunidad Río Blanco, límites de la reserva en el lado Nor-Este y Este. En la provincia de Chimborazo, arriba del sector de Cóndor Samana, proximidades a los límites de la reserva, sectores Chuquipoguio y áreas al Norte y Oeste de la casa Cóndor</p> <p>Con 16.060,5 ha se caracteriza por ser una zona intervenida</p>	
<b>Actividades permitidas</b>	<b>Actividades no permitidas</b>
Sistemas agrosilvopastoriles que privilegien la utilización de especies agrícolas nativas o con potencialidades en la recuperación de suelos. Control integral de plagas y enfermedades, con técnicas agroecológicas.	Siembra de especies exóticas o invasoras bajo mecanismos no sostenibles para fines no agrícolas. Quemadas para fines agrícolas. Uso de transgénicos. Monocultivos
Cría de animales menores a pequeña escala y ganado doméstico bajo sistemas de crianza orgánica, reciclamiento de agua y manejo adecuado de desechos	Exploración y explotación minera pétreo, metálica, mineral o de hidrocarburos
Prácticas agroecológicas de conservación de suelos, con el fin de restaurar y mantener agroecosistemas saludables	Cacería y tráfico de especies silvestres
Crianza y faenamiento de animales, manejando adecuadamente todos los desechos	Quema de desechos sólidos

que deriven de tales actividades	
Plantaciones agroforestales para aprovechamiento forestal sostenible, priorizando sistemas diversificados con especies nativas	Actividades contaminantes industriales y artesanales en las cuales generen residuos nocivos para el ambiente
Agroturismo responsable	
Producción de energías renovables, a baja escala, sin provocar daños en los ecosistemas, inundaciones, desplazamiento de personas o infraestructura, pérdida de cobertura forestal o de suelos agrícolas	
Infraestructura para producción pecuaria, agrícola o turismo, construida con diseños y materiales apropiados en función de minimizar el impacto ambiental y la huella ecológica, bajo esquemas de manejo adecuado de desechos	
Educación ambiental e investigación que contribuyan a la conservación de los ecosistemas naturales y la producción agroecológica	
Infraestructura para la transformación de materias primas producidas en la zona, construida de manera armónica con el paisaje, privilegiando materiales renovables y manejando adecuadamente todos los desechos resultantes de los procesos de transformación	

**Fuente:** (EcoCiencia, 2014)

**Realizado por:** Equipo consultor

**Tabla 25-3:** Zona de recuperación

<b>Zona de recuperación</b>	
Ubicada en la provincia de Chimborazo, en la cual se tienen áreas de esta zona en la parte alta del sector de Artesana y Chuquipogui. En la provincia de Tungurahua, en las laderas próximas a las nacientes de las quebradas Yacutoma, Toallo, Tsunantza y río Pachanlica; parte alta de las poblaciones de Jesús del Gran poder y el Calvario. En la provincia de Bolívar, entre las poblaciones de Puente Ayora y Culebrillas, las laderas del río Curipaccha, Quebrada Paradanarrumi y Chuquipogyo al Nor-Oeste del poblado Culebrillas	
<b>Actividades permitidas</b>	<b>Actividades no permitidas</b>
Investigación científica sobre biodiversidad, con los correspondientes permisos de investigación	Extracción de fauna, flora y otros seres vivos (hongos, bacterias, microorganismos, etc.) sin los correspondientes permisos de investigación otorgados por MAE
Monitoreo biológico con los correspondientes permisos de investigación	Exploración y explotación minera pétreo, metálica, mineral o de hidrocarburos
Reforestación y restauración ecológica con especies nativas adaptadas a los ecosistemas existentes en el área	Aprovechamiento forestal
Manejo de la regeneración natural de la vegetación	Introducción de especies exóticas de flora, fauna y sus elementos constitutivos
Implementación de infraestructura no permanente de apoyo a la reforestación y restauración	Cacería
	Actividades productivas con la expansión de cultivos y pastizales con fines comerciales
	Desarrollo urbano y turismo
	Implementación de infraestructura pública o industrial

**Fuente:** (EcoCiencia, 2014)

**Realizado por:** Equipo consultor

**Tabla 26-3:** Zona de uso especial

<b>Zona de uso especial</b>	
Esta zona es identificable en todos los poblados o asentamientos humanos	
<b>Actividades permitidas</b>	<b>Actividades no permitidas</b>
Restauración ecológica con especies nativas o adaptadas a las condiciones y requerimientos ecológicos de la zona	Turismo masivo, construcción de mega-infraestructura turística
Producción de energías renovables, a baja escala, sin provocar daños en los ecosistemas, inundaciones, desplazamiento de personas o infraestructura, pérdida de cobertura forestal o de suelos agrícolas	Tala ilegal. Siembra de especies exóticas o invasoras bajo mecanismos no sostenibles para fines no agrícolas
Tratamiento de aguas residuales	Actividades contaminantes industriales y artesanales en las cuales se generen residuos nocivos para el ambiente. Botaderos de desecho inorgánicos. Quema de desechos sólidos
Infraestructura para producción pecuaria, agrícola o turismo, construida con diseños y materiales apropiados en función de minimizar el impacto ambiental y la huella ecológica, bajo esquemas de manejo adecuado de desechos	Vertidos industriales o domésticos no tratados a ríos y otros sistemas hídricos móviles y estáticos
Educación ambiental, e investigación que contribuyan a la conservación de los ecosistemas naturales y la producción agroecológica	Infraestructuras y actividades industriales sin estudios de impacto ambiental debidamente aprobados por la autoridad ambiental local
Infraestructura para la transformación de materias primas producidas en la zona, construida de manera armónica con el paisaje, privilegiando materiales renovables y	



manejando adecuadamente todos los desechos resultantes de los procesos de transformación	
Crecimiento urbano y mantenimiento en vialidad; servicios básicos; equipamiento para educación, salud, deporte y recreación	

Fuente: (EcoCiencia, 2014)

Realizado por: Equipo consultor

### 3.5. Análisis de los parámetros de calidad de suelo (físicos)

#### 3.5.1. Textura

Porción de elementos inorgánicos en el suelo de tamaños y formas distintas (arena, limo y arcilla). Considerada como un factor de fertilidad y retención de agua, drenaje, aireación, contenido de materia orgánica y otras propiedades.

Una vez realizado el análisis de textura mediante la metodología correspondiente en el laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH se procedió a la interpretación de resultados en los suelos de las 3 rutas.

**Tabla 27-3** Textura de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

Textura	
Ruta de muestreo	Categoría
Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico)	Arena franca
Ruta Bosque <i>Polylepis</i> (Suelo no intervenido)	Arena franca
Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)	Franco arenoso

Fuente: (Jorge Choca, 2016)

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)

En la tabla 7-3 se indica la textura de los suelos:

- Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico): demuestra una textura arena franca, generalmente estos suelos se caracterizan por presentar gran cantidad de arena pero con la suficiente cantidad de arcilla y limo que lo hace más coherente. Los granos de este suelo se pueden mirar y sentir. (Peralta, 1995) Al pertenecer al grupo de suelos arenosos y en menor proporción a los francos estos suelos presentan una buena aireación, ligeros, permeables, fáciles de labrar y cultivar, siendo deficientes en nutrientes para el desarrollo de plantas. (Orozco, 2011)
- Ruta Bosque *Polylepis* (Suelo no intervenido): con una textura de arena franca siendo de características similares a la anterior: gran cantidad de arena pero con la suficiente cantidad de arcilla y limo que lo hace más coherente. Los granos de este suelo se pueden mirar y sentir. (Peralta, 1995) Al pertenecer al grupo de suelos arenosos y en menor proporción a los francos estos suelos presentan una buena aireación, ligeros, permeables, fáciles de labrar y cultivar, siendo deficientes en nutrientes para el desarrollo de plantas. (Orozco, 2011)
- Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola): con una textura franco arenoso en la cual la proporción de arcilla y limo aumenta dándole más cohesión que la textura arena franca. (Peralta, 1995). Al pertenecer al grupo de suelos francos y en menor proporción a los arenosos estos suelos son ideales para el desarrollo de cultivos, teniendo en cuenta factores como el contenido de materia orgánica, régimen de humedad y clima, permeables, de buena aireación y son ligeros. (Orozco, 2011)

### **3.5.2. Infiltración**

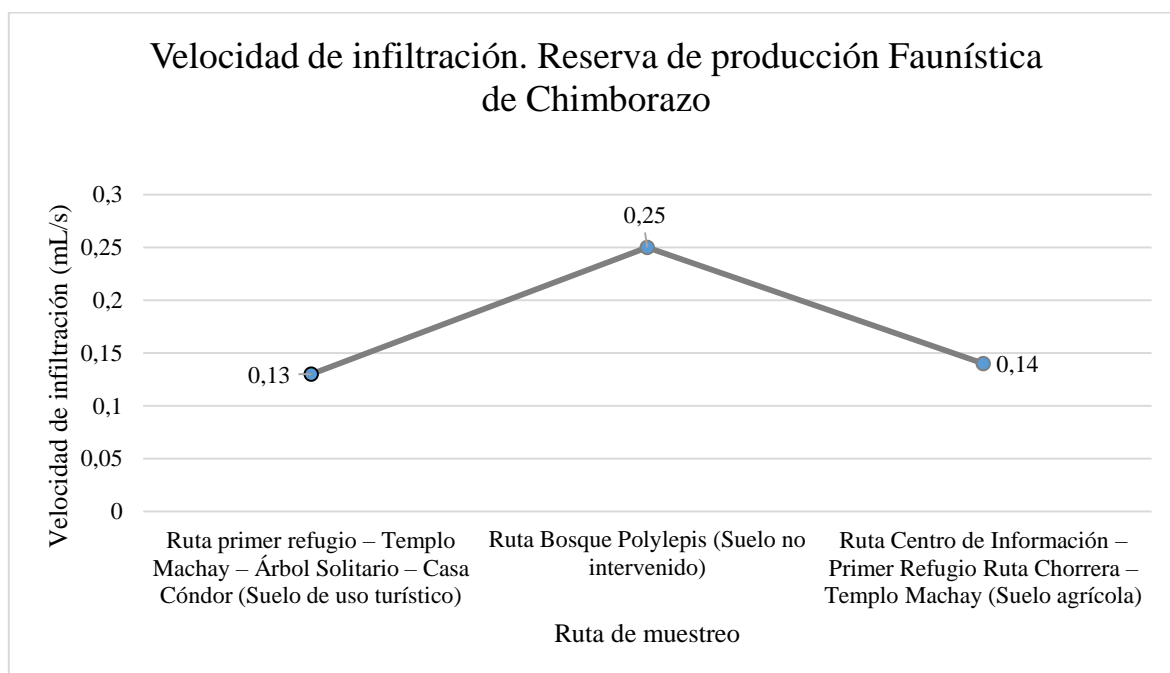
Los resultados obtenidos al realizar el proceso de infiltración in situ en las 3 rutas de estudio se muestra en la tabla 8-3:

**Tabla 28-3:** Infiltración efectuada en las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

<b>Infiltración</b>			
<b>Ruta de muestreo</b>	<b>Velocidad de infiltración (cm/s)</b>	<b>Velocidad de infiltración (cm/h)</b>	<b>Velocidad de infiltración (mm/h)</b>
Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico)	0.013	46.8	468
Ruta Bosque <i>Polylepis</i> (Suelo no intervenido)	0.025	90.0	900
Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)	0.014	50.4	504

Fuente: (Jorge Choca, 2016)

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)



**Gráfico 1-3:** Velocidad de infiltración en las rutas de muestreo de la RPFCH

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)

- Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico): con una velocidad de infiltración de 0.13 mm/s o 468 cm/h
- Ruta Bosque *Polylepis* (Suelo no intervenido): con una velocidad de infiltración de 0.25 mm/s o 900 cm/h
- Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola): infiltración de 0.14 mm/s o 504 cm/h con valores de ubicados en el rango de

**Tabla 29-3:** Velocidad de infiltración del agua en relación a la clase de infiltración

Velocidad de infiltración (minutos por centímetro)	Velocidad de infiltración (centímetro por hora)	Clase de infiltración
< 1.18	> 50.80	Muy rápido
1.18-3.94	15.24-50.80	Rápido
3.94-11.81	50.80-15.24	Moderadamente rápido
11.81-39.37	15.24-5-08	Moderado
39.37-118.11	5.08-1.52	Moderadamente lento
118.11-393.70	1.52-0.51	Lento
393.70-15784.03	0.51-0-0038	Muy lento
> 15784.03	< 0.0038	Impermeable

Fuente: (Cunalata Rugel, et al., 2012)

**Tabla 30-3:** Velocidad de infiltración (mm/h) de acuerdo al tipo de suelo

Velocidad de infiltración (mm/h)	
Muy arenoso	20 – 25 mm/h
Arenoso	15 – 20 mm/h
Limo – arenoso	10 – 15 mm/h
Limo – arcilloso	8 – 10 mm/h
Arcilloso	< 8 mm/h

Fuente: (Traxco, 2009)

### **Principales razones por las cuales la infiltración en el suelo aumenta:**

- La vegetación hace que los suelos sean más porosos protegiéndolo del estancamiento del agua de lluvia que puede tapar los huecos naturales entre las partículas del suelo, razón por la cual las zonas arboladas presentan las tasas de infiltración más altas de todos los tipos de vegetación. Además la capa superficial de hojas que no ha sufrido descomposición protege al suelo de la acción de las precipitaciones, sin esta capa el suelo llegaría ser menos permeable. (Pérez, 2011)
- La cobertura del suelo incrementa la tasa de infiltración y previene la evaporación del agua debido a lo cual ocurre un incremento de la humedad en el suelo. (Albán, et al., 2001)
- El potencial del ecosistema páramo para almacenar y distribuir agua proviene de las lluvias, los deshielos y la condensación de la neblina, además la vegetación especialmente de Pajonal y Almohadilla funciona como una esponja que recogen y distribuyen el agua de manera fluida, continua y constante. (Hofstede, et al., 2000)

### **Principales razones por las cuales la infiltración en el suelo disminuye:**

- La cantidad de agua de lluvia que se infiltra en el suelo depende de la intensidad de la lluvia en relación con la tasa de infiltración del suelo. Una labranza excesiva y la pérdida de materia orgánica del suelo ocasionan una disminución de la tasa de infiltración debido a la pérdida de la porosidad superficial (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2005)
- El uso intensivo de implementos agrícolas produce la compactación del suelo lo que impide la infiltración del agua y la penetración de las raíces generando la erosión del suelo.(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2016)
- Otra causa que minimiza las tasas de infiltración son los restos de plantas secas que sean resistentes al remojo o heladas. Si el suelo se encuentra saturado en un período glacial intenso puede transformarse en un cemento congelado en el cual no se origina ninguna infiltración. (Pérez, 2011)

### 3.5.3. Densidad aparente

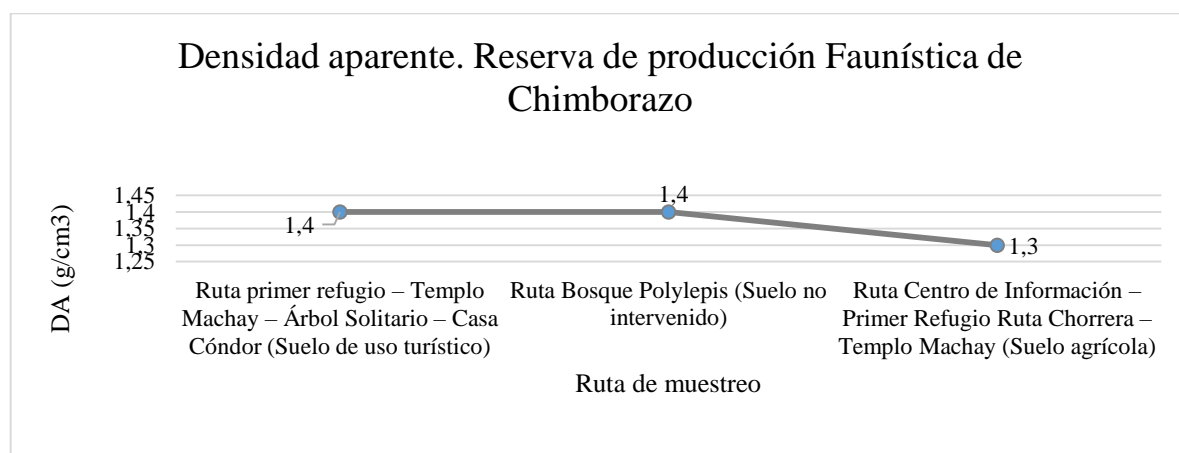
Una vez extraídas las muestras de suelo de las 3 rutas y posteriormente analizadas en el laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH se procedió a la interpretación de resultados (Tabla 11-3):

**Tabla 31-3:** Densidad aparente del suelo de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

Densidad aparente	
Ruta de muestreo	DA (g/cm <sup>3</sup> )
Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico)	1.4
Ruta Bosque <i>Polylepis</i> (Suelo no intervenido)	1.4
Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)	1.3

Fuente: (Jorge Choca, 2016)

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)



**Gráfico 2-3:** Densidad aparente del suelo de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

Realizado por: Jorge Choca, 2017)

- Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico): con una densidad aparente del suelo de 1.4 g/cm<sup>3</sup> evidenciando un suelo con clase textural de limo y franco arcillosa, la característica de estos suelos son: permeables, de buena aireación, ligeros, (Orozco, 2011) y con una excelente cantidad de agua disponible para las plantas. (Ibáñez, 2006)
- Ruta Bosque *Polylepis* (Suelo no intervenido): con un valor de 1.4 g/cm<sup>3</sup> presentando una clase textural de limo y franco arcillosa con características similares al anterior: permeables, de buena aireación, ligeros, (Orozco, 2011) y con una excelente cantidad de agua disponible para las plantas. (Ibáñez, 2006)
- Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola): densidad aparente de 1.3 g/cm<sup>3</sup> estableciendo una clase textural de arcilla con características: ricos en nutrientes, muy impermeables (fácilmente encharcables) y mal aireados debido a que predominan los microporos, las lluvias finas y duraderas aportan más agua al suelo que las intensas y rápidas. (Ibáñez, 2006)

**Tabla 32-3:** Valores de referencia, con relación a la textura

<b>Textura</b>	<b>Densidad Aparente</b>
Fina (arcillosos)	1.00-1.30 Mg m <sup>-3</sup>
Media (francos)	1.30-1.50 Mg m <sup>-3</sup>
Gruesa (arenosos)	1.50-1.70 Mg m <sup>-3</sup>

Fuente: (Schargel, et al., 1990)

**Tabla 33-3:** Valores críticos de densidad aparente en función de la textura

<b>Textura</b>	<b>Densidad aparente critica (Mg m<sup>-3</sup>)</b>
Franco arcillosa	1.55
Franco limosa	1.65
Franco arenosa fina	1.80
Arenosa franca fina	1.85

Fuente: (Porta, et al., 1999)

Bajos valores de densidad aparente del suelo (generalmente por debajo de  $1,3 \text{ kg dm}^{-3}$ ) establecen una condición porosa del suelo (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2009) Estos valores son característicos de suelos porosos, bien aireados, con excelente drenaje y buena penetración de raíces, favoreciendo un óptimo desarrollo de las raíces.

Valores altos de densidad aparente evidencian un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, mínima aireación y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de la infiltración del agua (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2009) Aumenta la resistencia mecánica y disminuye la porosidad del suelo. Estos valores son particulares de suelos compactos y poco porosos, con aireación deficiente e infiltración lenta del agua lo que genera anegamiento, anoxia y dificultad de las raíces para elongarse y penetrar hasta llegar al agua y los nutrientes. Debido a lo anterior el desarrollo y crecimiento de las plantas es impedido o retardado consistentemente. (Donoso Zegers , 1992)

Los valores de densidad aparente pueden llegar a ser inferiores a  $0,25 \text{ Mg m}^{-3}$  en suelos turbosos y superiores a  $1,90 \text{ Mg m}^{-3}$  en suelos muy compactados. En suelos minerales volcánicos la densidad se aproximan a  $0,85 \text{ Mg m}^{-3}$  (Porta, et al., 1999)

#### **3.5.4. Humedad**

Finalizado el proceso de análisis de humedad en las muestras de suelo de las 3 rutas en el laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH se procedió a la interpretación de resultados. (Tabla 13-3)

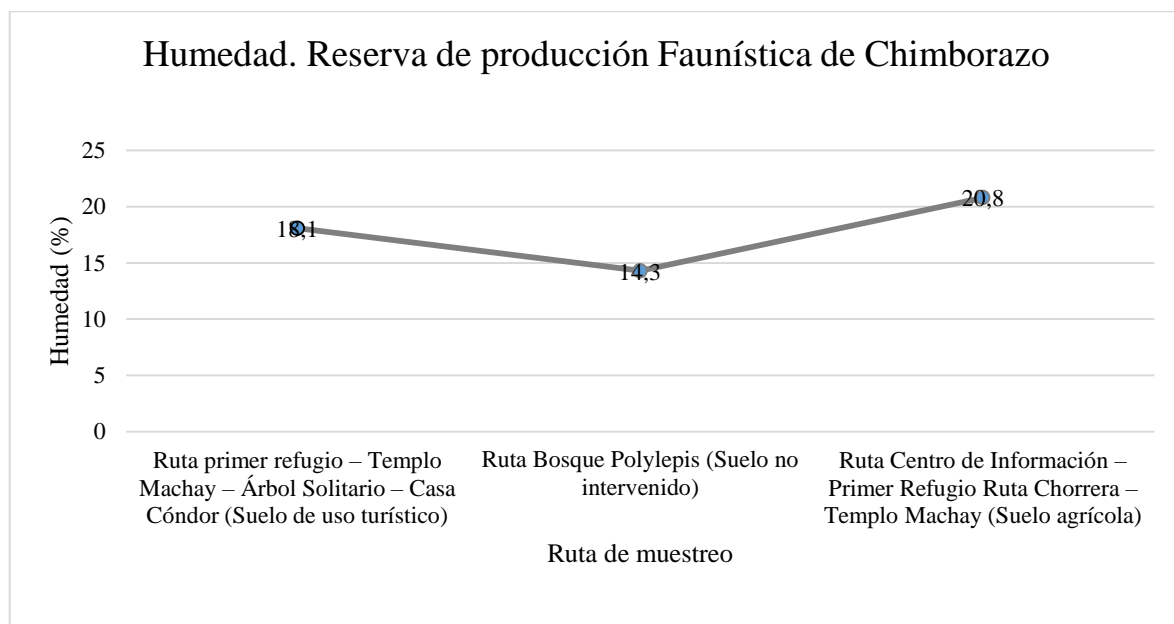


**Tabla 34-3:** Humedad del suelo de las muestras de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

Humedad	
Ruta de muestreo	Humedad (%)
Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico)	18.1
Ruta Bosque <i>Polylepis</i> (Suelo no intervenido)	14.3
Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)	20.8

Fuente: (Jorge Choca, 2016)

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)



**Grafico 3-3:** Humedad del suelo de las muestras de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

Realizado por: Jorge Choca, 2017)

- Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico): con una humedad del 18.1 % se encuentra en el rango de textura de Arenoso – franco a franco arenoso – limoso. Mediante el análisis de flora realizado a esta ruta se estableció que el

bajo porcentaje de humedad se debe a la mínima o escasa vegetación que almacene agua bajo suelo.

- Ruta Bosque *Polylepis* (Suelo no intervenido): con un valor de humedad del 14.3 % ubicándose en la clase textural arenoso – franco. De acuerdo al análisis de flora realizado a esta ruta se evidenció una mínima vegetación que almacene humedad bajo suelo.
- Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola): humedad del suelo del 20.8 % determinándose en una textura que va desde arenoso – franco a franco arenoso – limoso, el bajo valor de humedad se debe a las actividades agrícolas que se realizan y al no evidenciarse especies propias del ecosistema.

### 3.6. Análisis de los parámetros de calidad de suelo (químicos)

#### 3.6.1. *Materia orgánica*

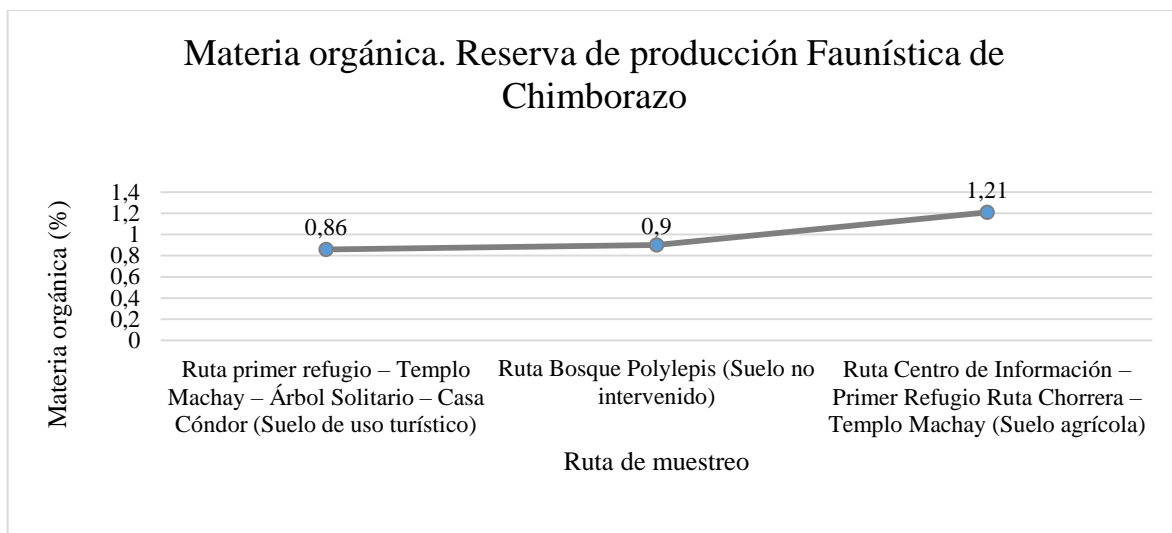
Los resultados de los análisis de materia orgánica en las muestras de suelo realizado en el laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH de las 3 rutas se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 35-3:** Materia orgánica de las muestras de suelo de las 3 rutas de la RPFCH

<b>Materia orgánica</b>	
<b>Ruta de muestreo</b>	<b>Materia orgánica (%)</b>
Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico)	0.86
Ruta Bosque <i>Polylepis</i> (Suelo no intervenido)	0.90
Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)	1.21

**Fuente:** (Jorge Choca, 2016)

**Realizado por:** (Jorge Choca, 2017)



**Grafico 4-3:** Materia orgánica de las muestras de suelo de las 3 rutas de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

**Realizado por:** (Jorge Choca, 2017)

- Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico): presenta un valor de materia orgánica de 0.86 % estableciendo un contenido muy bajo, suelo muy mineralizado
- Ruta Bosque *Polylepis* (Suelo no intervenido): con un valor de materia orgánica de 0.90 % determinando un contenido muy bajo, suelo muy mineralizado
- Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola): con 1.21 % de materia orgánica indicando un contenido bajo, suelo mineralizado

**Tabla 36-3:** Clasificación de los suelos según el valor de materia orgánica

Materia orgánica	Categoría
< 1%	Contenido muy bajo, suelo muy mineralizado
1-1.9%	Contenido bajo, suelo mineralizado
2-2.5%	Contenido normal, suelo mineral-orgánico
> 2.5	Contenido orgánico, suelo orgánico

**Fuente:** (Marín García, 2003)

La materia orgánica del suelo está constituida por todos los organismos vivos del suelo y por los restos de organismos muertos en diversos estados de descomposición. Las fuentes de materia orgánica son los residuos de cultivos, abono animal y verde, compost y otros materiales orgánicos. La disminución de materia orgánica se debe a la menor presencia de organismos en descomposición o un incremento de la descomposición como resultado de alteraciones en factores naturales o antropogénicos. La materia orgánica es un componente fundamental de un suelo sano, la pérdida de materia orgánica origina suelos degradados. (Soil Atlas of Europe, 2009)

### 3.6.2. pH

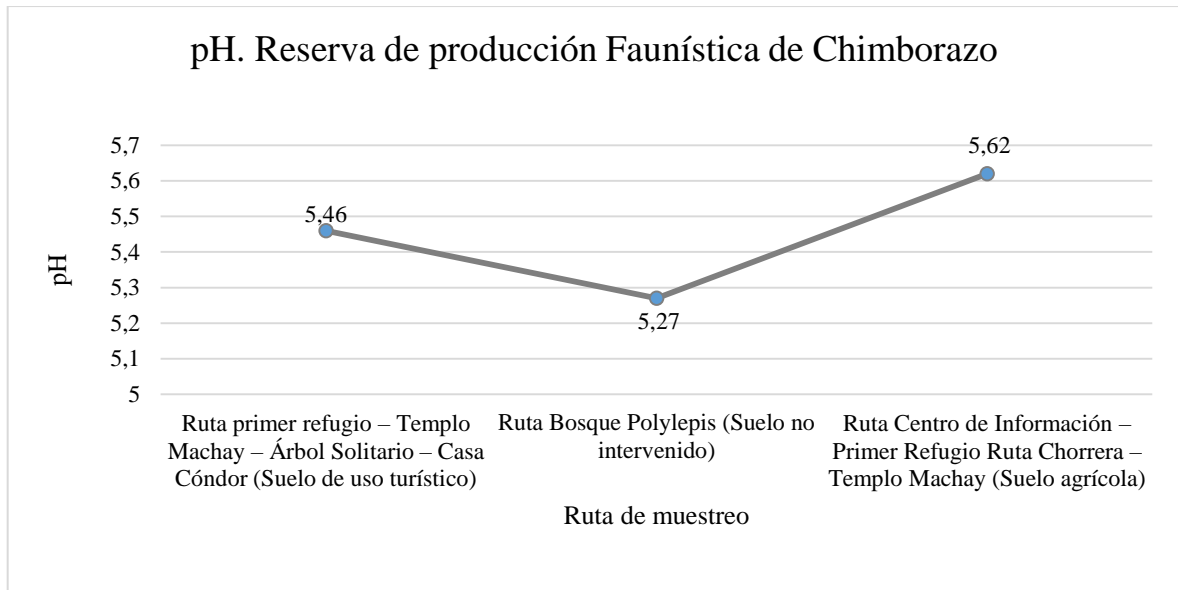
Los resultados de pH realizados a las muestras en el laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH de las 3 rutas de muestreo se exponen en la tabla siguiente:

**Tabla 17-3:** pH de las muestras de suelo de las rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

pH	
Ruta de muestreo	pH
Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico)	5.46
Ruta Bosque <i>Polylepis</i> (Suelo no intervenido)	5.27
Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)	5.62

Fuente: (Jorge Choca, 2016)

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)



**Grafico 5-3:** pH de las muestras de suelo de las rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

**Realizado por:** Jorge Choca, 2017)

- Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico): con un valor de pH de 5.46 estableciendo que el tipo de suelo de esta ruta es fuertemente ácido debido especialmente a las lluvias contantes
- Ruta Bosque *Polylepis* (Suelo no intervenido): con pH de 5.27 lo cual determina que el suelo de esta ruta es fuertemente ácido consecuencia de la secreción de sustancias ácidas por las raíces de las plantas
- Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola): con pH de 5.62 perteneciendo a la categoría de medianamente ácido debido a la presencia de compuestos ácidos originados por la descomposición de la materia orgánica

Las condiciones de acidez se encuentran en:

- Regiones con alta pluviometría
- Suelo jóvenes formados sobre substratos fuertemente ácidos
- Cuando las bases son desplazadas por los hidrogeniones o captadas por las plantas

- Secreción de sustancias ácidas por las raíces de las plantas
- Drenaje de algunos suelos hídricos o encharcados ricos en pirita (suelos ácido sulfáticos), como sucede en los manglares
- Compuestos ácidos originados por la descomposición de la materia orgánica
- Contaminación atmosférica (lluvias ácidas).

La alcalinidad ocurre en:

- Regiones con escasez de agua (áridas y semiáridas)
- Suelos poco desarrollados sobre substratos ricos en sales
- Cuando la meteorización de minerales producen cationes que no se lavan o lixivian
- Mínima actividad biológica de los suelos por los déficits prolongados de agua
- Cuencas endorreicas donde se acumulan los iones lixiviados de las aguas que drenan allí
- Deficiente manejo del agua en los regadíos.

### 3.6.3. Conductividad eléctrica

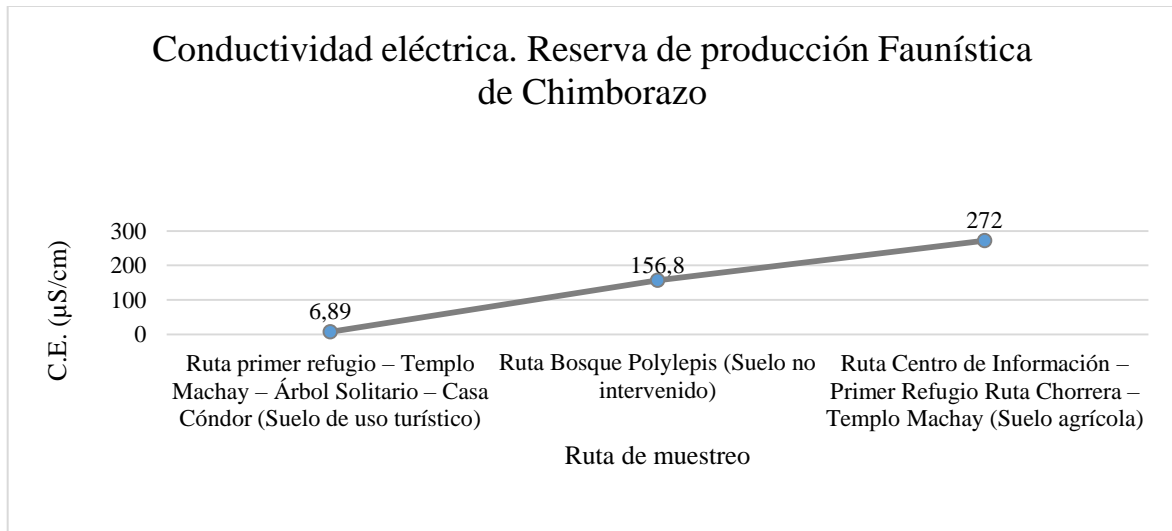
Culminado el proceso de análisis de las muestras de suelo obtenidas en las 3 rutas, se procedió a la interpretación de resultados.

**Tabla 18-3:** Conductividad eléctrica del suelo de las muestras de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

<b>Conductividad eléctrica</b>		
<b>Ruta de muestreo</b>	<b>C.E. (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>	<b>C.E. (mmho/cm)</b>
Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico)	6890	6.89
Ruta Bosque <i>Polylepis</i> (Suelo no intervenido)	156.8	0.1568
Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)	272.0	0.272

Fuente: (Jorge Choca, 2017)

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)



**Grafico 6-3:** Conductividad eléctrica del suelo de las muestras de las 3 rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

**Realizado por:** (Jorge Choca, 2017)

- Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico): con una conductividad eléctrica de 6890  $\mu\text{S}/\text{cm}$  o 6.89 mmho/cm se establece que este suelo presenta características salinas debido a su conductividad eléctrica igual o mayor a 4 mmhos/cm a 25 °C. Generalmente poseen una costra de sales blancas que pueden ser sulfatos, cloruros y carbonatos de calcio, magnesio y sodio.
- Ruta Bosque *Polylepis* (Suelo no intervenido): con un valor de conductividad eléctrica de 156.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  o 0.1568 mmho/cm se evidencia un suelo sódico debido a la conductividad eléctrica por debajo de 4 mmhos/cm a 25 °C, estos suelos presentan un color negro como consecuencia de un contenido elevado de sodio.
- Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola): conductividad eléctrica de 272.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  o 0.272 mmho/cm determinándose en la clasificación de suelos sódicos debido a la conductividad eléctrica por debajo de 4 mmhos/cm a 25 °C, presentan un color negro como consecuencia de un contenido elevado de sodio.

### 3.6.4. Fósforo soluble

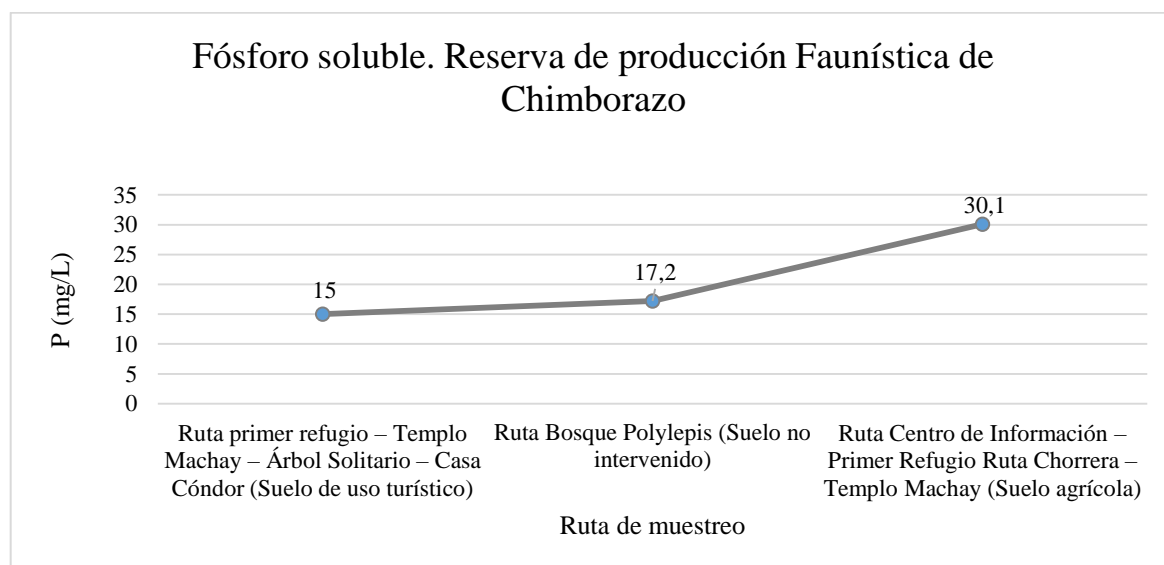
Los resultados del análisis de fósforo soluble realizado en el laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH de las muestras de suelo en las 3 rutas de muestreo se evidencian en la tabla siguiente:

**Tabla 19-3:** Fósforo soluble de las muestras de suelo de las rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

Fósforo soluble	
Ruta de muestreo	P (mg/L)
Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico)	15.0
Ruta Bosque <i>Polylepis</i> (Suelo no intervenido)	17.2
Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)	30.1

Fuente: (Jorge Choca, 2016)

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)



**Gráfico 7-3:** Fósforo soluble de las muestras de suelo de las rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)



- Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico): con un valor de fósforo soluble de 15.0 mg/L caracterizándolo como un suelo rico en fósforo pero baja concentración en comparación a las 3 rutas
- Ruta Bosque *Polylepis* (Suelo no intervenido): con de fósforo soluble de 17.2 mg/L lo cual constituye un suelo rico en fósforo pero media concentración en comparación a las 3 rutas
- Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola): con fósforo soluble de 30.1 mg/L lo cual establece un suelo rico en fósforo con alta concentración en comparación a las 3 rutas

### 3.6.5. Nitrógeno total

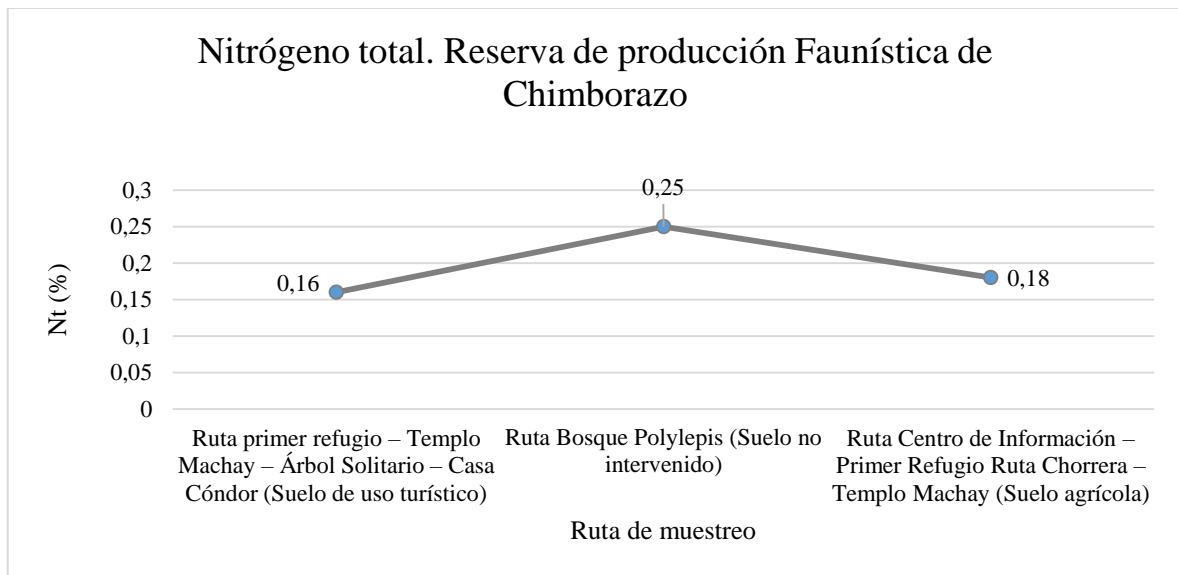
Los resultados de los análisis de nitrógeno total en las muestras de suelo realizado en el laboratorio de suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH de las 3 rutas se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 20-3:** Nitrógeno total de las muestras de suelo de las 3 rutas de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

Nitrógeno total	
Ruta de muestreo	Nt (%)
Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico)	0.16
Ruta Bosque <i>Polylepis</i> (Suelo no intervenido)	0.25
Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)	0.18

Fuente: (Jorge Choca, 2016)

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)



**Grafico 8-3:** Nitrógeno total de las muestras de suelo de las 3 rutas de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

**Realizado por:** (Jorge Choca, 2017)

- Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico): presenta valores de nitrógeno total de 0.16 % estableciendo un suelo rico en nitrógeno pero baja concentración en comparación a las 3 rutas
- Ruta Bosque *Polylepis* (Suelo de uso turístico): con un valor de nitrógeno total de 0.25 % determinando un suelo rico en nitrógeno con alta concentración en comparación a las 3 rutas.
- Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola): con 0.18 % de nitrógeno total indicando un suelo rico en nitrógeno pero mediana concentración en comparación a las 3 rutas

El alto porcentaje de nitrógeno en la Ruta Bosque *Polylepis* se debe a que la tasa de crecimiento de las plantas habitualmente es proporcional a la tasa a la cual se provee el nitrógeno. Si el suelo presenta déficit de nitrógeno las plantas se vuelven altas y débiles, raquílicas y pálidas. Cantidades altas de nitrógeno se presentan en los bosques pero con pequeñas porciones de fósforo. La mayor









parte del nitrógeno en el suelo se encuentra en los horizontes superiores de los suelos y como resultado puede drenarse fácilmente de los suelos cuando ocurre alguna perturbación. (Ecoplexity, 2010)










### **3.7. Análisis de flora**

Al terminar el proceso de secado las muestras fueron trasladadas al herbario de la ESPOCH para su identificación por nombre para cada una de las rutas de la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo. (Carrasco Ronquillo, et al., 2016)

3.7.1. Análisis de flora. Ruta Bosque Polylepis (Suelo no intervenido)

**Tabla 21-3:** Especies de flora muestreadas en la Ruta Bosque Polylepis (Suelo no intervenido)











Parcela	Especies florales			
A				
	Código: EF 03	Código: EF 04	Código: EF 05	Código: EF 02
	Frecuencia: 1	Frecuencia: 1	Frecuencia: 1	Frecuencia: 1
D				
	Código: EF 06	Código: EF 07	Código: EF 08	Código: EF 03
	Frecuencia: 1	Frecuencia: 2	Frecuencia: 1	Frecuencia: 2











				
	Código: EF 09			
	Frecuencia: 1			
C				
	Código: EF 10	Código: EF 02	Código: EF 04	Código: EF 05
	Frecuencia: 2	Frecuencia: 1	Frecuencia: 1	Frecuencia: 1
B				
	Código: EF 07	Código: EF 12	Código: EF 10	Código: EF 03
	Frecuencia: 3	Frecuencia: 1	Frecuencia: 1	Frecuencia: 1

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)

3.7.1.1. Tabulación de las especies de flora encontradas en la Ruta Bosque Polylepis (Suelo no intervenido)

**Tabla 22-3:** Tabulación de las especies de flora encontradas en la Ruta Bosque Polylepis (Suelo no intervenido)



Código	Fotografía		Nombre Científico	Frecuencia
EF 02			<i>Chuquiraga jussicui</i>	2
EF 03			<i>Caprifoliaceae Phyllactis rigida</i>	4
EF 04				2
EF 05				2
EF 06				1

EF 07			<i>Werneria nubigena</i>	5
EF 08			<i>Hypericum laricifolium</i> <i>Juss</i>	1
EF 09			<i>Nototriche hartwegii</i>	1
EF 10			<i>Puya hamata</i> <i>L. B. Sm</i>	3
EF 11			<i>Ericacia</i>	1
<b>TOTAL DE INDIVIDUOS = 10</b>				







Realizado por: (Jorge Choca, 2017)





3.7.2. *Análisis de flora. Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)*

**Tabla 23-3:** Especies de flora muestreadas en la Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)

Parcela	Especies florales			
A				
	Código: EF 13	Código: EF 14		
	Frecuencia: 3	Frecuencia: 1		









D				
	Código: EF 16	Código: EF 15	Código: EF 14	
	Frecuencia: 2	Frecuencia: 3	Frecuencia: 1	
C				
	Código: EF 13	Código: EF 16	Código: EF 15	
	Frecuencia: 2	Frecuencia: 3	Frecuencia: 2	

B				
	Código: EF 13	Código: EF 14	Código: EF 15	Código: EF 16
	Frecuencia: 3	Frecuencia: 2	Frecuencia: 2	Frecuencia: 4

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)

3.7.2.1. Tabulación de las especies de flora encontradas en la Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)

**Tabla 24-3:** Tabulación de las especies de flora encontradas en la Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)

Código	Fotografía		Nombre Científico	Frecuencia
EF 13			<i>Gramineae-Stipa tenacissima L.</i>	8
EF 14			<i>Rumex crispus</i>	4
EF 15			<i>Taraxacum officinale Weber</i>	7

EF 16			Trifolium repens	9
<b>TOTAL DE INDIVIDUOS = 4</b>				

Realizado por: Jorge Choca, 2017)

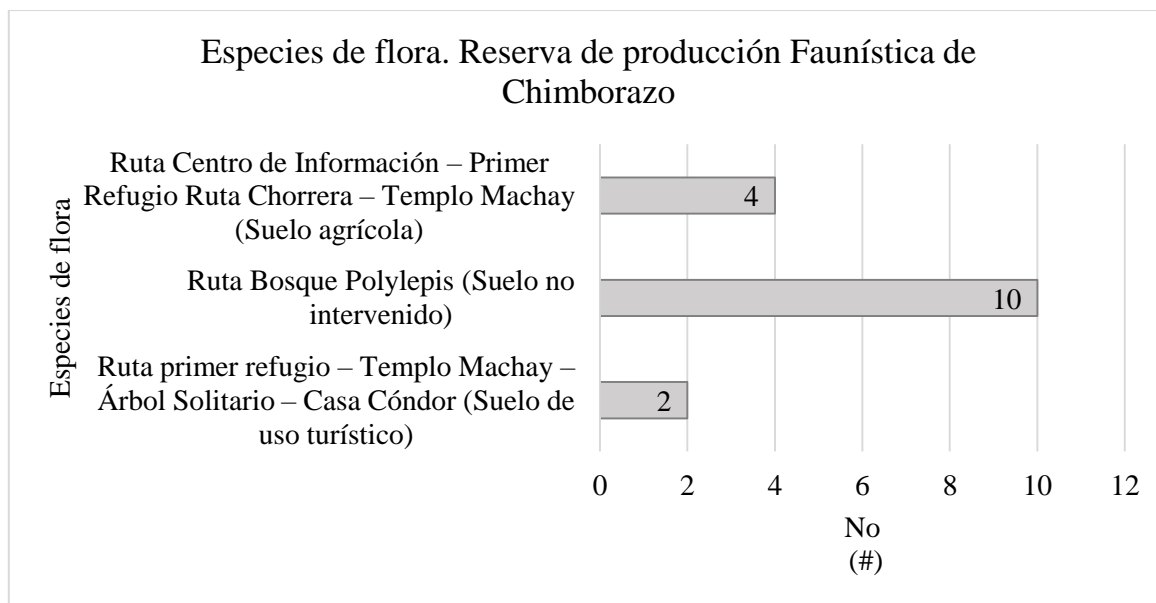
Una vez culminado el registro de especies de flora se procedió al conteo de especies encontradas por cada ruta:

**Tabla 25-3:** Especies de flora encontradas en las 3 rutas.

<b>Especies de flora</b>	
<b>Ruta de muestreo</b>	<b>No</b>
Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico)	2
Ruta Bosque <i>Polylepis</i> (Suelo no intervenido)	10
Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)	4

Fuente: (Jorge Choca, 2016)

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)



**Grafico 9-3:** Especies de flora registradas en las rutas de muestreo de la Reserva de producción Faunística de Chimborazo

**Realizado por:** (Jorge Choca, 2017)

- Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico): con 2 especies estableciendo un suelo sin vegetación nativa siendo cultivado, sobrepastoreo, contaminado, forestado con especies exóticas
- Ruta Bosque *Polylepis* (Suelo de uso turístico): con 10 especies determinando un suelo con una cantidad considerable de hierba, pasto, plantas que tienen condiciones bajas de la ubicación, plantas pioneros mezclados con vegetación nativa
- Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola): con 4 especies presentando un suelo sin vegetación nativa siendo cultivado, sobrepastoreo, contaminado, forestado con especies exóticas

**Tabla 26-3:** Categoría especies de flora en los páramos.

<b>Categoría</b>	<b>Estado</b>	<b>Cantidad de Flora</b>	<b>Calidad de Flora</b>	<b>Intervención/Contaminación</b>
1	Malo	Hasta 5 especies	Sin vegetación nativa	Cultivado, sobrepastoreo, contaminado, forestado con especies exóticas
2	Regular	5-12 especies	Cantidad considerable de hierba, pasto, plantas que tienen condiciones bajas de la ubicación, plantas pioneros mezclado con vegetación nativa	Considerable reforestación, ganado, basura e infraestructura
3	Bueno	13-20 especies	La mayoría son plantas nativas y plantas con un buen depósito de agua	Menos reforestación, ganado, basura e infraestructura
4	Muy bueno	20-50 especies	Gran diversidad de plantas nativas (ej. árboles, arbustivo, paja, almohadillas)	Muy poca reforestación, ganado, basura e infraestructura
5	Excelente	Más de 50 especies	Gran diversidad de plantas nativas (ej. árboles, arbustivo, paja, almohadillas)	Mínima intervención humana

Realizado por: (Obrocki, et al., 2011)

**Tabla 27-3:** Ecosistemas en la RPFCH

Ecosistema según MAE	Código	Altitud en m.s.n.m.	Provincia (s)	Especies dominantes
Herbazal del Páramo	HsSnO2	3.400-4.300	CH, BO, TU	Forma de vida dominante las “mocollas” formadas por la especie “paja de páramo”, evidenciando grandes extensiones de “pajonales”. La especie con mayor presencia es <i>Calamagrostis intermedia</i> y <i>Agrostis perennans</i> y sus coberturas vegetales ocupan el 75%. (MAE 2013).
Herbazal y Arbustal siempre verde subnival del Páramo	HsNnO3	4.100-4.500	CH, TU	Las formas de vida dominantes están compuestas por arbustos esclerófilos enanos ( <i>Loricaria</i> , <i>Pentacalia</i> , <i>Diplostephium</i> ), cojines ( <i>Xenophyllum</i> , <i>Azorella</i> , <i>Distichia</i> , <i>Plantago</i> ) y hierbas de tallo corto ( <i>Poa</i> , <i>Stipa</i> , <i>Calamagrostis</i> ) (Sklenář y Balslev 2005) Los géneros más ricos en especies son <i>Lachemilla</i> , <i>Gentianella</i> y en particular <i>Valeriana</i> sp. y <i>Draba aretioides</i> , <i>D. depressa</i> , <i>Festuca asplundii</i> , <i>Gentiana sedi-fofia</i> , <i>Lachemilla nivalis</i> , <i>L. vulcania</i> , <i>Loricaria</i> spp., <i>Luzula racemosa</i> , <i>Poa cucullata</i> , <i>Valeriana microphylla</i> , <i>Xenophyllum humile</i> , <i>X. rigidum</i> . Entre las especies de cojín están <i>Azorella aretioides</i> , <i>A. crenata</i> , <i>Plantago rigida</i> (MAE 2013a).
Arbustal siempre verde y Herbazal del Páramo	AsSnO1	3.300-3.900	CH, TU	Se caracteriza por la presencia de <i>Calamagrostis</i> spp. y especies arbustivas de los géneros <i>Baccharis</i> , <i>Gy-noxys</i> , <i>Brachyotum</i> , <i>Escallonia</i> , <i>Hesperomeles</i> , <i>Miconia</i> , <i>Buddleja</i> , <i>Monnina</i> e <i>Hypericum</i> ; especies de Ericaceae comunes en

				<p>áreas más bajas pueden alcanzar mayores alturas que grupos de arbustos que se encuentran en el Herbazal del Páramo como <i>Disterigma acuminatum</i>, <i>D. alaternoides</i> y <i>Themistoclesia epiphytica</i>. Otras especies que dominan amplias áreas en los márgenes del bosque son <i>Miconia cladonia</i>, <i>M. dodsonii</i>, <i>Ilex</i> sp. y <i>Weinmannia fagaroides</i> (MAE 2013).</p>
Herbazal inundable del Páramo	HsSnO4	3.300-4.500	BO, TU	<p>Especies diagnósticas: <i>Agrostis boyacensis</i>, <i>Azorella aretioides</i>, <i>Castilleja fissifolia</i>, <i>Cortaderia sericantha</i>, <i>Distichia muscoides</i>, <i>Eryngium humile</i>, <i>Geranium sibbaldioides</i>, <i>Huperzia crassa</i>, <i>Hydrocotyle pusilla</i>, <i>Hypericum aciculare</i>, <i>H. decandrum</i>, <i>Hypochaeris sonchoides</i>, <i>Hypsela reniformis</i>, <i>Juncus arctitus</i>, <i>Lachemilla fulvescens</i>, <i>L. orbiculata</i>, <i>Myrteola phyllicoides</i>, <i>Oreobolus ecuadorensis</i>, <i>O. goeppingeri</i>, <i>O. obtusangulus</i>, <i>Oritrophium limnophilum</i>, <i>Plantago rigida</i>, <i>Schoenoplectus californicus</i>, <i>Sphagnum magellanicum</i>, <i>Werneria pygmaea</i>, <i>Xyris subulata</i>.</p>
Herbazal ultra húmedo subnival del Páramo	HsNnO2	4.400-4.900	CH, TU	<p>Las familias Asteraceae y Poaceae son las familias dominantes y agrupan a casi un tercio del total de especies registradas para estos sitios. Estos sitios están caracterizados por la abundante presencia de: <i>Huperzia rufescens</i>, <i>Nertera granadensis</i>, <i>Loricaria complanata</i>, <i>Calamagrostis guamanensis</i>, <i>C. ecuadoriensis</i>, <i>Draba spruceana</i>, <i>Xenophyllum sotarense</i>, <i>Calamagrostis guamanensis</i>, <i>C. ecuadoriensis</i>, <i>Draba spruceana</i>, <i>Festuca asplundii</i>, <i>Geranium sibbaldioides</i>, <i>Luzula gigantea</i>, <i>Pentacalia peruviana</i> y <i>Xenophyllum sotarense</i> (MAE</p>



				2013).
Bosque siempre verde del Páramo	BsSnO1	3.200-4.100	CH, limitando BO	Las especies arbóreas características para estos bosques son <i>Escallonia myrtilloides</i> , <i>Hesperomeles obtusifolia</i> , <i>Myrsine andina</i> y <i>Oreopanax andreanus</i> . El estrato arbustivo-herbáceo es denso y está compuesto por especies de los géneros <i>Arcytophyllum</i> , <i>Barnadesia</i> , <i>Berberis</i> , <i>Puya</i> , <i>Brachyotum</i> , <i>Calamagrostis</i> , <i>Cortaderia</i> , <i>Diplostephium</i> , <i>Disterigma</i> , <i>Greigia</i> , <i>Pernettya</i> , <i>Senecio</i> y <i>Valeriana</i> (MAE 2013).
Herbazal húmedo subnival del Páramo	HsNnO1	3.400-4.300	BO, CH	Las plantas de cojín se encuentran representadas solo por <i>Xenophyllum rigidum</i> , los arbustos esclerófilos están representados por <i>Chuquiraga jussieui</i> y <i>Loricaria ilinissae</i> , mientras que los arbustos postrados por <i>Astragalus geminiflorus</i> y <i>Baccharis caespitosa</i> ; los arbustos erectos por <i>Valeriana alypifolia</i> y las hierbas de tallo corto por <i>Calamagrostis mollis</i> y <i>Agrostis toluensis</i> . (MAE 2013a).
Herbazal húmedo montano alto superior del Páramo	HsSnO3	3.500-4.200	CH, BO, TU	Las especies representativas son <i>Baccharis caespitosa</i> , <i>Calamagrostis intermedia</i> , <i>Cerastium crassipes</i> , <i>Festuca sublimis</i> , <i>Geranium chimborazense</i> , <i>Hypochaeris sessiliflora</i> , <i>Perezia pungens</i> , <i>Stipa ichu</i> , <i>Plantago australis</i> , <i>P. linearis</i> , <i>P. rigida</i> , <i>Valeriana rigida</i> (MAE 2013)

**Fuente:** (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013)

**Realizado por:** Jorge Choca, 2017

**3.8. Correlación de los parámetros edáficos mediante la evaluación de cada tipo conforme la actividad que se realiza en la Reserva Faunística de Chimborazo**

**Tabla 28-3:** Correlación de los parámetros edáficos mediante la evaluación de cada tipo conforme la actividad que se realiza en la Reserva Faunística de Chimborazo

	Parámetros edáficos									Parámetro flora
Zona de muestreo	Parámetros físicos				Parámetros químicos					Análisis de flora
	Textura	Vi (mL/s)	Da (g/cm <sup>3</sup> )	H (%)	M. O. (%)	pH	C.E. (μS/cm)	P (mg/L)	Nt (%)	Especies encontradas (#)
<b>Suelo de uso turístico</b>	Arena franca	0.13	1.4	18.1	0.86	5.46	6.89	15.0	0.16	2
Descripción general del suelo	Suelo de textura arena franca con gran cantidad de arena pero con la suficiente cantidad de arcilla y limo que lo hace más coherente. Los granos de este suelo se pueden mirar y sentir. (Peralta, 1995). Al pertenecer al grupo de suelos arenosos y en menor proporción a los francos estos suelos presentan una buena aireación, ligeros, permeables, fáciles de labrar y cultivar (Orozco, 2011). Mediante el análisis de flora realizado a esta ruta se estableció que el bajo porcentaje de humedad se debe a la mínima o escasa vegetación que almacene agua bajo suelo, con un contenido muy bajo en materia orgánica, suelo muy mineralizado, fuertemente ácido debido especialmente a las lluvias contantes, con características salinas debido a su conductividad eléctrica, generalmente posee una costra de sales blancas que pueden ser sulfatos, cloruros y carbonatos de calcio, magnesio y sodio, rico en fósforo y nitrógeno									

<p>Actividades que se realizan en la zona</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agroturismo responsable, turismo vivencial, turismo sostenible (aviturismo, caminatas, etc.)</li> <li>• Restauración ecológica con especies nativas o adaptadas a las condiciones y requerimientos ecológicos de la zona</li> <li>• Producción de energías renovables, a baja escala, sin provocar daños en los ecosistemas, inundaciones, desplazamiento de personas o infraestructura, pérdida de cobertura forestal o de suelos agrícolas</li> <li>• Infraestructura para producción pecuaria, agrícola o turismo, construida con diseños y materiales apropiados en función de minimizar el impacto ambiental y la huella ecológica, bajo esquemas de manejo adecuado de desechos.</li> <li>• Educación ambiental, e investigación que contribuyan a la conservación de los ecosistemas naturales y la producción agroecológica.</li> <li>• Mantenimiento en vialidad; servicios básicos; equipamiento para recreación. (EcoCiencia, 2014)</li> </ul>										
<p><b>Suelo no intervenido</b></p>	<p>Arena franca</p>	<p>0.25</p>	<p>1.4</p>	<p>14.3</p>	<p>0.90</p>	<p>5.27</p>	<p>156.8</p>	<p>17.2</p>	<p>0.25</p>	<p>10</p>	
<p>Descripción general del suelo</p>	<p>Suelo de textura de arena franca con gran cantidad de arena pero con la suficiente cantidad de arcilla y limo que lo hace más coherente, los granos de este suelo se pueden mirar y sentir. (Peralta, 1995). Al pertenecer al grupo de suelos arenosos y en menor proporción a los francos estos suelos presentan una buena aireación, ligeros, permeables, fáciles de labrar y cultivar (Orozco, 2011). De acuerdo al análisis de flora realizado a esta ruta se evidenció una mínima vegetación que almacene humedad bajo suelo, muy bajo contenido de materia orgánica, muy mineralizado, fuertemente ácido consecuencia de la secreción de sustancias ácidas por las raíces de las plantas, suelo sódico debido a la conductividad eléctrica, coloración negro como consecuencia de un contenido elevado de sodio, rico en fósforo y nitrógeno</p>										

Actividades que se realizan en la zona	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación científica sobre biodiversidad con los permisos correspondientes de investigación dados por el Ministerio del Ambiente del Ecuador</li> <li>• Colecciones científicas con los correspondientes permisos, respaldadas en proyectos de investigación</li> <li>• Turismo y actividades de educación e interpretación ambiental con las autorizaciones del MAE y los acuerdos, convenios o concesiones implementados bajo iniciativas públicas, privadas, comunitarias o de la sociedad civil</li> <li>• Monitoreo biológico de la biodiversidad, con los correspondientes permisos de investigación (EcoCiencia, 2014)</li> </ul>										
<b>Suelo agrícola</b>	Franco arenoso	0.14	1.3	20.8	1.21	5.62	272.0	30.1	0.18	4	
Descripción general del suelo	<p>Suelo de textura franco arenoso en la cual la proporción de arcilla y limo aumenta dándole más cohesión que la textura arena franca. (Peralta, 1995) Al pertenecer al grupo de suelos francos y en menor proporción a los arenosos estos suelos son ideales para el desarrollo de cultivos teniendo en cuenta factores como el contenido de materia orgánica, régimen de humedad y clima, de buena aireación y son ligeros, (Orozco, 2011), ricos en nutrientes, muy impermeables (fácilmente encharcables), las lluvias finas y duraderas aportan más agua al suelo que las intensas y rápidas. (Ibáñez, 2006), el bajo valor de humedad se debe a las actividades agrícolas que se realizan y al no evidenciarse especies propias del ecosistema, contenido bajo de materia orgánica, suelo mineralizado, medianamente ácido debido a la presencia de compuestos ácidos originados por la descomposición de la materia orgánica, suelo sódico debido a la conductividad eléctrica, coloración negro como consecuencia de un contenido elevado de sodio, rico en fósforo y nitrógeno</p>										
Actividades que se realizan en la zona	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agroturismo responsable, turismo vivencial, turismo sostenible (aviturismo, caminatas, etc.)</li> <li>• Restauración ecológica con especies nativas o adaptadas a las condiciones y requerimientos ecológicos de la zona</li> <li>• Producción de energías renovables, a baja escala, sin provocar daños en los ecosistemas, inundaciones, desplazamiento de personas o infraestructura, pérdida de cobertura forestal o de suelos agrícolas</li> <li>• Infraestructura para producción pecuaria, agrícola o turismo, construida con diseños y materiales apropiados en función</li> </ul>										

	<p>de minimizar el impacto ambiental y la huella ecológica, bajo esquemas de manejo adecuado de desechos.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Educación ambiental, e investigación que contribuyan a la conservación de los ecosistemas naturales y la producción agroecológica.</li><li>• Mantenimiento en vialidad; servicios básicos; equipamiento para recreación. (EcoCiencia, 2014)</li></ul>
--	---

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)

### **3.9. Propuesta de índice de calidad de suelos para la reserva de producción faunística de Chimborazo.**

#### **3.9.1. Aspectos Físicos**

##### *3.9.1.1. Localización y extensión*

La Reserva De Producción Faunística De Chimborazo, se localiza entre las provincias de Provincias de Chimborazo, Bolívar y Tungurahua, aproximadamente a 25 Km de la ciudad de Riobamba, capital de la provincia de Chimborazo.

Su extensión y límites se encuentran:

**Norte:** Quebrada Mulacorral, Loma Cóndor Samana, Loma Chaupiloma, Cerro Tangango, Cerro Sunaniza, Páramo de Guillán, Loma Utucumuri, Loma Sumipungu, Loma Tanimullo,

**Sur:** Minas de Cascajo, Cerro Razotambo Grande, cauce superior del Río Corazón, Talahua, Quebrada Yuracpolvo

**Este:** Loma Chillabulla, Loma Caparina, Mortiño Loma, Quebrada Cocha Podrido,

**Oeste:** Mesarrumi, Loma Quishuar, Loma Mangahurcu, curso superior de la Quebrada Curipaccha, Loma Curipaccha, Quebrada Lozán, Cerros Toni y Batijasacha, Quebrada Allpacorral, Quebrada Yucuviana, Quebrada Laihua, curso superior de la Quebrada Yuracsha, Loma Tioginal.

La reserva cuenta área estimada: 58560 hectáreas con una altitud desde los 3800 a 6310 m.s.n.m., altitud máxima correspondiente a la cumbre del nevado Chimborazo, y pose una Clima frio andino con temperaturas desde los 0°C hasta los 10° C. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2010)

##### *3.9.1.2. Suelos*

El suelo de la Reserva De Producción Faunística De Chimborazo corresponde a tipo de franco arenoso con pendientes que oscilan entre 5 y > 60%. En la zona alta es evidente la capacidad de retención de agua en el suelo por la cantidad de agua almacenada en las lagunas. Además el suelo orgánico es un almacén de carbono orgánico.

La principal función del suelo es retener el agua, debida a que la materia orgánica tiene esa capacidad, para lo cual se necesita de la vegetación, porque las plantas cubren el suelo (cobertura vegetal) y además capturan el agua tanto de la lluvia y de la niebla que después penetra en el suelo. Además el suelo de la reserva es aprovechado para rutas o senderos antropogénico (turística y actividades agrícolas).

### *3.9.1.3. Climatología*

En la reserva ocurren con frecuencia cambios de clima: en ciertos momentos del día existe una gran insolación, seguida de cielos nublados y lluvias. En las noches la temperatura puede llegar desde los 0°C hasta los 10° C. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2010)

### **3.9.2. Flora y fauna de Reserva de Producción de Fauna Chimborazo**

Nuestro país es rico en biodiversidad debido a que su territorio está cruzado por la cordillera de los Andes, esta cordillera permite la existencia de un gran número de especies vegetales adaptadas a las condiciones del páramo. (Baquero, y otros, 2004, pp-1-19).

La reserva cuenta con cuatro zonas de vida: Montano Alto, Páramo Herbáceo, Páramo Seco Bosque Siempre Verde, Gelidofitia. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2010)

Debido a la gran altitud, bajas temperaturas y la alta incidencia de neblina e irradiación solar, el clima es muy extremo para los seres vivos. (Hedberg, y otros, 1979, pp-297-307). Los páramos demuestran una notable diversidad de seres vivos, principalmente plantas, aves, anfibios y mamíferos. Estas especies, que provienen del norte, sur, la amazonía o evolucionadas en el propio páramo desde hace millones de años, se han adaptado a condiciones climáticas extremas. (Van der Hammen, y otros, 1986; citados en Josse, y otros, 2000).

Las especies silvestres como lobo de páramo, conejos, mariposas y aves de diferentes especies, además los humedales albergan formas de vida como patos silvestres y anfibios.

Los páramos del Chimborazo cuentan con óptimas condiciones ecológicas para la reintroducción de vicuñas que se inició en 1988 con la donación de 200 especies, 100 provenientes de Perú y 100 de Chile, y en 1993 Bolivia beneficia con 77 especies. El último estudio realizado en Julio del 2012 registró un incremento de la población estimándose 4824 vicuñas. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2010)

### 3.9.3. Aspectos socioeconómicos y culturales

En la reserva las comunidad de la zona está aprovechando el Agroturismo responsable, turismo vivencial, turismo sostenible (aviturismo, caminatas, etc.). Restauración ecológica con especies nativas o adaptadas a las condiciones y requerimientos ecológicos de la zona

Producción de energías renovables, a baja escala, sin provocar daños en los ecosistemas, inundaciones, desplazamiento de personas o infraestructura, pérdida de cobertura forestal o de suelos agrícolas.

Infraestructura para producción pecuaria, agrícola o turismo, construida con diseños y materiales apropiados en función de minimizar el impacto ambiental y la huella ecológica, bajo esquemas de manejo adecuado de desechos.

Educación ambiental, e investigación que contribuyan a la conservación de los ecosistemas naturales y la producción agroecológica.

Mantenimiento en vialidad; servicios básicos; equipamiento para recreación. (EcoCiencia, 2014)

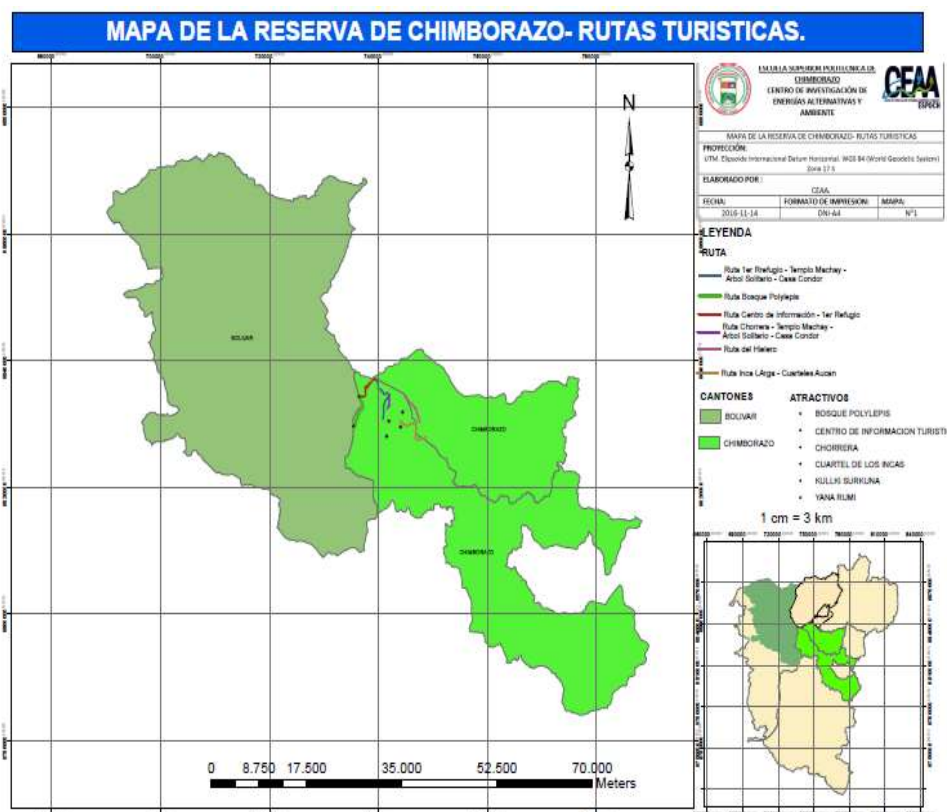


Figura 5-3 Rutas de la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo

Fuente: (CEAA, 2016)



### 3.10. Identificación de alternativas.

#### 3.10.1. Matriz: Propuesta de índices de calidad de suelo aplicados a las rutas de la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo:

<b>OBJETIVO 1.</b> Fortalecer la base organizativa existente e incentivar la participación comunitaria.					
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ESTRATEGIAS</b>	<b>RESPONSABLES</b>	<b>ACTORES</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
Socializar y difundir con los actores involucrados (comunidad, GADPCH, investigadores).	Se efectuará una convocatoria con las partes interesadas, con la finalidad de compartir información para establecer vínculos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad</li> <li>• GADPCH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líderes de la comunidad.</li> <li>• Técnico del GADPCH.</li> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de asistencia.</li> <li>• Se realizara 2 charlas informativas.</li> </ul>
	Taller para fomentar el conocimiento de programas internacionales sobre conservación y protección de ecosistemas andinos (RAMSAR, FAO).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad</li> <li>• GADPCH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad.</li> </ul>	Coordinador de sitio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de firmas.</li> <li>• Se realizara 1 taller participativo.</li> </ul>
Consolidar autoridades comunitarias destinadas al fortalecimiento de la comunidad y cuidado ambiental de la reserva.	Convocar a una consulta popular para elección de representantes en el manejo de la reserva.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líderes de la comunidad.</li> <li>• Comunidad.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de firmas de los participantes en la elección popular.</li> </ul>
	Socialización y fomentar acuerdos con las comunidades aledañas, en temática cuidado, manejo y conservación de la reserva.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad</li> <li>• GADPCH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líderes de la comunidad.</li> <li>• Técnico del GADPCH.</li> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad.</li> </ul>	Los representantes de las comunidades invitadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de firmas.</li> <li>• Se realizará 2 charlas informativas.</li> <li>• Actas de compromiso.</li> </ul>

<b>OBJETIVO 2.</b> Disminuir los procesos que alteren, degraden y destruyan el páramo.					
Promover el cuidado ambiental desde el hogar.	Charlas informativas, se incentivará al uso y manejo de recursos de una manera sostenible y sustentable.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnico del GADPCH.</li> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad.</li> </ul>	El análisis del uso de la tierra, la biodiversidad, el carbono en el suelo y la calidad de vida.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de asistencia.</li> <li>• Se realizará 2 charlas informativas.</li> </ul>
	Taller “uso de tierra y el efecto sobre los recursos de la reserva”	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad</li> <li>• GADPCH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de asistencia.</li> <li>• Se realizará 1 taller participativo.</li> </ul>
	Taller “efecto de la expansión de la frontera agrícola sobre ecosistemas andinos”	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de asistencia.</li> <li>• Se realizará 1 taller participativo.</li> </ul>
Resaltar la relación ecosistema - cambio climático dentro de la comunidad	Delimitar zonas de la reserva para uso exclusivo: pastoreo, siembra y cultivo, potenciar el turístico sostenible y sustentable.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad</li> <li>• GADPCH</li> <li>• ONG locales e internacionales</li> <li>• Ministerio del Ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnico del GADPCH.</li> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad.</li> </ul>	Mingas en los sitios escogidos	Se realizarán 2 mingas por mes para realizar el alambrado.
	Taller participativo sobre las actividades antropogénicas que provoquen alteraciones en la reserva.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad</li> <li>• GADPCH</li> <li>• Ministerio del Ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnico del GADPCH.</li> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad.</li> <li>• Técnico del Ministerio del Ambiente</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de firmas.</li> <li>• Se realizará 1 taller participativo.</li> </ul>

	Taller participativo sobre el uso de agroquímicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Investigadores</li> <li>•Comunidad</li> <li>•GADPCH</li> <li>•Ministerio del Ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Técnico del GADPCH.</li> <li>•Investigadores</li> <li>•Comunidad.</li> <li>•Técnico del Ministerio del Ambiente</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de asistencia.</li> <li>• Se realizará 1 taller participativo.</li> </ul>
<b>OBJETIVO 3. Reducir los niveles de contaminación ambiental en el ecosistema.</b>					
Informar a la comunidad sobre las actividades que provoquen contaminación ambiental, además de las medidas de mitigación.	Coordinar con la comunidad para la elaboración de un sistema alternativo de recolección de desechos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Investigadores</li> <li>•Comunidad</li> <li>• GADPCH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Técnico del GADPCH.</li> <li>•Investigadores</li> <li>• Comunidad.</li> </ul>	Representante del GADPCH.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de asistencia.</li> <li>• Se realizará 1 taller participativo.</li> </ul>
	Charla informativa sobre las actividades que provoquen alteraciones en la reserva.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Investigadores</li> <li>•Comunidad</li> <li>• GADPCH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•GADPCH.</li> <li>•Investigadores</li> <li>• Comunidad.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de asistencia.</li> <li>• Se realizará 1 charla con la comunidad.</li> </ul>
Capacitar a la comunidad en el uso y manejo alternativo de desechos sólidos (reciclaje)	Taller participativo sobre el manejo de los residuos sólidos durante las mingas en la reserva.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Investigadores</li> <li>•Comunidad</li> <li>• GADPCH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Técnico del GADPCH.</li> <li>•Investigadores</li> <li>• Comunidad.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de asistencia.</li> <li>• Se realizará 1 taller participativo.</li> </ul>
<b>OBJETIVO 4. Incentivar y promover el cuidado ambiental y manejo sostenible.</b>					
Establecer la propuesta de índice de calidad de suelos para la reserva de producción faunística de Chimborazo	Taller “servicios ambientales de la reserva”.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Investigadores</li> <li>•Comunidad</li> <li>• GADPCH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Investigadores</li> <li>•Comunidad</li> <li>• GADPCH</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de asistencia.</li> <li>• Se realizará 1 taller participativo.</li> </ul>

	<p>Incentivos a la comunidad por parte de las autoridades ambientales locales e internacionales para el control de la contaminación y conservación de la reserva.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad</li> <li>• GADPCH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnico del GADPCH.</li> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad.</li> <li>• Técnico del Ministerio del Ambiente</li> <li>• ONG locales e internacionales</li> </ul>	<p>Coordinador de sitio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de asistencia.</li> <li>• Se realizará 1 taller participativo.</li> </ul>
	<p>Entrega de la propuesta de índices de calidad de suelo para la RPFCH.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad</li> <li>• GADPCH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnico del GADPCH.</li> <li>• Investigadores</li> <li>• Comunidad.</li> <li>• Técnico del Ministerio del Ambiente</li> </ul>	<p>Presentación de la propuesta elaborada por los investigadores de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de asistencia.</li> </ul>

Realizado por: (Jorge Choca, 2017)

### ***3.10.2. Estrategias para la conservación del suelo de la RPFCH.***

- Cumplir y hacer cumplir el marco legal referente a conservación de suelos.
- Incentivar el uso de abonos orgánicos: compost, bocaschi, humus de lombrices, estiércol, mulch, abono verde, cama orgánica. (Brechelt, 2004, pp-7-27)
- Construcción de pozos de absorción: son pequeñas zanjas de 50 cm de largo por 40 cm de ancho y hasta 1 m de profundidad con la finalidad de captar el agua de lluvia para el riego de cultivos. (H. Peña, 2013, <https://www.anacafe.org>)
- Huertos agroecológicos en casa mejorando la calidad alimentaria de los comuneros.
- Minimizar la quema de vegetación.
- Rotación de cultivos: práctica antigua, controla la erosión y mantiene la productividad de los terrenos. (Gomero Osorio, y otros, 1999, pp- 165-209)
- Promover la reforestación con especies propia en el páramo
- Iniciativa a la labranza conservacionista. (Gomero Osorio, y otros, 1999, pp- 165-209)
- Barreras vivas: este proceso consiste en el sembrío de especies alrededor de los cultivos con la finalidad de favorecer su protección contra plagas y enfermedades. (Gomero Osorio, y otros, 1999, pp- 165-209)
- Conservar la cubierta vegetal natural de la reserva que tiene como finalidad la acumulación de agua.
- Durante las mingas comunitarias en el páramo usar fundas para la recolección de basura.
- Fomentar el reciclaje en la comunidad. (FHIA, 2011, pp-1-2)

### ***3.10.3. Estrategias para la conservación de flora y fauna en la RPFCH.***

- Concientizar a la comunidad sobre la conservación y el respeto a la biodiversidad.
- Cumplir y hacer cumplir el marco legal referente a conservación de flora y fauna.
- Promover la capacitación y educación a la comunidad en la conservación de flora y fauna del páramo.
- Evitar la cacería con fines lucrativos.
- Evitar la quema de pajonal, muchas especies las utilizan como madrigueras.
- Comunicar a las autoridades ambientales competentes sobre la cacería y el tráfico de especies nativas del páramo.

- Reforestación con especies nativas en el páramo.
- Recoger la basura en el páramo.
- Evitar la contaminación de los humedales del páramo, son hábitats de muchas especies de anfibios y aves. (Galindo Bustillo, 2013, <http://cienciasybiologicas.blogspot.>)

### **3.10.4. Enfoque hacia la sostenibilidad económica.**

#### *3.10.4.1. Fomentar a la agricultura ecológica y ecoturismo.*

La agricultura ecológica tiene como objetivo la obtención de alimentos orgánicos, sin el uso de abonos o pesticidas químicos que afectarían la calidad de los recursos de la RPFCH. El establecimiento de huertos agroecológicos en casa, a más de mejorar la calidad alimentaria de los comuneros, evitan la erosión del suelo. (FundaciónVivoSano, 2015, <http://vivosano.org>)

El ecoturismo es el viaje a áreas naturales sin perturbarlas, con la finalidad de disfrutar, apreciar y estudiar tanto sus atractivos naturales (paisajes, flora y fauna silvestres), como las manifestaciones culturales. (Ecoturismo Kuyimá, 2012, <http://www.kuyima.com>)

Mediante el manejo adecuado de los recursos de la reserva, el establecimiento de vínculos y convenios con el GADPCH y MAE, la capacitación de los comuneros en temática ambiental, se establecerá la iniciativa en la ejecución de un plan ecoturístico, en el incluirá mejoramiento de las vías de acceso a la reserva, incorporación de un lugar de hospedaje, estudio e información de los recursos.

## CONCLUSIONES

- Se identificó que las actividades preponderantes en la RPFCH son las siguientes: Suelo para actividad agrícola, suelo para actividades de recreación o turismo y suelo netamente no intervenido por alguna actividad antropogénica o dañina. Las rutas que enmarcaban dentro de estas actividades contemplan toda el área y espacio de la zona de la Reserva de Producción Faunística de Chimborazo: Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico); Ruta Bosque *Polylepis* (Suelo no intervenido, en especial) y Ruta Centro de Información – Primer Refugio Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)
- Tomando en cuenta los análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos se establecieron puntos críticos como criterios de evaluación según la FAO y según la actividad desarrollada en la RPFCH en donde los parámetros tales como la conductividad eléctrica y la materia orgánica son los más afectados por la actividad turística.
- Al correlacionar los parámetros edáficos analizados se obtuvo varias consideraciones y evaluaciones que estuvieron acorde a la actividad realizada; se espera que la actividad este acorde a las capacidades que el suelo puede brindar como por ejemplo; si se realiza agricultura la actividad sea agroturismo responsable; si el suelo se considera no intervenido pues siga siendo de esa manera orientada a investigación científica por ejemplo de biodiversidad.

## RECOMENDACIONES

- Se sugiere que para los casos donde los parámetros si están siendo afectados como la Conductividad Eléctrica y la Materia Orgánica se tome medidas de acuerdo a la actividad y al grado de preservación que se requiera obtener. Para el caso de la Conductividad Eléctrica tomar precaución con toda clase de cultivos sensibles si ésta no se encuentra según la ponderación indicada. Para el caso de la materia orgánica; cuando el suelo se encuentra muy mineralizado se entendiera que es un resultado específico para producir alimentos y forraje con gran densidad de nutrientes; sin embargo hay que considerar varios aspectos además como: la “Energía del suelo”; la segunda a los “Minerales básicos”; la tercera al “Humus y la biología”; y la cuarta a los “Elementos micronutrientes” y conceptualizar en una sola.
- Considerar los permisos necesarios e indispensables cuando se requiera realizar una investigación científica ya que el Ministerio del Ambiente conocerá los procedimientos a seguir para no dañar o eventualmente generar un daño perjudicial a la zona donde no este intervenida; por situaciones antropogénica.



## BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO, E. et al.** *Criterios de calidad de suelo agrícola*. Ministro de la Agricultura. Servicio agrícola y ganadero. Chile. 2009, p. 205.
- ALBÁN, M. & ARGÜELLO, M.** *Un análisis de los impactos sociales y económicos de los proyectos de fijación de carbono en el Ecuador*. Londres, 2001, p. 74.
- ALTIERI, M. & NICHOLLS, C.** Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas, revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*. Vol. 16 (2007), pp. 3-12.
- ALVARADO MOYA, Ronnie Percy.** Qué es una reserva ecológica. *ECOLOGICA-MENTE*. [En línea] 25 de Julio de 2009. [Consulta: 12 de enero de 2017]. Disponible en: <http://sincro-destino.com/group/ecologicamente/forum/topics/que-es-una-reserva-ecologica>.
- ARSHAD, M. A. & COEN, G. M.** Characterization of soil quality: physical and chemical criteria. *American J. of Alternative Agriculture*. Vol. 7, (1992), p. 25.
- ASTIER, M. et al.** Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*. vol. 36, nº5 (2002), p. 605.
- ATLAS, R. & BARTHA, R.** *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. 4ta. ed. Addison Wesley. Madrid. España: 2001, p. 677.
- BANDICK, A. & DICK, R. P.** Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 31, (1999), pp. 1471-1479.
- BRADY, N. C.** *The nature and properties of soils*. *McMillan Publishing Company*. New York. USA, 1990, p. 621.
- BONE, J., et al.** Soil quality assessment under emerging regulatory requirements. *Environment International*. Vol. 36 (2010), pp. 609-622.
- BUDHU, M.** *Soil mechanics and foundations*. 2da. ed. John Wiley & Sons Inc. New Jersey. USA, 2007, p. 634.
- BURBANO ORJUELA, Hernán.** El suelo al servicio de la sociedad y su rol en el contexto de los cambios globales.. *TENDENCIAS Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*. *Universidad de Nariño*, Vol. 11, (2010), pp. 54-60.

- CÁCERES, Jorge.** *Manual de Análisis de laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agronómica.* Riobamba, 2012.
- CANTÚ, Mario Pablo, et al.** *Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices.* SUELO. Argentina vol. 25, nº 2 (2007), pp. 173-178.
- CANTÚ, Mario Pablo, et al.** *Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices.* SUELO. Argentina vol. 25, nº 2 (2007), pp 174.
- CAPURATA, Ronald Ontiveros.** *Estudio Temático 3. Segundo Seminario Euroclima. Efectos del cambio climático sobre la degradación de suelos en América Latina.* Bogotá, Colombia, 2013, pp. 3-4, 15.
- CARRASCO RONQUILLO, Miguel Ángel, et al.** *Propuesta de conservación del páramo de la comunidad pichán central, parroquia San Isidro.* [En línea] (Tesis de grado). ESPOCH. Facultad de Ciencias, Escuela de Biotecnología Ambiental, Riobamba, Ecuador. 2016 [Consulta: 12 de enero de 2017] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4933/1/236T0196.pdf>
- CEPEDA DÍAZ, Jairo Fernando.** *Efectos sobre la salud de los contaminantes químicos ambientales.* Buenos Aires Universidad del Norte, 2003.
- CODAS V., Fabio R.** *Suelo rico en nutrientes favorece a las plantas.* [En línea] 20 de Enero de 2007. [Citado: 13 de febrero de 2017]. Disponible en: <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/casa-y-jardin/suelo-rico-en-nutrientes-favorece-a-las-plantas-957523.html>.
- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.** Norma: Decreto Legislativo # 0. Publicado: Registro Oficial # 449. Quito, 2008.
- CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY.** *Convention on Biological Diversity.* [En línea] 1992. [Citado: 13 de febrero de 2017]. Disponible en: <https://www.cbd.int/>.
- CUADRADO AYALA, María Luisa.** *Estudio de impacto ambiental generado por las actividades turísticas en la “zona de turismo de mínimo impacto” del territorio ancestral Siona, reserva de producción faunística Cuyabeno.* (Tesis) Riobamba, 2013, pp. 5-7.
- CUNALATA RUGEL, Cristian Geovanny, et al.** *Cuantificación de carbono total almacenado en suelos de páramos en las comunidades Shobol-Chimborazo, San Juan Chimborazo* [En línea] (Tesis de grado). ESPOCH. Facultad de Ciencias, Escuela de Biotecnología Ambiental, Riobamba, Ecuador. 2016 [Consulta: 12 de enero de 2017] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2012>

- DE LA ROSA, D.** Soil quality and monitoring based on land evaluation. *Land Degradation & Development*. Vol. 16 (2005), pp. 551-559.
- DE LA ROSA, D. et al.** Soil quality and methods for its assessment. *Land Use and Soil Resources*. Dordrecht: Springer Science Business Media. 2008, pp. 167-190.
- DORAN, J. W., et al.** Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*. Vol. 15 (2000) , pp. 3-11.
- DORRONSORO FERNÁNDEZ, Carlos.** *Edafología y química agrícola*. Universidad de Granada. España, 2007.
- DUDLEY, N.** *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. UICN. Gland. 2008.
- DUMANSKI, J. et al.** *Indicators of land quality and sustainable land management*. TheWorld Bank. Washington DC, USA, 1998.
- ECUADOR. MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE).** *Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, 26 años de protección*. [En línea] 2010. [Citado el: 20 de marzo de 2017] Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/reserva-de-produccion-de-fauna-chimborazo-26-anos-de-proteccion/>.
- ECUADOR. MINISTERIO DE TURISMO.** *Reglamento especial de turismo en áreas naturales protegidas*. [En línea] 2002. [Citado el: 20 de marzo de 2017] Disponible en: <http://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2016/06/REGLAMENTO-ESPECIAL-DE-TURISMO-EN-AREAS-NATURALES-PROTEGIDAS.pdf>
- ECHARRI, Luis.** *Ciencias de la tierra y del medio ambiente*. Universidad de Navarra España. Teide, 1998.
- ECOCIENCIA.** *Actualización del Plan de Manejo de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo*. Riobamba. 2014.
- ETCHEVERS, B.** *Indicadores de calidad de suelos. En: Conservación y restauración de suelos*. Universidad Nacional Autónoma de México y Programa Universitario del Medio Ambiente. México, D.F., 1999, p. 239.
- FERNÁNDEZ LINARES, et al.** *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados*. México, D.F., 2006, pp. 19-76.
- FLORES DELGADILLO, Lourdes et al.** *Manual de Procedimientos Analíticos*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Departamento de Edafología. 2010, p. 5.

- FUNDACIÓN MUNICIPAL TURISMO PARA CUENCA.** *Parque Nacional Cajas PNC.* [En línea] Cuenca. 2008. [Citado el: 4 de Abril de 2011.]. Disponible en: <http://www.cuenca.com.ec/index.php?id=b>.
- GABRIELS DONALD, et al.** *Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo.* Venezuela, 2010.
- GARCÍA, I. et al.** *Contaminación por fitosanitarios: pesticidas. Edafología. Contaminación del suelo.* España. 2002.
- GARCÍA, Y. , et al.** Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *SciELO. Pastos y Forrajes.* Vol. 35, (2012), pp. 125-135.
- GIUFFRÉ, L., et al.** *Indicadores ambientales.* Buenos Aires, Argentina, 2008, p. 493.
- HABTE, M. et al.** Protozoan density and the coexistence of protozoan predators and bacterial prey. *Ecology* vol. 59, n° 1 (1978), pp. 140-146.
- HAVLIN, J.L. et al.** *Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management.* Prentice Hall. New Jersey. USA, 1999, p. 499.
- IBÁÑEZ , Juan José.** *Un Universo invisible bajo nuestros pies. Los suelos y la vida. pH de suelo.* [En línea] 2 de Abril de 2007. [Citado el: 18 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/02/62776>.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INEC).** Anuario estadístico. Quito. 2012.
- INSTITUTO NACIONAL ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN),** Ingeniería geotécnica. identificación y clasificación de suelos. Quito-Ecuador, 2014, p. 5.
- JAMIOY OROZCO, Diego David.** *Propuesta de indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos oxisoles del piedemonte llanero colombiano.* Universidad Nacional De Colombia Facultad De Ciencias Agropecuarias [En línea] (Tesis de Grado). Palmira Colombia, 2011, pp. 21-27. [Consulta: 12 de enero de 2017] Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7169/1/7009004.2011.pdf>
- LAVELLE, et al.** *Soil ecology.* Kluwer Academic Publishers. Dordrech, 2005, p. 654.
- LINARES, Reina M.** *Evaluación ambiental de pesticidas organoclorados en sedimentos de la laguna de Chantuto (Chiapas, México) y de la bahía de Santander (Cantabria, España).* [En línea] (Tesis doctoral). Ingeniería Química. Universidad de Cantabria, España. 2007,

p. 180. [Consulta: 12 de enero de 2017] Disponible en:  
<http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/10689/2de4.RMLcap2.pdf?sequence=3>

**MARÍN GARCÍA, M. L.** *Análisis Químico de suelos y aguas transparencias y problemas.* ed. editorial UPV. 2003.

**MARTÍNEZ SÁNCHEZ, M. J., et al.** *Desertificación: monitorización mediante indicadores de degradación química. Programa de iniciativa comunitaria egión de Murcia,* Consejería de Agricultura, Agua, y Medio Ambiente. 2005, pág. 107.

**MONTICO, Sergio.** Impacto del cambio climático sobre los suelos Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR Distribución gratuita. *Revista agromensajes de la facultad.*, 2010

**OROZCO, S.** *Elaboración de un plan de manejo de suelos, en las comunidades de Calerita Santa Rosa y Shobol Llin llin, parroquia San Juan, cantón Riobamba.*, (Tesis). ESPOCH, Facultad de Recursos Forestales. Ingeniería Forestal. Riobamba, 2011, pp.. 42-48.

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO).** *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo.* Roma, nº 79 (2005), pp. 20-22

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO) CENTRO INTERNACIONAL DE INFORMACIÓN Y REFERENCIA EN SUELOS (ISRIC), UNIÓN INTERNACIONAL DE CIENCIAS DEL SUELO (IUSS).** *Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. Soil quality indicators: Base referencial mundial del recurso suelo un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional.* 2 da edición Roma, 2007, pp. 67-97.

**PAULI, Harald.** *Manual para el trabajo de campo en el proyecto Gloria.* Viena. Vol.1. (2003).

**PRETTY, Jules. et al.** *The top 100 questions of importance to the future of global.* Vol. 8, (2010), pp. 219-236.

**RAMÍREZ, M.** *Indicadores de estado: factores biológicos que limitan la calidad agrícola de los suelos.* Palmira, Colombia. 2004.

**ROCHA VARGAS, Mirvia Angela, et al.** Estudio del mejoramiento de la calidad del suelo por el uso de diferentes enmiendas orgánicas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigenavar.* Waycha) en la Granja Modelo Pairumani. *Revsitas Bolivianas.* Vol. 5, págs. 418-419.

- RUBIO GUTIÉRREZ, Ana María.** *La densidad aparente en suelos forestales.* Sevilla, 2010.
- RUIZ ESTEVEZ, Fernando , et al.** *Infiltración de agua en el suelo con diferentes usos en el Departamento 9 de Julio (Chaco).* Universidad Nacional del Nordeste, 2004, p. 1.
- SEMARNAT. CONAFOR.** *Manual y procedimientos para el muestreo de campo.* Comisión Nacional Forestal. 2011.
- SILVA ARROYAVE, Sandra Milena, et al.** *Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica.* Universidad de Medellín. Medellín, Colombia. Vol. 12, (2009) pp. 15-21.
- SILVA, G. L., et al.** *Soil physical quality of Luvisols under agroforestry, natural vegetation and conventional crop management systems in the Brazilian semi-arid region.* Geoderma. 2011, pp. 61-70.
- SOIL QUALITY INSTITUTE (SQI).** *Indicators for Soil Quality Evaluation.* Auburn: USDA 1996, p. 2.
- TRAXCO.** *Humedad en suelos de diferente textura.* [En línea] 10 de Diciembre de 2009. [Citado el: 25 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/humedad-en-suelos-de-diferente-textura>.
- TURRIALBA, André George.** *Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica. Programa de educación para el desarrollo y la conservación.* (Tesis de Posgrado). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Tropical Agrícola. Costa Rica. 2006, pp. 7-16. [Consulta: 12 de enero de 2017] Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7169/1/7009004.2011.pdf>
- URBANO TERRÓN, P.** Tratado de fitotecnia general. 2 da ed. Ediciones Mundi-Presa. 1995.
- VALLEJO QUINTERO, Victoria Eugenia.** Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. Importance and utility of microbial elements in evaluating soil quality: case studies in silvopastoral systems. *ScieLO Colombia Forestal*, Bogotá Colombia. Vol. 16, (2013) pp. 86-94. [Consulta: 12 de enero de 2017] Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7169/1/7009004.2011.pdf>
- VALLEJO, V. E., et al.** Effect of land management and Prosopis juliflora (Sw.) DC trees on soil microbial community and enzymatic activities in silvopastoral systems of Colombia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 150, (2012) pp. 139-148. [Consulta: 12 de enero de 20] Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7169/1/7009004.2011.pdf>

- VÁZQUEZ , A. A. et al.** *Guía para interpretar el análisis químico de suelo y agua.* México. 1993.
- VELÁSQUEZ, E.** *Bioindicadores de calidad de suelo basados en las comunidades de macrofauna y su relación con características funcionales del suelo.* [En línea] (Tesis de Doctorado) Universidad Nacional de Colombia. Ciencias Agropecuarias. Área Manejo de Suelos y Aguas. Palmira., Palmira, 2004, p. 190. [Consulta: 12 de enero de 2017] Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7169/1/7009004.2011.pdf>
- VILLARREAL, Federico, et al.** *Discusión conceptual acerca de la amortización del suelo.* Argentina, 2004, p. 20.
- WANG, Q., et al.** Land use effects on soil quality along a native wetland to cropland chronosequence. *European Journal of Soil Biology.* Vol. 53, (2012). pp. 114-120.
- WILSON, M.G., et al.** *Indicadores de Calidad de Suelo.* Paraná, Argentina. 2007.
- ZAGAL, Erick, et al.** *Indicadores de Calidad de la Materia Orgánica del Suelo en un Andisol Cultivado.* Chillán, Vol.65 n.2. (2005). pp. 186,187.

# ANEXOS

## ANEXO A: Análisis efectuados noviembre 2016



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
LABORATORIO DE SUELOS**



Nombre del Propietario: Jorge Choca  
Remite:

Fecha de ingreso: 08/11/2016  
Fecha de salida: 17/11/2016

Ubicación: RESERVA DE PRODUCCIÓN FAUNÍSTICA DE CHIMBORAZO, TUNGURAHUA Y BOLÍVAR

Nombre de la granja: Reserva de Producción Faunística de Chimborazo, Tungurahua y Bolívar  
Parroquia: Cantón: Provincia:

Ident.	pH	%		mg/L		RELACIÓN		µS/cm	Textura	Clas.
		M.O	Humedad	Ni	P	C/N	C.E			
SUELO AGRÍCOLA	5.62 L.A.C.	1.21 B	20.8	0.18	30.1 A	3.9 B	272.0	No salino	Franco arenoso	1.3
SUELO INTERVENIDO	5.46 L.A.C.	0.86 B	18.1	0.16	15.0 B	3.1 B	6.89	mS salino	Arenosa franca	1.4
SUELO NO INTERVENIDO	5.27 A.C.	0.90 B	14.3	0.25	17.2 M	2.1 B	156.8	No salino	Arenosa franca	1.4



*Franklin Arcos T.*  
ING. Franklin Arcos T.  
JEFE LAB. DE SUELOS

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Paracurama Sur Km 15, Facultad de Recursos Naturales, Tífono 2998220 Extensión 413  
"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"

CODIGO	
Ni: Neutro	A: alto
L.A.C. Ugeramente ácido	M: medio
Ac. ácido	B: bajo

*Elizabeth Pachacama*  
Ing. Elizabeth Pachacama  
TECNICO DE LABORATORIO



ANEXO B: Análisis efectuados junio 2016



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
LABORATORIO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Jorge Choca  
Remite:

Fecha de Ingreso: 08/05/2016  
Fecha de salida: 17/05/2016

Ubicación: RESERVA DE PRODUCCIÓN FAUNÍSTICA DE CHIMBORAZO, TUNGURAHUA Y BOLÍVAR  
Nombre de la granja Cantón Provincia  
RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Ident.	pH	%			mg/L		RELACIÓN		uS/cm		B/cc
		M.O	Humedad	Ni	P	C/N	C.E.	Textura	DA		
SUELO AGRÍCOLA	5.62 L.Ac.	1.21 B	20.8	0.18	30.1 A	3.9 B	272.0	No salino	Fraco arenoso	1.3	
SUELO INTERVENIDO	5.46 L.Ac.	0.86 B	18.1	0.16	15.0 B	3.1 B	6.89	m <sup>o</sup> salino	Arena franca	1.4	
SUELO NO INTERVENIDO	5.27 Ac.	0.90 B	14.3	0.25	17.2 M	2.1 B	156.8	No salino	Arena franca	1.4	

CODIGO	
N: Neutro	A: alto
L.Ac. Ligeramente ácido	M: medio
Ac. ácido	B: bajo



*Jorge Choca*  
Ing. Franklin Arcos T.  
JEFE LAB. DE SUELOS

*Elizabeth Pachacama*  
Ing. Elizabeth Pachacama  
TECNICO DE LABORATORIO

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Tífono 2998220 Extensión 418  
\*Apoyado a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza\*

ANEXO C: Análisis efectuados septiembre 2016



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
LABORATORIO DE SUELOS



Nombre del Propietario: Jorge Choca  
Remite:

Fecha de ingreso: 08/09/2016  
Fecha de salida: 17/09/2016

Ubicación: RESERVA DE PRODUCCIÓN FAUNÍSTICA DE CHIMBORAZO, TUNGURAHUA Y BOLÍVAR  
Nombre de la granja: Parroquia Cantón Provincia  
RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Ident.	pH	M.O	%		mg/L	RELACIÓN		us/cm	g/cc
			Humedad	Ni		C/N	C.E		
SUELO AGRÍCOLA	5,62 L.A.C.	1,21 B	20,8	0,18	30,1 A	3,9 B	272,0 No salino	1,3	Textura Franco arenoso
SUELO INTERVENIDO	5,46 L.A.C.	0,86 B	18,1	0,16	15,0 B	3,1 B	6,89 mS Salino	1,4	Areña franca
SUELO NO INTERVENIDO	5,27 AC.	0,90 B	14,3	0,25	17,2 M	2,1 B	156,8 No salino	1,4	Areña franca

CODIGO	
N: Neutro	A: alto
L.A.C. Ligeramente ácido	M: medio
Ac. ácido	B: bajo



*Jorge Choca*  
Ing. Franklin Arcos T.  
JEFE LAB. DE SUELOS

*Elizabeth Pachacama*  
Ing. Elizabeth Pachacama  
TECNICO DE LABORATORIO

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Tífono 2998220 Extensión 418  
\*Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza\*

**ANEXO D: Fotografías**



**Fotografía 1-2:** Metodología para la determinación de la densidad aparente en el suelo

**Fuente:** (SEMARNAT. CONAFOR, 2011)



**Fotografía 2-3:** Ruta primer refugio – Templo Machay – Árbol Solitario – Casa Cóndor (Suelo de uso turístico)

**Tomado por:** (Jorge Choca, 2016)



**Fotografía 3-3:** Ruta Bosque Polylepis (Suelo no intervenido)

**Tomado por:** (Jorge Choca, 2016)



**Fotografía 4-3:** Ruta Centro de Información – Primer Refugio

Ruta Chorrera – Templo Machay (Suelo agrícola)

**Tomado por:** (Jorge Choca, 2016)



**Fotografía 5-3:** Infiltración en el suelo

**Tomado por:** (Jorge Choca, 2016)