

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.**



CARRERA: INGENIERÍA AGRÓNOMICA.

**BIOINDICADORES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL
SUELO EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA JUN JUN.**

Documento Final del Proyecto de Investigación como requisito para obtener el grado
de Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

ALEX ADRIAN AREQUIPA SANTO

TUTOR:

ING. WILFRIDO YÁNEZ MG.

CEVALLOS – ECUADOR

2017

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

El suscrito, ALEX ADRIAN AREQUIPA SANTO, portador de la cédula de identidad número: 0503315459, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “BIOINDICADORES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA JUN JUN”, es original, auténtico y personal.

En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

.....
ALEX ADRIAN AREQUIPA SANTO

DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “BIOINDICADORES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA JUN JUN”, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

.....
ALEX ADRIAN AREQUIPA SANTO

“BIOINDICADORES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA JUN JUN”.

REVISADO POR:

Ing. Mg. Wilfrido Yánez

TUTOR

Ing. Mg. Luciano Valle

ASESOR DE BIOMETRÍA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

FECHA

Ing. Mg. Hernán Zurita

PRESIDENTE TRIBUNAL

Ing. Mg. Luciano Valle

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

Ing. Mg. Luis Villacís

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AGRADECIMIENTOS

A ti Dios, por bendecirme con la vida y darme la oportunidad de gozar de una gran familia, quienes contribuyeron a mi formación y apoyaron en el transcurso, para alcanzar mis sueños.

A la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por ser parte esencial de mi formación profesional; acogerme en sus aulas y permitirme formarme como profesional.

A mi tutor Ing. Mg. Wilfrido Yáñez, quién me brindó todo su apoyo y conocimientos para culminar la investigación, también a el Ing. Mg. Luciano Valle, Asesor de Biometría e Ing. Mg. Marilú González, Asesora de Redacción Técnica quienes en su determinado momento supieron asesorarme con sus consejos y conocimientos para la culminación del presente proyecto de investigación.

ALEX ADRIAN AREQUIPA SANTO

DEDICATORIA

A Dios, por bendecirme y protegerme a lo largo de toda mi vida.

A mis padres, Jorge Arequipa y Blanca Santo, quienes con amor y trabajo me educaron, apoyándome para alcanzar cada una de mis metas, con sabios consejos.

A mis hermanas, Maribel y Lesly, quienes han estado en mi vida para compartir momentos de felicidad y tristeza.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II	3
MARCO TEÓRICO O REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	3
2.2. CATEGORIAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL.....	8
2.2.1. Suelo	8
2.2.2. Suelo con cobertura vegetal	8
2.2.3. Suelo sin cobertura vegetal	9
2.2.4. Altitud (m.s.n.m.).....	10
2.2.5. Calidad del suelo.....	11
2.2.6. Indicadores de Suelo	12
2.2.7. Tipos de indicadores	12
2.2.8. Físicos	12
2.2.9. Químicos.....	13
2.2.10. Biológicos (Bioindicadores)	16
2.2.11. Microcuenca.....	20
CAPÍTULO III.....	22
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	22
3.1. HIPÓTESIS	22
3.2. OBJETIVOS.....	22
3.2.1. Objetivo General.....	22
3.2.2. Objetivos Específicos	22
CAPÍTULO IV.....	23
MATERIALES Y MÉTODOS	23

4.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO.....	23
4.2. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR.....	24
4.2.1. Clima	24
4.2.2. Suelo	24
4.2.3. Piso Altitudinal	25
4.3. EQUIPOS Y MATERIALES	25
4.3.1. Equipos	25
4.3.2. Materiales.....	26
4.3.3. Reactivos.....	26
4.4. FACTORES EN ESTUDIO	27
4.4.1. Altitud:	27
4.4.2. Cobertura del suelo:	27
4.5. TRATAMIENTOS	27
4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
4.7. VARIABLE RESPUESTA	28
4.7.1. Bioindicadores	28
4.7.2. Materia orgánica (%)	28
4.7.3. Potencial de hidrógeno (pH)	28
4.7.4. Nitrógeno total (%)	28
4.7.5. Carbono Orgánico (CO)	29
4.7.6. Calidad del suelo.....	29
4.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO	29
4.8.1. Ubicación de los puntos de Muestreo	29
4.8.2. Recolección de las muestras y determinación de bioindicadores.	29
4.8.3. Secado y molido de las muestras de suelo	30
4.8.4. Determinación del pH	30
4.8.5. Determinación de la Cantidad de Materia Orgánica.....	30

4.8.6. Nitrógeno total	31
4.8.7. Carbono Orgánico.....	31
4.8.8. Calidad del suelo de la Microcuenca Jun Jun.....	31
4.9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	34
CAPÍTULO V	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
CAPÍTULO VI.....	41
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	41
6.1. CONCLUSIONES.....	41
6.1. BIBLIOGRAFÍA.....	42
6.3. ANEXOS.....	47
CAPÍTULO VII	53
PROPUESTA.....	53
7.1. TÍTULO.....	53
7.2. DATOS INFORMATIVOS	53
7.3. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	53
7.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	53
7.5 OBJETIVO.....	54
7.6 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	54
7.7 FUNDAMENTACIÓN	54
7.8 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO.....	55
7.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>Lombricus terrestris</i>	18
Tabla 2. TRATAMIENTOS	27
Tabla 3. INDICADORES PARA LA CALIDAD DEL SUELO.....	32
Tabla 4. CLASES DE LA CALIDAD DE SUELOS.....	33
Tabla 5. INDICADORES QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA JUN JUN.	38
Tabla 6. CALIDAD DEL SUELO DE LA MICROCUENCA JUN JUN	39
Tabla 7. ÍNDICE DE CALIDAD DE LOS SUELO CON CUBIERTA VEGETAL DE PASTO.....	39
Tabla 8. ÍNDICE DE CALIDAD DE LOS SUELOS SIN CUBIERTA VEGETAL	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Indicadores Biológicos propuestos para evaluar los efectos del manejo sobre los agro ecosistemas.	17
Figura 2: Ubicación de la Microcuenca Jun Jun	23
Figura 3: Sector de estudio con curvas de nivel.....	24

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos obtenidos en Porcentaje de Materia Orgánica (%MO)	47
Anexo 2. Datos obtenidos de pH	47
Anexo 3. Datos obtenidos en Porcentaje de Carbono Orgánico (%CO).....	47
Anexo 4. Datos obtenidos en Porcentaje de Nitrógeno (%N).....	48
Anexo 5. Datos obtenidos de la Densidad de Lombrices (ind./m ²)	48
Anexo 6. Datos obtenidos de la Biomasa de Lombrices (gr/m ²)	48
Anexo 7. Promedios obtenidos de Suelos cubiertos con pasto	49
Anexo 8. Promedios obtenidos de Suelos sin cubierta vegetal.....	49
Anexo 9. Unidad de Muestreo	50
Anexo 10. Identificación de la Biomasa de las Lombrices de tierra.....	50
Anexo 11. Secado de las Muestras de Suelo.....	51
Anexo 12. Molino de Tierra.....	51
Anexo 13. Soluciones de suelo para pH.....	52
Anexo 14. Determinación Materia Orgánica	52

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de identificar la calidad del suelo existente en la Microcuenca de la Quebrada Jun Jun mediante la utilización de bioindicadores (*Lombricus terrestris*), los mismos que fueron relacionados con indicadores químicos como pH, materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total; empleando zonas de estudio a distintas altitudes (Z1: >2800 m.s.n.m.; Z2: 2800-2900 m.s.n.m.; Z3: >2900 m.s.n.m.); y zonas con cubierta vegetal (C1) y sin cubierta vegetal (C2). La toma de muestras se lo realizó en la Microcuenca localizada en los cantones de Mocha, Quero y Cevallos.

Para la evaluación se aplicó un diseño de bloques al azar (DBCA) con cuatro repeticiones, se efectuó el análisis de variancia (ADEVA), de acuerdo al diseño experimental planteado y se realizaron las pruebas de significación de Tukey al 5%, para diferenciar entre tratamientos, se registraron las variables de bioindicador (*Lombricus terrestris*) única macrofauna presente en el área de muestreo, pH, Materia Orgánica, Carbono Orgánico, Nitrógeno Total; e indicadores químicos relacionados con los bioindicadores. Los resultados obtenidos fueron que las lombrices de tierra (bioindicador) estaba presente en algunos tratamientos, estas presentaron una mejor densidad poblacional, en suelos que tenía cubierta vegetal en los tres rangos de altura estudiados, estos tratamientos fueron: <2800 m.s.n.m., cubierta vegetal de pasto (Z1C1), 2800 - 2900 m.s.n.m., cubierta vegetal de pasto (Z2C1) y >2900 m.s.n.m., cubierta vegetal de pasto (Z3C1) con medias de 12,25 ind./m², 11,00 ind./m², y 4,25 ind./m², respectivamente; teniendo una mayor biomasa los tratamientos Z1C1 y Z2C1, con medias de 5,45 gr/m² y 3,90 gr/m². Confirmando que los suelos que poseen una cubierta vegetal tienen una mayor calidad que aquellos que carecen de ella; ya que estos se deterioran por factores ambientales y por actividades antrópicas. Además, al relacionarlas con otros indicadores de pH, Materia Orgánica, Carbono Orgánico y Nitrógeno total, uno de los mejores tratamientos resulto el Z2C1, el cual poseía una cubierta vegetal de pasto y se encontraba a una altura que oscilaba entre 2800-2900 m.s.n.m.

PALABRAS CLAVES: Bioindicador; *Lombricus terrestris*; cubierta vegetal; microcuenca; pastos.

SUMMARY

The present research was carried out with the objective of identifying the soil quality existing in the Jun Jun's ravine microbasin through the use of bioindicators (*Lombricus terrestris*), which were related to chemical indicators such as pH, organic matter, carbon Organic and total nitrogen; Using areas at different altitudes (Z1:> 2800 m.a.s.l., Z2: 2800-2900 m.a.s.l., Z3: > 2900 m.a.s.l.); and areas with vegetation cover (C1) and without vegetation cover (C2). The sampling was done in the Microbasin, which is located in the of Mocha, Quero and Cevallos's cantons.

In the test, the random block design was applied with four replications, and the analysis of variance (ANOVA) was carried to accord the experimental design proposed, Tukey significance tests at 5%, to differentiate between treatments; Where the variables of bioindicator (*Lombricus terrestris*) were recorded, the only macrofauna present in the sampling area, pH, organic matter, organic carbon, total nitrogen; indicators related to bioindicators. The results obtained were that earthworms (bioindicator) were present in some treatments, these had a better population density, in soils that had vegetation cover in the three height ranges studied, these treatments were: <2800 m.a.s.l., Pasture (Z1C1), 2800-2900 m.a.s.l., pasture cover (Z2C1) and > 2900 m.a.s.l., pasture cover (Z3C1) with averages of 12.25 ind./m², 11.00 ind./m², and 4 , 25 ind./m², respectively; With higher biomass treatments Z1C1 and Z2C1, with averages of 5.45 g / m² and 3.90 g / m². Confirming that soils that have a vegetation cover have a higher quality than those without; As these are deteriorated by environmental factors and by anthropic activities. In addition, when related to other indicators of pH, Organic Matter, Organic Carbon and Total Nitrogen, one of the best treatments resulted in Z2C1, which had a vegetative cover of grass and was at a height that oscillated between 2800-2900 m.s.n.m.

KEYWORDS: Bioindicator; *Lumbricus terrestris*; vegetation cover; microbasin; grass

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente la sobrevivencia de las personas tiene una estrecha relación con la salud de los suelos agrícolas, ya que en mayor parte lo que consume el ser humano proviene del suelo; este es uno de los recursos no renovables que posee el hombre, de dónde saca provecho para realizar diversas actividades.

El suelo es considerado un recurso vivo, por ser dinámico, contener partículas minerales de distintos tamaños, materia orgánica y diversidad de microorganismos (Uribe, 1999); donde el ser humano ha realizado una diversidad de actividades industriales y agrarias, que ha venido creciendo con el pasar de los años, ha ido afectado paulatinamente a este recurso en sus características físicas, químicas y biológicas (Garbisu *et al.*, 2007).

El suelo, siendo muy importante para la vida, no ha sido tomado muy en cuenta y se ha degradado rápidamente como consecuencia de una serie de amenazas derivadas de la actividad antrópica que han afectado la funcionalidad y sostenibilidad de este recurso, y así podría ser una amenaza para el futuro de la humanidad (Garbisu *et al.*, 2007).

Un conjunto de suelos forma parte de una microcuenca, donde el deterioro y degradación de los mismos viene a ser un problema ambiental. La degradación de los suelos está contribuyendo al estancamiento de extensas áreas potencialmente agrícolas, cuya vulnerabilidad se incrementa a medida que se intensifica el uso de la tierra por actividades agrícolas y otros usos del territorio (Ramírez, 2013).

Algunas de las actividades que han provocado la degradación se mencionan a continuación: la erosión, la pérdida de materia orgánica, la contaminación, la impermeabilización o sellado (por la construcción de viviendas, carreteras y otras infraestructuras), la compactación (derivada de la utilización de maquinaria pesada,

la intensidad del pastoreo), la disminución de la biodiversidad, la salinización, las inundaciones y finalmente los deslizamientos de tierra (Garbisu *et al.*, 2007).

Las actividades antes mencionadas han provocado que la calidad del suelo disminuya; definiendo calidad del suelo a la capacidad de mismo para funcionar dentro de los límites del ecosistema para sustentar a la productividad, mantener la calidad ambiental y promover la salud de las plantas y animales (Bogado, 2013).

La calidad del suelo está en relación a los indicadores, estos corresponden a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Al conocer las propiedades dinámicas del suelo podemos conocer la calidad del mismo, ya que debe estar en condiciones adecuadas para que los cultivos que se desarrollen ahí lo hagan de forma efectiva (Montalvo, 2013).

A partir de indicadores biológicos se requiere conocer el impacto que generan las prácticas agronómicas sobre el suelo. Un indicador biológico es una propiedad, característica o proceso que puede ser medido para detectar cambios en el sistema estudiado. Esto se determina con medidas de poblaciones de micro y macro organismos, su actividad o subproductos (Uribe, 1999).

En teoría se puede manifestar que la calidad del suelo es mayor cuando el número y la diversidad de los microorganismos son elevados. Las poblaciones de microorganismos del suelo son fácilmente afectadas por cambios ya sean físicos, o químicos causados al suelo por el hombre (Bogado, 2013).

Al conocer que la calidad del suelo está influenciada por las propiedades dinámicas del mismo como físicas, químicas y biológicas enfocamos nuestra investigación en identificar la cantidad de bioindicadores (*Lombricus terrestris*) presentes en la microcuena de la quebrada Jun Jun, relacionándolo con las propiedades químicas del suelo (pH, Materia orgánica, Carbono orgánico y Nitrógeno total), con la finalidad de conocer la calidad de suelo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO O REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Bogado (2013), indican que la calidad del suelo es definida como la capacidad de este para funcionar dentro de los límites del ecosistema, sustentando la productividad biológica, calidad ambiental y promover la salud de las plantas y animales. El trabajo estaba enfocado en determinar la calidad del suelo utilizando algunos indicadores biológicos en diferentes sistemas de manejo como: Siembra directa, convencional, área boscosa, área de pastura; en suelos de Departamento de Alto Paraná, Paraguay. El contenido de carbono de la biomasa microbiana, el carbono total del suelo y la respiración de la biomasa microbiana, fueron las variables estudiadas. Se presentaron diferencias estadísticas significativas en la concentración del C orgánico del suelo del bosque en comparación con los otros sistemas de manejo involucrados, con un promedio de 26,0 g. kg⁻¹. También en la profundidad de 0 a 0,05m, la cantidad de C orgánico en la biomasa microbiana del suelo con 267,9 mg C kg⁻¹, y la evolución de la respiración microbiana del suelo, pero no así en las diferentes profundidades de muestreo.

Cabrera (2012), manifiestan que se puede predecir el estado de degradación de suelos, si se utilizan variables entre las cuales están sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas. En las biológicas encontramos la macrofauna, que incluye los invertebrados del suelo mayores de 2 mm de diámetro. La riqueza taxonómica como su densidad, biomasa y composición funcional está en relación al efecto de diversos usos y manejos de la tierra, pudiendo variar. Así en Cuba, se propuso como indicador de la valoración del estado del suelo el comportamiento de las poblaciones de lombrices de tierra, a través de su riqueza de especies, su densidad (ind.m⁻²) y su biomasa (gm⁻²). Las hormigas también pueden ser seleccionadas como indicadores de perturbación, debido a la capacidad de sobrevivir mayormente en suelos agrícolas, a pesar de los disturbios en el medio.

Momo, Falco, y Craig (2003), muestran dos métodos para el uso de lombrices de tierra como bioindicadores del deterioro físico de suelos, que han sido sometidos a perturbaciones, aplicados en un suelo argiudol típico de la llanura pampeana. Uno de los métodos usado se basa en la construcción de Curvas de Frecuencias Porcentuales Acumuladas (método de las FPA) de las especies a lo largo de un gradiente de deterioro conocido; en cambio otro usa la comparación de la afinidad porcentual de la composición de especies de cada suelo respecto a un suelo de referencia no perturbado. Los valores obtenidos para cada índice biológico se relacionaron con dos indicadores físicos del estado del suelo: la estabilidad estructural y la densidad aparente. El método de las curvas FPA es sensible y simple de implementar para su uso en el monitoreo de suelos. El ejemplo presentado puede ser usado como referencia para argiudoles típicos. Las comunidades de lombrices responden como conjunto a las condiciones físicas del suelo, pero también existen especies cuya presencia puede servir como indicador de condiciones particulares.

Cantú, *et al.* (2007), afirman que con el avance de la agricultura en distintas áreas que tienen un grado de fragilidad, es preciso realizar evaluaciones del estado del suelo con indicadores. Desarrollaron y aplicaron un set mínimo de indicadores para evaluar la calidad del suelo en agroecosistemas con Molisoles de bajo a moderado desarrollo. La metodología se probó en una unidad ambiental homogénea, con Hapludoles típicos, bajo diferentes sistemas de manejo, en una cuenca pedemontana del SO de la provincia de Córdoba. Se muestrearon lugares de tres sistemas de manejo agrícola (siembra directa, labranza reducida y labranza convencional). Adicionalmente, escogieron dos sitios de referencia que representan a un suelo natural o prístino con una pastura de *Eragrostis curvula* (pasto llorón). Donde se analizaron propiedades como: carbono orgánico, pH, saturación de bases, agregados estables en agua, velocidad de infiltración, densidad aparente y el espesor horizonte A. Los resultados obtenidos fueron normalizados utilizando una escala 0-1 respectivamente, y calificados dentro de un Índice de Calidad de Suelos. Donde el C orgánico influenciaba muchos en la calidad de las subunidades.

Masín, *et al.* (2011), manifiestan que las lombrices de tierra son componente importante en la fauna del suelo, por ayudar en su estructura y fertilidad. Además estos organismos son sensibles frente a manejos y grados de perturbación del suelo, actuando como bioindicadores de la salud del mismo. El estudio fue determinar la abundancia y diversidad de la oligoquetofauna en dichos suelos los cuales tienen manejos distintos como labranza convencional (LC), siembra directa orgánica (SDO) y siembra directa (SD), en las localidades de Ángel Gallardo y Monte Vera (Santa Fe - Argentina). También las muestras fueron tomadas en dos estaciones distintas verano y otoño. La densidad de oligoquetos presentó diferencias por estación y sistemas de producción, donde el SDO presentó mayor número de individuos en las dos estaciones muestreadas. Además, la taxocenosis de lombrices no solo se ven afectadas por las condiciones ambientales y labores de producción, sino también por los parámetros físicos - químicos del suelo, que en conjunto condicionan la sensibilidad de la oligoquetofauna.

Botina, Velásquez, Bacca, Castillo, y Dias (2012), indican que la investigación fue evaluar la diversidad, abundancia y biomasa de la macrofauna en distintos usos del suelo: una pradera de kikuyo, cultivo de papa con labranza tradicional, cultivo de papa con labranza mínima, y suelo desnudo. Donde se empleó la metodología del programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), para la obtención de muestras y la macrofauna obtenida fue identificada hasta nivel de orden y familia. Los macroinvertebrados fueron encontrados de forma abundante y diversa en el suelo desnudo y en la pradera en comparación los demás usos del suelo. Las lombrices de tierra (Haplotaxida) representaron la mayor biomasa y abundancia en los suelos menos perturbados, así ratificando su potencial como bioindicadores de la calidad del suelo, así que el tipo y uso de labranza son factores determinantes en biodiversidad de la macrofauna del suelo.

Socarrás y Izquierdo (2014), señalan que se evaluó el impacto de los métodos agroecológicos mediante la variación de la mesofauna del suelo, en una finca con manejo integrado ganadería-agricultura (en Cangrejeras, provincia Artemisa). Donde se seleccionó tres sistemas de manejo: área de pastizal, área de forraje y área de policultivos. Los muestreos se realizaron a los seis y ocho años de haber realizado las transformaciones en las áreas de forraje y cultivo, en ambas estaciones del año. En

las áreas de forraje y pastizal, en ambas estaciones y años de transformación, dominaron los grupos edáficos que constituyen indicadores de estabilidad y fertilidad del suelo (oribátidos y mesostigmados), que eran beneficiados una cobertura del suelo mayor y por la incorporación de materia orgánica. En el área de policultivo prevalecieron los grupos indicadores de la inestabilidad e infertilidad del suelo (astigmados y prostigmados), esto se debe a que la rotación de cultivos y el manejo de las técnicas agroecológicas no dieron las condiciones para otros grupos.

Cabrera, Robaina, y Ponce de León (2011), indican que se evaluó el efecto de la intensidad de uso de la tierra sobre la riqueza y abundancia de las comunidades de la macrofauna del suelo, analizando desde bosques secundarios y pastizales hasta cultivos varios destinados a la producción de papa y cañaverales. Este se lo realizó en octubre del 2009, en las provincias Artemisa y Mayabeque. Empleando la metodología propuesta por el TSBF para la identificación de la macrofauna, en la cual se evaluó la riqueza taxonómica, la densidad y la biomasa. Los mayores resultados de las variables evaluadas se encontraron en los bosques secundarios, y los menores valores en los pastizales, los cultivos varios y los cañaverales. Haplotaxida, Formicidae, Isoptera, Coleoptera y Diplopoda fueron las unidades taxonómicas de la macrofauna, dominantes en densidad y en biomasa, en la mayoría de los usos de la tierra estudiados. Los resultados sobre la riqueza taxonómica, la densidad y la biomasa de la macrofauna del suelo indicaron el nivel de degradación del medio edáfico, debido a la intensidad de uso de la tierra.

Rendón, Artunduaga, Ramírez, Quiroz y Leiva (2011), manifiestan que el estado de las propiedades dinámicas del suelo como el contenido de materia orgánica, diversidad de microorganismos, o los productos microbianos en un tiempo en particular, nos dan a conocer sobre la calidad del suelo. Estos indicadores varían dependiendo de del tipo y uso del suelo, función y factores del mismo. Estos invertebrados como indicador, juegan un papel importante en el reciclaje de nutrientes y además son sensibles. Con el objetivo de cualificar el suelo se evaluó la presencia de macroinvertebrados en distintos cultivos: mora, aguacate y pasto empleando la técnica del monolito propuesto por Instituto de Fertilidad y Biología de Suelos Tropicales (TSBF), encontrado mayor número de invertebrados en el cultivo de mora y la mayor cantidad estaban en los 10 primeros centímetros. En la medida en

que la resistencia a la penetración en el suelo fue mayor, se incrementaron las poblaciones de Melolonthidae y Elateridae, y se disminuían las poblaciones de Lumbricidae. Así mostrando la efectividad de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo.

Domínguez, Bedano y Becker (2009), señalan que la siembra directa (SD) es una alternativa de menor impacto ambiental que otros sistemas de cultivo. Sin embargo, esta puede generar degradación de algunas propiedades del suelo. Este trabajo estaba enfocado en evaluar el cambio de las comunidades de lombrices de tierra y de algunas propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas en suelos con SD en relación a pastizales naturales (PN), en la cuenca Gral. Deheza, Córdoba. Para la obtención de lombrices de tierra se empleó el método del programa TSBF. Los resultados fueron que la comunidad de Lumbricina estuvo dominada por lombrices endógenas, que sirven para modificar tanto aspectos químicos como físicos del suelo. En SD disminuyó la población de Lumbricina de una media de 297 ind m⁻² a 70 ind m⁻² con respecto a los PN, esto se explica principalmente por la mayor compactación y el menor contenido de MO. Con esto se plantea el interrogante sobre la sustentabilidad a largo plazo de esta práctica agrícola.

2.2. CATEGORIAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Suelo

El suelo es una entidad geológica formada por la alteración de distintos materiales litológicos hallados en la superficie, originada por el clima y organismos. (Bello, Ibañez, & García-Álvarez, 2002), la roca parental (lecho de roca) es el material que se va desmenuzándose con el tiempo, permitiendo la entrada de agua y aire entre las partículas, generando cambios físicos y químicos que favorece al formar un medio adecuado para el desarrollo de vida en el mismo (Tunza, 2013).

Gran parte de la superficie del planeta se encuentra cubierto por esta capa, en algunas partes siendo tan superficial que mide centímetros pero en otros lugares llegando a metros de espesor. Este se encuentra formado por materia inorgánica (partículas de minerales y roca), materia orgánica (plantas y animales en descomposición) y organismos vivos, en la mayoría microscópicos, además de agua y aire (Tunza 2013).

2.2.2. Suelo con cobertura vegetal

La cobertura que posee un suelo viene a ser (bio) física y esta se encuentra en la superficie del suelo. Engloba pura y estrictamente a la descripción de la vegetación y elementos antrópicos (Gregorio, 2005).

Al mencionar cobertura vegetal del suelo, nos enfocamos en la existencia o desarrollo de plantas o cultivos, mejorando así la capacidad productiva de los terrenos y ayudando a disminuir la erosión del mismo (Ministerio de Agricultura y Riego, 2014).

La zona de la Microcuenca Jun Jun se caracterizan por tener una amplia diversidad de coberturas entre las que resalta: coberturas de pasto, por ejemplo alfafa (*Medicago sativa*), ray grass (*Lolium perenne*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), trébol blanco (*Trifolium repens*) que es generalmente utilizada para la alimentación de los animales que tienen la población; además de lo antes mencionado estos se encuentran

asociados en algunos con frutales como durazno (*Prunus persica*), pera (*Pyrus communis*), manzana (*Malus domestica*).

También en otros lugares se observa cultivos transitorios que ayudan a potencializar la economía del sector como: papas (*Solanum tuberosum*), habas (*Vicia faba*), maíz (*Zea mays*), cebolla (*Allium cepa*), zanahoria (*Daucus carota*), arveja (*Pisum sativum*), (GAD Quero, 2011).

2.2.2.1. Beneficios de la cubierta vegetal del suelo

Ministerio de Agricultura y Riego, (2014) afirma que el suelo provisto de cubierta vegetal lo ayuda en:

- Reducen las pérdidas de suelo causada por la erosión hídrica y eólica.
- Aumentan la infiltración de agua en el suelo
- Reduce la evaporación del agua del suelo, reteniendo agua por mayor tiempo en el mismo.
- Aumenta y mejora la biodiversidad, conservando la macrofauna del suelo (artrópodos, lombrices)
- Incrementa el contenido de materia orgánica en el perfil del suelo, por lo tanto la fertilidad también se ve beneficiada.
- Las raíces de las plantas y los residuos vegetales contribuyen a mejorar la estructura del suelo haciéndolo más poroso, y consecuentemente, absorben más fácilmente el agua.
- Mejora la estabilidad estructural de los agregados superficiales.

2.2.3. Suelo sin cobertura vegetal

Son áreas con ausencia de vida leñosa, herbácea y con menos del 25% de cobertura de líquenes/musgo. En estas áreas donde la superficie terrestre consiste en los afloramientos rocosos o un suelo desnudo, si se lo describiera sería la tierra propiamente y no la cobertura de la tierra por lo carece de esta (Gregorio, 2005).

Además, estos suelos al estar desnudos, por la carencia de cubierta vegetal alguna que lo proteja, está directamente expuesto a la intemperie; así que este puede verse afectado por factores climáticos y siendo esta una causa de degradación del suelo.

2.2.3.1. Barbecho

Es aquella tierra que no se siembra durante uno o varios ciclos vegetativos, con la finalidad de recuperar y almacenar materia orgánica y humedad; también se refiere a la tierra que se deja descansar por uno o varios años, en esto es habitual la rotación de cultivos (Barriuso y Palacios, 2013).

2.2.3.2. Efectos del suelo sin cubierta vegetal

FAO (2000), manifiesta que por una cobertura inadecuada o la carencia de esta en la superficie del suelo existe una degradación física en el suelo, definida como la pérdida de la calidad suelo, provocando:

- En la superficie se observa el surgimiento de finas costras, como bajo la capa arada, donde surgen capas compactadas.
- Las tasas de infiltración de agua en el suelo se reducen, mientras las tasas de escorrentía y de erosión aumentan.
- Disminución de la estabilidad de agregados y estructura.
- Erosión, retiro de materiales sólidos por cualquier agente, siendo el agua uno de los principales sobretodo la lluvia (Jaramillo, 2002).
- Lixiviación llamada también lavado, refiriéndose a la eliminación de los materiales del suelo en solución, evacuación de bases por el agua excedente (Jaramillo, 2002).

2.2.4. Altitud (m.s.n.m.)

Es una elevación que sirve para describir la altura por encima del suelo del nivel del mar, o es la distancia vertical de un punto de la tierra respecto al nivel del mar para diversos fines, por ejemplo, el efecto de la misma sobre la generación de un micro clima local y para describir y seleccionar los lugares (Meteoblue, 2006).

Es importante recalcar que los estudios realizados en la Microcuenca de la Quebrada Jun Jun, las altitudes varían desde 2800 y sobrepasan los 3000 m.s.n.m., donde se visualiza dos pisos altitudinales: Montano comprendido entre 1800 – 3000 m.s.n.m. y Montano Alto que va de 3000 – 3400 m.s.n.m (Valencia, *et al.*, 1999).

2.2.5. Calidad del suelo

La calidad del suelo y sus parámetros se pueden relacionarse al concepto de funcionalidad del ecosistema, ya que integra e interconecta distintos componentes y procesos biológicos, químicos y físicos del suelo. Desde una perspectiva ecológica, este concepto expresa la capacidad específica que tiene un suelo para funcionar dentro de los límites del ecosistema, para sostener o mejorar la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat (Navarrete, *et al.* 2011).

La calidad de un suelo tiene relación a los incrementos y decrementos en los valores de algunas características de éste. Por ejemplo, puede incrementarse: la tasa de infiltración y aireación, debido a la cantidad de sus macro-poros, el tamaño y estabilidad de los agregados y la cantidad de materia orgánica; y pueden reducir: la densidad aparente, la resistencia a la labranza y el crecimiento radical, así como la tasa de erosión y la pérdida de nutrientes (Astier *et al.*, 2001).

Además de los cambios señalados, deberían incluirse indicadores potenciales de índole ecológico/biológicos, por ejemplo, el grado de diversidad genética (cultivos, microorganismos, insectos y animales benéficos); el rendimiento de los cultivos (en grano o biomasa total); el vigor de las plantas y su desarrollo radical; y la calidad del agua (Astier *et al.*, 2001).

Garbisu *et al.*, (2007) señala que la salud de nuestros suelos últimamente se ha visto afectada de una serie de amenazas derivadas de la actividad humana las cuales han buscado el beneficio del mismo, provocando:

- Erosión

- Pérdida de materia orgánica
- Compactación (derivada de la utilización de maquinaria pesada, la intensidad del pastoreo)
- Disminución de la biodiversidad
- Salinización

Las acciones antes mencionadas afectan la funcionalidad y sostenibilidad de este recurso, convirtiéndose así en un problema medioambiental de enorme para nuestra sociedad. Porque en el suelo se realiza diversas funciones: producción de biomasa (alimentos, fibra y combustible), descomposición de la materia orgánica, reciclaje de los nutrientes, depuración del agua y regulación de la calidad del aire, destoxificación de contaminantes, sumidero de gases invernadero, hábitat para numerosos organismos, reservorio genético (Garbisu *et al.*, 2007).

2.2.6. Indicadores de Suelo

Un indicador de calidad de suelos es una herramienta de medición que brinda información sobre las propiedades, procesos y características del suelo. Los indicadores se miden para monitorear los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un intervalo de tiempo dado (Astier *et al.*, 2001).

Bautista, *et al.*, (2004) manifiesta que es preciso contar algunas variables que puedan servir para evaluar la condición de un suelo, siendo estos los indicadores de calidad del suelo como propiedades físicas, químicas y biológicas.

2.2.7. Tipos de indicadores

2.2.8. Físicos

Las características físicas del suelo son parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso, porque no se pueden mejorar fácilmente. Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo, están relacionadas con la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, y

con las limitaciones que existen en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil (Bautista *et al.*, 2004).

- Estructura
- Densidad aparente
- Textura
- Infiltración
- Profundidad del suelo superficial
- Capacidad de almacenamiento del agua

2.2.9. Químicos

Montalvo (2013), manifiesta que los indicadores químicos propuestos se refieren a condiciones que afectan a la relación suelo-planta, calidad del agua, capacidad amortiguadora del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes a las plantas y microorganismos.

Según García *et al.*, (2012) algunos indicadores son:

- Carbono Orgánico
- pH
- Conductividad eléctrica
- Capacidad de adsorción de fosfatos
- Capacidad de intercambio de cationes
- Materia Orgánica
- Nitrógeno total

Carbono orgánico

El carbono orgánico del suelo (COS) se halla en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos; humus y en formas muy condensadas de composición próxima al C elemental (Martínez *et al.*, 2008).

Bogado (2013), el carbono mineral en la forma de gas carbónico es fijado a través de la fotosíntesis por parte de plantas verdes en la forma de carbohidratos, lignina, proteínas, lípidos y otros compuestos orgánicos. Al existir la senescencia y la muerte de los órganos vegetales aéreos (follaje, ramas) y de raíces, el carbono orgánico es colocado en contacto con el suelo. Los residuos vegetales y animales, con el tiempo, todos se descomponen en gas carbónico y agua; no se retiene en el suelo.

El carbono orgánico se relaciona con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, la acidez y la alcalinidad, asociado a la materia orgánica del suelo proporciona de alta capacidad de intercambio catiónico, modificación de la estructura y la distribución del espacio poroso del suelo (Martínez *et al.*, 2008).

El mismo autor afirma que COS, afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos relacionados con su: calidad, sustentabilidad, capacidad productiva; así que el COS se mantiene o aumenta con un manejo sustentable.

Materia orgánica

La materia orgánica del suelo viene a ser una fracción que comprende gran cantidad de sustancias carbonadas, incluyendo: la biomasa microbiana, restos vegetales y animales en descomposición y mezclas amorfas coloidales de sustancias orgánicas complejas de alto peso molecular (ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas) (Eyherabide *et al.*, 2014).

Huerta (2010), indica que la fracción orgánica del suelo regula los procesos químicos, influye sobre las características físicas y es el centro de casi todas las actividades biológicas, incluyendo la microflora y la fauna. (Eyherabide *et al.*, 2014) la considera como uno de los principales indicadores de calidad de suelo debido a lo antes mencionado y por abastecimiento de nutrientes

N Total

El nitrógeno (N) es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales (Fernández *et al.*, 2006).

La cantidad de nitrógeno presente en muchos suelos es escasa, debido a su propia dinámica y a su ciclo biogeoquímico. El nitrógeno puede llegar al suelo por la materia orgánica y a la fijación bacteriana a partir del aire (Fernández *et al.*, 2006).

El mismo autor, afirma que el N es aprovechado por las plantas, animales y microorganismos incorporándolo en sus tejidos, hasta cuando estos mueran y el nitrógeno reingresa al suelo completando el ciclo. Este ciclo es complejo e involucra una serie de reacciones, comienza con compuestos orgánicos sencillos (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , N_2 , NH_3) y termina con compuestos orgánicos complejos; que después regresan a ser sencillos.

Relación C/N

La relación C/N se considera como la información más sencilla sobre la capacidad de mineralización de un material orgánico, ya que los contenidos de carbono y nitrógeno, son esenciales para la vida y la reproducción de los microorganismos. Cuando la relación C/N es menor de 20 se presentará una mayor velocidad y magnitud de descomposición, por el contrario, si la relación C/N es mayor de 25 el proceso de descomposición es lenta lo que genera inmovilización de N por parte de los microorganismos (Figuroa *et al.*, 2012).

Díaz (2002), indica que, en términos generales, los microorganismos absorben 30 partes de C por cada parte de N. El carbono se utiliza como fuente de energía siendo 10 partes incorporadas al protoplasma celular y 20 partes eliminadas como dióxido de carbono (CO_2). Esta razón de 10:1 que tienen los microorganismos es la misma que tiene el humus.

pH del Suelo

El pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (microorganismos y plantas). El pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos (H^+) que están en la interfase líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos (Fernández *et al.*, 2006).

Es una propiedad importante para la asimilación de los nutrientes y la actividad biológica que ocurren en forma óptima en valores entre 6 y 7; si se encuentra en valores más bajos o más altos disminuye su asimilación. La concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo (Ramírez, 2013).

Montalvo (2013), matemáticamente se expresa como el logaritmo negativo de la concentración de los iones hidrógeno en la solución suelo, $pH = -\log [H^+]$.

2.2.10. Biológicos (Bioindicadores)

El suelo es un recurso vivo, donde se encuentran una diversidad de especies de microorganismos morfológica y fisiológicamente distintos (Uribe, 1999). Existe gran abundancia de micro y macroorganismos, incluidos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos; que vienen a ser los indicadores biológicos (Montalvo, 2013).

Uribe, (1999) recalca, que el suelo es un recurso vivo, ya que un gramo de suelo puede existir miles de especies de microorganismos y billones de individuos que forman parte de comunidades complejas y que son susceptibles a los cambios en el microambiente.

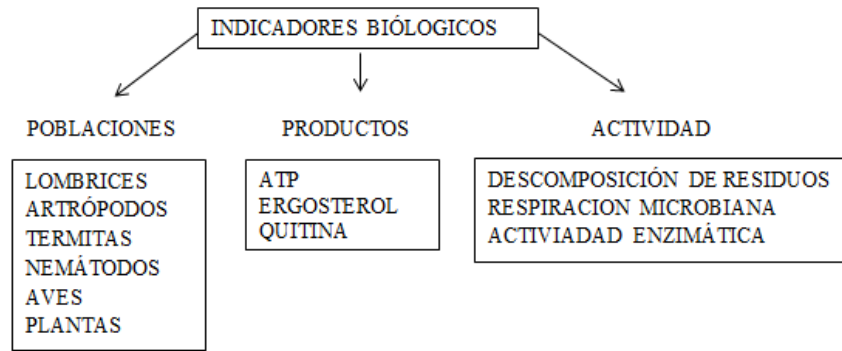


Figura 1: Indicadores Biológicos propuestos para evaluar los efectos del manejo sobre los agro ecosistemas.

Elaborado por: Arequipa, 2017

Fuente: Uribe, 1999

2.2.10.1. Macrofauna

Bignell *et al.*, (2012) manifiesta que la macrofauna que habita el suelo, en esta también incluye animales del suelo que miden más de un centímetro de largo, o que tienen una anchura o diámetro de más de 2 mm. Esta macrofauna desempeña un gran papel en los ecosistemas del suelo, influyendo notablemente en las propiedades físicas y químicas de los suelos, principalmente, en la creación de macroporos, transformación y redistribución de materia orgánica.

La macrofauna está integrada por organismos pequeños que habitan en el suelo, pero fácilmente detectables, entre los que se encuentran las lombrices de tierra, las termitas, las hormigas, los milpiés, las cochinillas, las arañas, los ciempiés y otros. (Cabrera, 2014)

2.2.10.2. Lombrices de tierra

Es un animal vermiforme (con forma de gusano), con su cuerpo anillado y con pocas cerdas que salen de los anillos; es de sangre fría, por lo cual requiere de humedad para regular su temperatura (Jaramillo, 2002).

En los segmentos anteriores o parte anterior del cuerpo encontramos la boca e internamente el sistemas nervioso, circulatorio y reproductivo. En la parte posterior,

el intestino distribuido a lo largo del cuerpo, que abre al final en el ano; además son organismos hermafroditas (Cabrera, 2014).

Las lombrices son sapróvoras y requieren para su alimentación abundante materia orgánica, con baja relación C/N y bajo contenido de lignina, también requieren sustratos con buen contenido de carbonato de calcio, además de humedad (Jaramillo, 2002).

Al poseer un cuerpo blando y limitada movilidad, se ven afectadas por factores: el clima, la alimentación, la humedad, la textura y las condiciones químicas del suelo; dando como resultado cambios de composición y abundancia en una corta escala de tiempo (Cabrera, 2012).

2.2.10.3. Taxonomía

Tabla 1: CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE *Lombricus terrestris*

Taxón	Nombre
Reino:	Animalia
Filo:	Annelida
Clase:	Oligochaeta
Orden:	Haplotaxida
Familia:	Lumbricidae
Subfamilia:	Lumbricinae
Género:	<i>Lumbricus</i>
Especie:	<i>L. terrestris</i>

Elaborado por: Arequipa, 2017.

Fuente: (García, 2005)

2.2.10.4. Efectos de las lombrices en el suelo

Según USDA (1999) las lombrices realizan las siguientes actividades en el suelo:

- Incrementan la disponibilidad de nutrientes. (La concentración de los nutrientes vegetales disponibles N, P y K).

- Acelera la descomposición de materia orgánica, a través de la incorporación de residuos al suelo, y activando tanto los procesos de mineralización como los de humificación
- Mejora las condiciones físicas del suelo, tales como agregación y porosidad
- Suprime ciertas plagas u organismos nocivos e incrementa el número de microorganismos beneficiosos.

2.2.10.5. Factores que afectan las poblaciones de lombrices

USDA (1999) señala los siguientes factores que ocasionan la disminución en la cantidad de individuos:

- Laboreo

USDA (1999) indica que generalmente mata alrededor de 25% de la población de lombrices. Los efectos indirectos del laboreo afectan a la población remanente. Estos efectos indirectos incluyen el aumento de la temperatura superficial, regímenes disminuidos de humedad del suelo.

- Temperatura

Jaramillo (2002), La temperatura óptima oscila, para lombrices, entre 15° y 25°C, mientras que el rango superior de 25°C a 35°C puede ser perjudicial para ellas. Pocas especies pueden tolerar temperaturas por debajo de 0°.

- pH

USDA (1999), indica que el pH del suelo afecta las poblaciones de lombrices, están ausentes en un pH menor de 3.5 y son escasas en suelos con pH entre 3.5 y 4.5, prefieren suelos con pH entre 5 y 7.4.

- **Textura**

Cabrera, (2012), manifiestan que prefieren suelos de texturas medias ya que son más favorables que aquellos suelos arenosos o arcillosos, prevalecerán en ambientes edáficos húmedos, no compactados y con alto contenido de materia orgánica.

- **Fuente de nutrientes**

Martínez et al., (2008), manifiesta que consumen, residuos orgánicos sobre la superficie del suelo (materia orgánica), también las raíces muertas, mezclada con suelo de donde obtienen energía y nutrientes, generando galerías que aumentan la macroporosidad del suelo, aumentan la agregación y la infiltración y mejoran las condiciones químicas del suelo mediante sus deyecciones o coprolitos

- **Humedad del suelo**

Jaramillo (2002), menciona que es indispensable para mantener su cuerpo frío y húmedo; toleran saturación del suelo, pero con presencia de oxígeno.

- **Agroquímicos**

Ríos (2005), afirma que los plaguicidas afectan en la población de lombrices, algunos tienen poca o ninguna toxicidad, mientras que otros poseen un efecto letal. Los carbamatos son muy tóxicos para estas. Los organoclorados y organofosforados sobre las lombrices tienen distintos niveles de toxicidad.

2.2.11. Microcuenca

La expresión cuencas hidrográficas se utilizó para delimitar físicamente a la superficie, espacio o territorio natural que permitía diferenciar la distribución de las vertientes de agua. Es decir, era una porción de territorio, la cual era drenada por un único sistema de drenaje (Aguilar, 2007).

Según el mismo autor en la actualidad, este posee una connotación más amplia; donde, se continúa considerando que la cuenca hidrográfica es un territorio delimitado por la propia naturaleza (esencialmente por los límites de zonas de escurrimiento de las aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce); pero también se ha establecido que la cuenca, un espacio social producido por el conjunto de las relaciones e interacciones sociales de apropiación y uso de los recursos que ella contiene.

Basado en lo antes mencionado el concepto de la microcuenca debe ser considerado desde un principio como un ámbito de organización social, económica y operativa, además de la perspectiva territorial e hidrológica considerada tradicionalmente, donde son los afluentes a los ríos secundarios, entiéndase por caños, quebradas, riachuelos que desembocan y alimentan a los ríos secundarios (Ovalles *et al.*, 2008).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. HIPÓTESIS

La alta presencia del bioindicador (Lombrices de tierra, *Lumbricus terrestris*) en el suelo de la microcuenca de la Quebrada Jun Jun indica su calidad.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. Objetivo General

Identificar la calidad de suelo existente en la Microcuenca de la Quebrada Jun Jun mediante la utilización de un bioindicador (*Lumbricus terrestris*) relacionando con indicadores químicos.

3.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la macrofauna (Lombriz de tierra, *Lumbricus terrestris*) en la microcuenca de la Quebrada Jun Jun.
- Relacionar la cantidad de bioindicadores (Lombriz de tierra, *Lumbricus terrestris*) presentes en el suelo con el pH y materia orgánica.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El estudio se llevó a cabo en los suelos existentes en una parte de la Microcuenca de la Quebrada Jun Jun, en el transecto que inicia en las coordenadas $78^{\circ}59'16.50''$ longitud oeste, $01^{\circ}34'32,31''$ latitud sur; y finaliza en las coordenadas $78^{\circ}61'83,36''$ longitud oeste, $01^{\circ}38'57,95''$ latitud sur localizada en la Provincia de Tungurahua; al SE de Ambato, a una Altura que va desde 2700 hasta 3200 m.s.n.m., (Sistema de Posicionamiento Global GPS).

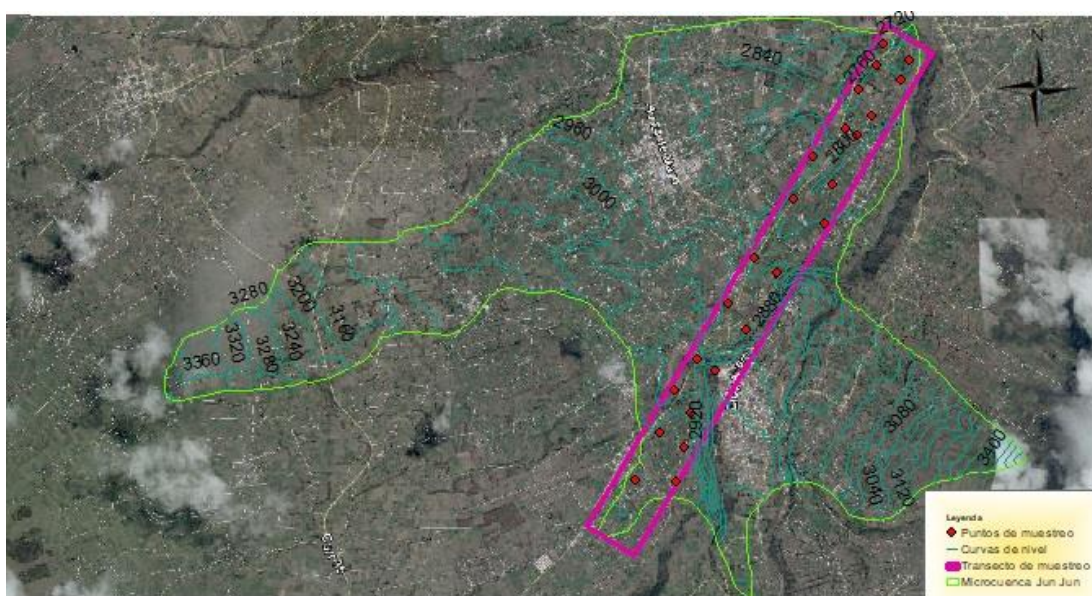


Figura 2: Ubicación de la Microcuenca Jun Jun

Elaborado por: Arequipa, 2017

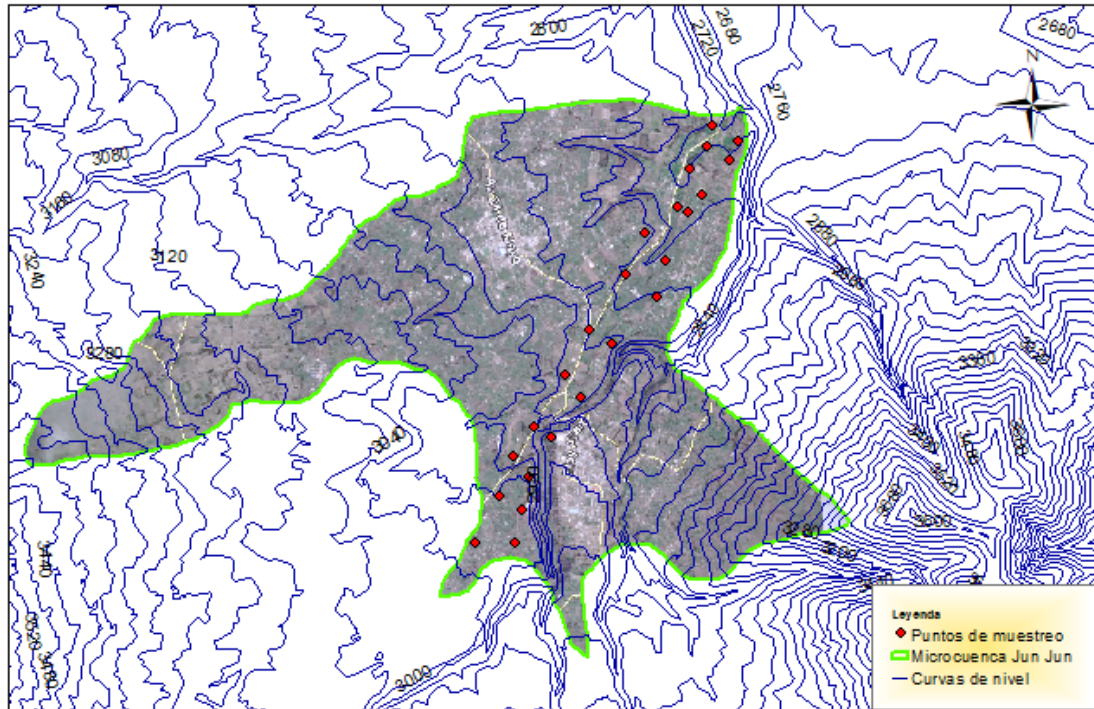


Figura 3: Sector de estudio con curvas de nivel
 Elaborado por: Arequipa, 2017

4.2. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

4.2.1. Clima

El clima de la zona es agradable, existe presencia de climas fríos de las Cordilleras de Estructuras Volcánicas, especialmente en partes más altas del cantón sobre los 3 600 m.s.n.m., donde existen pocos asentamientos humanos y vías de acceso (GAD Quero, 2011).

La temperatura mínima y máxima promedio de la zona es de 7,6 °C y 18,7 °C, respectivamente; la humedad relativa alcanza el 75% y la precipitación anual llega a 549,5 mm (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI, 2015).

4.2.2. Suelo

Los suelos de la zona fueron formados por erupciones volcánicas, las cenizas constituyen un material de origen predominante dentro del suelo del área de estudio; estas proveen ciertas características a los suelos en relación a la gama de condiciones

climáticas. El uso que se le da a estos suelos es para: cultivos de ciclo corto, pastos plantados, eucaliptos, pajonales, plantas herbáceas (GAD Quero, 2011).

4.2.3. Piso Altitudinal

Paucar (2011), indica que los pisos altitudinales hacen referencia a la ubicación de las formaciones con relación al nivel del mar y a cambios florísticos, fisonómicos y fenológicos. En algunas localidades la vegetación cambia y se encuentra fuera del rango sugerido, esto es debido a condiciones climáticas o geológicas locales.

Montano

Valencia *et al.*, (1999) explica que una formación andina típica estructural como florísticamente; presenta temperaturas promedio menores que en las partes bajas, además de una condensación de niebla. Ubicado sobre la faja montano baja en un rango altitudinal aproximado que va desde los 1800 a los 3000 m.s.n.m. en el norte de las estribaciones de los Andes; y de 1500 a 2900 m.s.n.m. en el sur.

Montano Alto

Paucar (2011), explica que este piso altitudinal corresponde a la franja final de la vegetación no herbácea, limita con la distribución inferior de los páramos. Ésta se halla sobre la faja montana en un rango altitudinal aproximado de 3000 a 3400 m.s.n.m. en el norte de las estribaciones occidentales de los Andes de 2.900 a 3.300 m.s.n.m. en el sur.

4.3. EQUIPOS Y MATERIALES

4.3.1. Equipos

- pH metro
- GPS métrico
- Estufa
- Mufla

- Agitador Magnético
- Balanza Analítica
- Molino de Tierra
- Computadora – Programa Arc-Gis
- Analizador elemental LECO CHN 628

4.3.2. Materiales

- Flexómetro
- Palas
- Azadones
- Fundas Ziploc
- Baldes
- Papel comercio
- Etiquetas
- Espátulas
- Pissetas
- Pinzas
- Papel de estaño
- Material de vidrio
 - Vasos de precipitación
 - Probetas
 - Varilla de agitación
- Material de porcelana
 - Cisoles

4.3.3. Reactivos

- Soluciones Buffer pH 4-7-10
- Agua destilada

4.4. FACTORES EN ESTUDIO

4.4.1. Altitud:

- Zona 1: < 2800 m.s.n.m.
- Zona 2: 2800 – 2900 m.s.n.m.
- Zona 3: > 2900 m.s.n.m.

4.4.2. Cobertura del suelo:

- Cobertura con pasto
- Sin cobertura de pasto

4.5. TRATAMIENTOS

Los tratamientos evaluados y productos de la combinación de los factores en estudio se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2: TRATAMIENTOS

N.	TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
1	Z1C1	Zona 1 (<2800 m.s.n.m.), cubierta vegetal de pasto
2	Z1C2	Zona 1 (<2800 m.s.n.m.), sin cubierta vegetal
3	Z2C1	Zona 2 (2800 - 2900 m.s.n.m.), cubierta vegetal de pasto
4	Z2C2	Zona 2 (2800 - 2900 m.s.n.m.), sin cubierta vegetal
5	Z3C1	Zona 3 (> 2900 m.s.n.m.) cubierta vegetal de pasto
6	Z3C2	Zona 3 (> 2900 m.s.n.m.), sin cubierta vegetal

Elaborado por: Arequipa, 2017.

4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), con 6 tratamientos, cuatro repeticiones. Además, se realizó el análisis de variancia (ADEVA), de acuerdo al diseño experimental; pruebas de significación de Tukey al 5%.

4.7. VARIABLE RESPUESTA

4.7.1. Bioindicadores

Al mencionar bioindicadores en esta investigación, hacemos referencia a la macrofauna que se encuentra en el suelo de la microcuenca de la Quebrada Jun Jun; que desempeñan funciones para ayudar a la conservación del suelo. Contabilizado cada uno de los bioindicadores existentes en los 24 lugares de muestreo realizados a lo largo del transecto en la Microcuenca Jun Jun. Registrando la presencia de los mismos en densidad (ind./m²) y biomasa (gr/m²).

4.7.2. Materia orgánica (%)

Se determinó del % de Materia Orgánica mediante el método de calcinación, efectuado después de que cada una de las 24 muestras de suelo están secas y tamizadas.

4.7.3. Potencial de hidrógeno (pH)

Se empleó el pH metro y la solución de suelo: agua, en relación 1:2. Determinamos el pH del suelo de cada una de las muestras de suelo.

4.7.4. Nitrógeno total (%)

Se empleó el método de Dumas, el análisis se lo realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, fueron analizadas cada una de las muestras.

4.7.5. Carbono Orgánico (CO)

Al igual que el anterior, fue utilizado el método de Dumas.

4.7.6. Calidad del suelo

La calidad del suelo de la microcuenca de la Quebrada Jun Jun fue determinada sobre la base al bioindicador presente, en este caso fue la lombriz de tierra (*Lombricus terrestris*), además de incluir algunos indicadores químicos como pH, Materia orgánica, Carbono orgánico, Nitrógeno total; para así determinar el Índice de Calidad del Suelo, en base a los parámetros antes mencionados.

Se ha calculado dicho índice para los suelos cubiertos con pasto y sin cobertura vegetal, donde se trabajó con los promedio de los resultados, los cuales fueron normalizados para una mejor comprensión.

4.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

4.8.1. Ubicación de los puntos de Muestreo

En la ubicación de los puntos de muestreo se empleó el programa ARC GIS 10.1, donde se trabajó de la siguiente forma

- Se cortó la imagen de la delimitación de la microcuenca y fue llevada al programa ARC GIS 10.1
- La imagen se la convirtió en shape, ubicándolas sobre imágenes satelitales obtenidas de Google Earth, para la identificación de los lugares.
- Se tomó un transecto, donde consten las tres variaciones de altitud y se ubicó cada uno de los puntos de muestreo.

4.8.2. Recolección de las muestras y determinación de bioindicadores.

Para su determinación nos ayudamos de la metodología propuesta por USDA (1999), donde adaptamos sus dimensiones a las muestras y procedimos de la siguiente forma:

1. Medir un metro cuadrado en la superficie
2. Cavar en el área hasta una profundidad de 40 cm.
3. Observar y contar el número de bioindicadores.
4. Registrar la densidad y biomasa de cada uno de los bioindicadores.

4.8.3. Secado y molido de las muestras de suelo

Cada una de las muestras de suelo fueron secadas al ambiente y sin exponerlas al sol, extendiendo cada muestra sobre papel periódico durante dos semanas.

4.8.4. Determinación del pH

En la determinación del pH se empleó la metodología de Álvarez y Marín, (2011), donde indica que se utiliza la relación 1:2, de suelo y agua destilada; y se procedió de la siguiente forma:

1. Pesar 25 g de suelo secado
2. Colocarlo en un vaso de precipitado de 250 ml.
3. Agregar 50 ml de agua destilada, lo cual da una relación suelo/solución 1:2.
4. Agitar y dejar reposar 10 minutos.
5. Calibrar el potenciómetro con las soluciones Buffer pH 4-7-10.
6. Medir el pH utilizando el electrodo con el potenciómetro.

4.8.5. Determinación de la Cantidad de Materia Orgánica

En la cuantificación de Materia Orgánica (MO) se empleó el método de calcinación o ignición, mencionado por Eyherabide *et al.*, (2014) que consiste en cuantificar directamente el contenido de MO y está basado en determinar la pérdida de peso de la muestra de suelo al someterla a elevadas temperaturas; se procedió así:

1. Tarar y pesar los crisoles
2. Pesar 2,5 gramos de suelo seco en un crisol.
3. Colocar el crisol con la muestra en una mufla a 600 °C por 2 horas

4. Sacar el crisol de la mufla y dejarlo reposar en un desecador.
5. Pesar el crisol con la muestra ya seca.
6. Determinar el porcentaje del contenido de Materia Orgánica.

El cálculo de MO se realizó por diferencia de peso en las distintas temperaturas, según:

$$\% \text{ MO} = ((\text{peso inicial de suelo} - \text{peso final del suelo}) * 100) / \text{peso inicial del suelo}$$

4.8.6. Nitrógeno total

El Método de Análisis por Combustión o Método Dumas se basa en una combustión de la muestra a 850°C, en una corriente de oxígeno con posterior cuantificación (detectores infrarrojos) del nitrógeno que se desprende (Cruz *et al.*, 2007).

4.8.7. Carbono Orgánico

En la determinación de carbono orgánico se empleó el método de Dumas (combustión seca), se pesaron 0,2 g de suelo. La combustión de la muestra se realizó a 850 °C utilizando oxígeno de alta pureza (99,9%). El producto de la combustión, el CO₂ es filtrado, secado y cuantificado por medio de una celda de radiación infrarroja (Eyherabide *et al.*, 2014).

4.8.8. Calidad del suelo de la Microcuenca Jun Jun

En la evaluación de la calidad de los suelos, se ha tenido en cuenta un número mínimo de indicadores, se eligieron parámetros como la densidad del bioindicador lombriz de tierra (*Lombricus terrestris*) y parámetros químicos que están relacionados con la presencia o ausencia del bioindicador como pH, materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total; propiedades relevantes en la microcuenca.

Tabla 3. INDICADORES PARA LA CALIDAD DEL SUELO

Indicador	Unidad de medida	Valor máximo	Valor mínimo
Materia Orgánica - MO	%	4,4	1,05
Carbono Orgánico - CO	%	2,5	0,6
Nitrógeno total - Nt	%	0,22	0,05
Potencial de hidrógeno - pH		7	5,5
Lombrices	Ind./m ²	27	0

Elaborado por: Arequipa, 2017.

Fuente: Tamayo, 2009.

Los valores máximos y mínimos fueron establecidos de formas diferentes para cada indicador. Para las condiciones óptimas, se tuvieron en cuenta umbrales calculados a partir de los valores de los suelos de referencia, mientras que en otros se utilizaron criterios teóricos (Tamayo, 2009).

Para el C orgánico se consideró como mínimo el requerimiento para cumplir con la condición de mólculo y como máximo el promedio de los valores medidos en los suelos de referencia (Cantú, et al. 2007).

Los otros valores fueron obtenidos de la siguiente forma: la Materia Orgánica se estimó a partir del cálculo matemático donde el C orgánico será multiplicado por factores empíricos como el de Benmelen equivalente a 1,724 para la obtención de los valores máximos y mínimos del mismo (Martínez et al., 2008).

Julca, Meneses, Blas, & Bello (2006) señalan que la materia orgánica contiene aproximadamente un 5% de nitrógeno. También el nitrógeno se obtuvo a partir de la materia orgánica donde se dividirá para 20 (Ramírez, 2014).

El valor mínimo de pH fue establecido considerando el punto de toxicidad para el desarrollo de la mayoría de los cultivos de la zona y el máximo de calidad correspondió al pH neutro (Tamayo, 2009).

Para el número de lombrices sea tomado la densidad (ind./m²), como valor máximo el mayor número de lombrices encontrados en el suelo de estudio y el mínimo se lo estableció como cero. El resto de bioindicadores como hormigas, arácnidos, ciempiés

no fueron tomados en cuenta para la determinación de calidad por su ausencia total en los puntos de muestreo.

En la obtención de un valor único de cada parámetro se realizó un promedio de acuerdo a los dos tipos de cobertura estudiados, cobertura con pasto y sin cobertura vegetal tomando en cuenta las tres zonas de estudio. Luego los indicadores fueron normalizados utilizando una escala 0-1 que representan, respectivamente, la peor y mejor condición desde el punto de vista de la calidad (Prieto *et al.*, 2013).

Cantú et al. (2007), manifiesta que cuando el valor máximo del indicador ($I_{máx}$) corresponde a la mejor situación de calidad de suelo (Valor normalizado del indicador: $V_n = 1$) y el cálculo es:

$$V_n = (I_m - I_{min}) / (I_{max} - I_{min})$$

Dónde:

V_n = valor normalizado

I_m =medida del indicador

I_{max} = valor máximo del indicador

I_{min} = valor mínimo del indicador.

Finalmente, se estableció un índice de calidad de suelos (ICS) promediando los valores de todos los indicadores. Para la interpretación del ICS se utilizó una escala de transformación en cinco clases de calidad de suelo.

Tabla 4. CLASES DE LA CALIDAD DE SUELOS

Índice de calidad de suelos	Escala	Clases
Muy alta calidad	0,80 – 1,00	1
Alta calidad	0,60 – 0,79	2
Moderada calidad	0,40 – 0,59	3
Baja calidad	0,20 – 0,39	4
Muy baja calidad	0,00 – 0,19	5

Elaborado por: Arequipa, 2017

Fuente: Cantú et al. 2007

4.9. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información obtenida fue procesada en el programa estadístico INFOSTAT. En el cual se efectuaron Análisis de Varianza (ADEVA), también se realizaron pruebas de comparación de Medias (Tukey 5%).

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación después de efectuar el análisis de varianza correspondiente, se observó que no existe una diferencia estadística en las variables de pH, materia orgánica (%), y densidad de lombrices (bioindicador).

Carbono orgánico (%)

En la variable de carbono orgánico se registraron dos rangos de significancia, los tratamientos Z1C1 (<2800 m.s.n.m., cubierta vegetal de pasto) y Z2C2 (2800 - 2900 m.s.n.m., sin cubierta vegetal) presentaron la mayor cantidad de Carbono Orgánico con 1,26% y 1,14%, respectivamente. Por el contrario, el tratamiento Z1C2 (<2800 m.s.n.m., sin cubierta vegetal) presentó la menor cantidad de carbono orgánico con 0,34 %.

Afirma Martínez *et al.*, (2008) que el carbono orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus y en formas muy condensadas de composición próxima al carbono elemental; siendo así importantes las lombrices para la ruptura y descomposición de restos vegetales como lo afirma Ríos, (2005).

La materia orgánica experimenta transformaciones físicas y químicas en el suelo que conducen a la mineralización de una parte del recurso y al depósito de compuestos resistentes en forma de humus; las lombrices de tierra son importantes en la descomposición de la materia orgánica, mediante el paso de la misma a través de sus intestinos, donde existen modificaciones como la reducción del tamaño de partícula tras el paso por la molleja, la modificación de la actividad y de la diversidad microbiana. Los microorganismos endosimbiontes que viven en el intestino de las lombrices producen enzimas extracelulares que degradan celulosa, aumentando la degradación del material ingerido. La mineralización está gobernada directamente por las actividades de las bacterias y de los hongos (Domínguez *et al.*, 2009).

Nitrógeno Total (%)

En la variable de nitrógeno se presentaron entre tratamientos significancia estadística, mostrando dos rangos de significación, recalando también que dentro del mismo rango de significancia se encontraron diferencias matemáticas, donde los tratamientos Z3C2 (> 2900 m.s.n.m., sin cubierta vegetal), con medias de 0,50%; Z2C1 (2800 - 2900 m.s.n.m., cubierta vegetal de pasto) y Z2C2 (2800 - 2900 m.s.n.m., sin cubierta vegetal), con medias de 0,47% cada una, contienen concentraciones más elevadas y Z1C2 (<2800 m.s.n.m., sin cubierta vegetal), fue de menor concentración de nitrógeno, con medias de 0,16%.

Igualmente, observando una mayor cantidad de nitrógeno donde existe un cubierta vegetal, el nitrógeno se lo obtiene de la descomposición de residuos vegetales, cuando aumenta significativamente la mineralización del carbono y nitrógeno en el sustrato, son efectos proporcionales a la densidad de lombrices (J. Domínguez *et al.*, 2009); pero también observamos que suelos sin cubiertas tienen elevados niveles de nitrógeno, siendo una causa la fertilización que estos recibieron, y/o cultivos como leguminosas estuvieron presentes antes en el suelo. El nitrógeno proviene también de la fijación simbiótica entre especies de leguminosas y bacterias fijadoras de N, la bacteria *Rhizobium* presente en los nódulos de las raíces de leguminosas como alfalfa. (Perdomo y Barbazán, 2017).

Bioindicador

En los suelos de la microcuenca el único bioindicador presente fue las lombrices de tierra (*Lombricus terrestris*), otros bioindicadores no estaban presentes, viéndose afectada su comunidad por las actividades antrópicas y factores abióticos presentes en el ambiente.

- Biomasa (gr/m²)

La variable de biomasa en relación a las lombrices de tierra (*Lombricus terrestris*), presentó entre tratamientos significación estadística, registrado dos rangos de significación, el tratamiento Z1C1 (<2800 m.s.n.m., cubierta vegetal de pasto)

presentó la mayor cantidad de biomasa con medias 5,45 gr/m². Mientras que el tratamiento Z2C2, ha presentado la menor biomasa de lombrices con una media de 0,25gr/m².

La biomasa se la puede relacionar con la disponibilidad de nutrientes de la que disponen las lombrices de tierra en los suelos con cubierta, pues al haber mayor cantidad de vegetación, alta humedad relativa, hay mayor producción de materia que estará disponible (rápida descomposición) para que las comunidades de lombrices puedan crecer en tamaño (Luna *et al.*, 2010).

Tabla 5: INDICADORES QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA JUN JUN.

TRATAMIENTOS	VARIABLES					
	pH	% M.O:	% C. O.	% N.	Densidad (ind/m2)	Biomasa (gr/m2)
Z1C1	7,09 a	3,28 a	1,26 a	0,19 b	12,25 a	5,45 a
Z1C2	7,08 a	2,57 a	0,34 b	0,16 b	1,50 a	0,85 b
Z2C1	6,96 a	3,04 a	1,03 ab	0,47 a	11,00 a	3,90 ab
Z2C2	6,76 a	2,95 a	1,14 a	0,47 a	1,00 a	0,25 b
Z3C1	6,80 a	2,6 a	0,58 ab	0,40 ab	4,25 a	0,83 b
Z3C2	6,77 a	2,43 a	0,58 ab	0,50 a	1,75 a	1,02 b
C.V. ¹	3,44	16,7	8,8	31,25	14,68	28,11
E.E. ²	0,12	0,23	0,17	0,06	2,93	0,92
P-valor ³	0,1851	0,1324	0,0049	0,0008	0,0396	0,0038

a-b*Valores con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0,05$). ¹C.V.: Coeficiente de Variación (%). ²E.E.: Error estándar. ³P.: Probabilidad.

Calidad del suelo

En la determinación del Índice de Calidad y Clase (Tabla 6) que poseen los suelos de la Microcuenca Jun Jun; se ha observado a aquellos suelos que poseen una cubierta vegetal de pastos en una clase 2, alta calidad del suelo con un valor de 0,61. Mientras que aquellos que no poseen una cubierta vegetal han presentado una clase 3, moderada calidad del suelo con un valor de 0,50.

Tabla 6: CALIDAD DEL SUELO DE LA MICROCUENCA JUN JUN - VALORES NORMALIZADOS

Suelo en estudio	Valor	Índice de calidad de suelos	Clase
Suelo con cubierta vegetal de pasto	0,61	Alta calidad	2
Suelo sin cubierta vegetal	0,50	Moderada calidad	3

Elaborado por: Arequipa, 2017

En el suelo con cubierta vegetal de pasto (Tabla 7), el indicador que presentó el menor valor fue el Carbono orgánico con 0,19; mientras que los valores mayores correspondieron al Nitrógeno total y al pH, con 1,00 y 0,96 respectivamente. La materia orgánica presentó valores intermedios con 0,57 y la densidad de lombrices (bioindicador) un valor de 0,34.

Tabla 7: ÍNDICE DE CALIDAD DE LOS SUELO CON CUBIERTA VEGETAL DE PASTO – VALORES NORMALIZADOS

Indicador	Valor del indicador
Materia Orgánica	0,57
C Orgánico	0,19
N total	1,00
pH	0,96
Lombrices	0,34
Índice de Calidad del Suelo	0,61

Elaborado por: Arequipa, 2017

Mientras que en los suelos donde no existe una cubierta vegetal (Tabla 8), el indicador menor fue el mismo que en el caso anterior, el carbono orgánico y también la densidad de lombrices (bioindicador) con valores de 0,04 y 0,05 respectivamente;

y de valor mayor el nitrógeno total con 1,00 y pH con 0,91; la materia orgánica presentó un valor intermedio de 0,48.

Tabla 8: ÍNDICE DE CALIDAD DE LOS SUELOS SIN CUBIERTA VEGETAL – VALORES NORMALIZADOS

Indicador	Valor del indicador
Materia Orgánica	0,48
C Orgánico	0,04
N total	1,00
pH	0,91
Lombrices	0,05
Índice de Calidad del Suelo	0,50

Elaborado por: Arequipa, 2017

Las lombrices de tierra (bioindicador) dentro del grupo de la macrofauna, está asociado con la calidad del suelo, donde la presencia de las mismas, promueven beneficios en la estructura del suelo y las cosechas posteriores. Sin embargo, el suelo de la microcuenca ha sido sometido a diferentes intensidades de uso, y estos organismos son muy sensibles a los cambios que se generan en su alrededor, generando cambios en sus comunidades; por lo que su ausencia indica una disminución en la calidad del suelo (Luna *et al.*, 2010).

Estos los indicadores de calidad del suelo definen su calidad como la capacidad de funcionar dentro de los límites del ecosistema para sustentar la productividad biológica, mantener la calidad ambiental y promover la salud vegetal (Bogado, 2013).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1. CONCLUSIONES

Finalizada la investigación “BIOINDICADORES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA JUN JUN”, se concluyó que:

- El la Microcuenca de la Quebrada Jun Jun donde existe suelos con cubierta vegetal de pastos y suelos sin cubierta vegetal presentó un suelo de alta y moderada calidad mediante la utilización de Índices de Calidad de Suelos, donde se analizó las lombrices (bioindicador) y pH, materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total (indicadores químicos).
- La mayor cantidad de macrofauna (Lombriz de tierra, *Lumbricus terrestris*) dentro de la Microcuenca Jun Jun fue observada en la zona baja (<2800 m.s.n.m.) y media (2800-2900 m.s.n.m.) en suelos con cubierta vegetal con pasto, alcanzado medias de 12,25 ind./m² y 11, 00 ind./m², respectivamente.
- Suelos con cubierta vegetal presentaron una cantidad elevada del bioindicador (Lombriz de tierra, *Lumbricus terrestris*), estos poseían características químicas adecuadas para su desarrollo, un pH óptimo con rango de 5 a 7,4; y una cantidad de materia orgánica elevada en comparación a suelos sin cubierta vegetal.

6.1. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, I. (2007). Las cuencas y la gestión del riesgo a los desastres naturales en Guatemala. Guatemala: Serviprensa. Recuperado de: <http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12820628912320/fao20manejo20de20cuencas.pdf>
- Álvarez, E., y Marín, M. (2011). Manual de Procedimientos Analíticos para Suelos y Plantas Laboratorio de Química, Departamento de Suelos. Chapingo-México: Universidad Autónoma Chapingo. Recuperado de: http://ecotech.uy/docs/suelos/Electronico_Manual_Procedimientos_Analiticos_2011_fertilidad.pdf
- Astier, M., Maass, M., y Etchevers, J. (2001). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la Agricultura Sustentable. 28.
- Barriuso, C., y Palacios, M. (2013). Barbecho. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/marta2103/barbecho-cym>
- Bautista, A., Etchevers, J., Castillo, R., y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas, XIII(2), 11. Recuperado de: <http://www.aeet.org/ecosistemas/042/revision2.htm>
- Bello, A., Ibañez, J., y García-Álvarez, A. (2002). El suelo en Agricultura Ecológica. Manejo de un Ente Vivo. V Congreso de La SEAE Y I Congreso Iberoamericano de Agroecología: La Agricultura Y Ganadería Ecológicas En Un Marco de Diversificación Y Desarrollo Solidario, 63, 43–63. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Juan_Ibanez3/publication/255729138_El_suelo_en_Agricultura
- Bignell, D., Constantino, R., Csuzdi, C., Karyanto, A., Konaté, S., Louzada, J., Susilo, F., Ebagnerin, J., Zanetti, R. (2012). Manual de Biología de suelos tropicales. Mexico: S. de M. A. y R. Naturales, 148.
- Bogado, K. (2013). Calidad del Suelo en Diferentes Sistemas de Manejo Utilizando Algunos Indicadores Biologicos. Universidad Nacional de Asunción. Recuperado de: <http://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/TES-BN-018.pdf>
- Botina, B., Velásquez, Á., Bacca, T., Castillo, J., y Dias, L. (2012). Evaluación de la macrofauna del suelo en *Solanum tuberosum* (Solanales: Solanaceae) con sistemas de labranza tradicional y mínima. Museo de Historia Natural, 16(2),

69–77.

- Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos Y Forrajes*, 35(4), 346–363. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942012000400001&script=sci_arttext&tlng=en
- Cabrera, G. (2014). Manual Práctico sobre la Macrofauna Edáfica como Indicador Biológico de la Calidad del Suelo, según resultados en Cuba. 34.
- Cabrera, G., Robaina, N., y Ponce de León, D. (2011). Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos Y Forrajes*, 34(3), 313–330. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942011000300007&script=sci_arttext&tlng=pt
- Cantú, M., Becker, A., Bedano, J., y Schiavo, H. (2007). Evaluación De La Calidad De Suelos Mediante El Uso De Indicadores E Índices. Argentina: *Ci. Suelo*, 25(2), 173–178.
- Cruz, A., Román, A., Acevedo, O., y Santos, E. (2007). Correlación del Método Kjendahl Tradicional con el Método Dumas Automatizado para la determinación de proteína en granos, 32(13), 2019. Recuperado de: [file:///C:/Users/PC ANGELES/Downloads/Art43.pdf](file:///C:/Users/PC%20ANGELES/Downloads/Art43.pdf)
- Díaz, E. (2002). *Lombricultura una alternativa de Producción*. La Rioja. Adex. Recuperado de: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/88761.pdf>
- Domínguez, A., Bedano, J. C., y Becker, A. R. (2009). Cambios en la comunidad de lombrices de tierra (Annelida: Lumbricina) como consecuencia del uso de la técnica de siembra directa en el centro-sur de Córdoba, Argentina. *Ciencia Del Suelo*, 27(1), 11–19. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672009000100002&script=sci_arttext&tlng=en
- Domínguez, J., Aira, M. y Gómez, M. (2009). El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Ecosistemas*, 18(2), 20–31. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54012144003>
- Eyherabide, M., Saíenz, H., Barbieri, P., y Echeverría, H. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia Del Suelo*, 32(1),

13–19.

- FAO. (2000). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos, 234. Recuperado de: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/lw8s.pdf>
- Fernández, L., Rojas, N., Roldán, T., Ramírez, M., Zegarra, H., Hernández, R., Reyes, R., Hernandez, D., Arce, M. (2006). Manual de Técnicas de Análisis de Suelos Aplicadas a la Remediación de Sitios Contaminados. México D.F.: Col. San Bartolo Atepehuacan.
- Figuroa Barrera, A., Álvarez Herrera, J., Forero, A., Salamanca, C., y Pinzón, L. (2012). Determinación del Nitrógeno Potencialmente Mineralizable y la Tasa de Mineralización de Nitrógeno en Materiales Orgánicos. *Temas Agrarios*, 17, 32–43. Recuperado de: file:///C:/Users/PC_ANGELES/Downloads/Dialnet-DeterminacionDelNitrogenoPotencialmenteMineralizab-4230882.pdf
- GAD Quero. (2011). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Santiago de Quero - Provincia de Tungurahua. Quero. 167.
- Garbisu, C., Becerril, J. M., Epelde, L., y Alkorta, I. (2007). Bioindicadores de la calidad del suelo: herramienta metodológica para la evaluación de la eficacia de un proceso fitorremediador. *Dpto. Bioquímica Y Biología Molecular*, 1(644).
- García, M. (2005). Manual cría de la lombriz de tierra : una alternativa ecológica y rentable. Bogota: San Pablo Recuperado de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=uHIB89_Y_P0C&oi=fnd&pg=PA18&dq=taxonomia+de+la+lombriz+de+tierra&ots=OZNY65mxlR&sig=Yb3X_XMsJaKshZYwNNKbxDIP6x0#v=onepage&q&f=false
- García, Y., Ramírez, W., y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos : una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos Y Forrajes*, 35(2), 125–138.
- Gregorio, A. (2005). Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Huerta, H. E. (2010). Determinación de Propiedades Físicas y Químicas de suelos con mercurio en la Región de San Joaquín, Qro., y su relación con el crecimiento bacteriano (Tesis previa a la obtención del Título de Licenciado en Ciencias Naturales). Universidad Autónoma de Querétaro.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, I. (2015). Anuario Meteorológico Nro 52-2012. Recuperado de: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp->

content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am 2012.pdf

- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., y Bello, S. (2006). La Materia Orgánica, Importancia Y Experiencia De Su Uso En La Agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49–61. Recuperado de: <http://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Luna, G., Sequeira, K., Torrez Marielo, Taleno Esneyder, Serrano Ivania, y Gonzáles, M. (2010). Abundancia y Biomasa de Lombrices de Tierra en dos Ecosistemas Intervenidos del Bosque Tropical Húmedo, Bluefields. *Ciencia E Interculturalidad*, 6, 122–131. Recuperado de: <http://www.lamjol.info/index.php/RCI/article/view/286/213>
- Martínez, E., Fuentes, J. P., y Acevedo, E. (2008). Carbono Orgánico y Propiedades del Suelo. *Suelo Nutrición Vegetal*, 1, 68–96.
- Masín, C., Rodríguez, A., y Maitre, M. (2011). Evaluación de la abundancia y diversidad de lombrices de tierra en relación con el uso del suelo en el cinturón hortícola de Santa Fe (Argentina). *Ciencia Del Suelo*, 29(1), 21–28.
- Meteoblue. (2006). *Altitud y Elevación*. Recuperado 17 de mayo de 2017 de: <https://content.meteoblue.com/es/ayuda/standards/posicion>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2014). *El Suelo y la Cobertura Vegetal*. Recuperado el 17 de mayo de 2017, de: http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/suelos/2014/suelo_cobertura.pdf
- Momo, F., Falco, L., y Craig, E. (2003). Las Lombrices de Tierra como Indicadoras del Deterioro del Suelo. *Ciencia Y Tecnologia*, 8, 55–63.
- Montalvo, C. (2013). *Efectos de la Contaminación del Suelo en la Productividad del cinco sectores agrícolas de la parroquia de Tumbaco (Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental)*. Universidad Central del Ecuador.
- Navarrete, A., Vela, G., López, J., y Rodríguez, M. de L. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *ContactoS* 80, 29–37.
- Ovalles, Y., Méndez, E., y Ramírez, G. (2008). Ordenación de cuencas hidrográficas. Un reto al conocimiento, la acción y la gestión. *Revista Forestal Venezolana*, 52(2), 241–252. Recuperado de: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30290/1/nota_tecnica1.pdf

- Paucar, G. (2011). Composición y Estructura de un Bosque Montano, Sector Licto, Cantón Patate, Póvincia de Tungurahua (Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Forestal) . Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Perdomo, C. y Barbazán, M. (2017). Nitrógeno. Recuperado de: <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo N.pdf>
- Prieto, J., Prieto, F., Acevedo, O., y Méndez, M. (2013). Indicadores e Índices de Calidad de los Suelos (ICS) Cebaderos del sur del Estado de Hidalgo, México. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 83–91. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43726204013>
- Ramírez, W. (2013). Estudio de indicadores de la calidad del suelo en áreas destinadas a la producción intensiva de gramíneas cespitosas.
- Rendón, S., Artunduaga, F., Ramírez, R., Quiroz, J., y Leiva, E. (2011). Los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Suelo en Cultivos de Mora , Pasto y Aguacate. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(1), 5793–5802. Recuperado de: <http://search.proquest.com/docview/1677547247?pq-origsite=gscholar>
- Ríos, Y. (2005). Importancia de las Lombrices en la Agricultura. *Sistemas Integrados de Producción Con No Rumiantes*, 47–52. Recuperado de: http://mx1.rapaluruaguay.org/organicos/Importancia_lombrices_agricultura.pdf
- Socarrás, A., y Izquierdo, I. (2014). Evaluación de sistemas agroecológicos mediante indicadores biológicos de la calidad del suelo : mesofauna edáfica. *Pastos Y Forrajes*, 37(1), 47–54.
- Tamayo, C. (2009). Metodología para calcular el Índice de Calidad de Suelo. Guayaquil: Escuela Politécnica Superior del Litoral. 11.
- Tunza. (2013). El suelo: un elemento olvidado. Malta:PNUMA.
- Uribe, L. (1999). Uso de indicadores microbiológicos de suelos: Ventajas y limitantes. III Congreso Nacional de Suelo, 8.
- USDA. (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Washington: Departamento de Agricultura.
- Valencia, R., Cerón, C., Palacios, W., y Sierra, R. (1999). Formaciones Naturales de la Sierra del Ecuador. Quito: R. Sierra.

6.3. ANEXOS

Anexo 1. Datos obtenidos en Porcentaje de Materia Orgánica (%MO)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMATORIA	MEDIA
	R1	R2	R3	R4		
Z1C1	3,18	3,41	3,20	3,33	13,12	3,28
Z1C2	3,11	2,93	2,58	1,66	10,28	2,57
Z2C1	2,96	2,64	3,26	3,31	12,17	3,04
Z2C2	2,50	2,97	3,16	3,15	11,78	2,95
Z3C1	2,38	2,82	3,30	1,91	10,41	2,60
Z3C2	1,75	3,13	2,62	2,20	9,70	2,43

Anexo 2. Datos obtenidos de pH

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMATORIA	MEDIA
	R1	R2	R3	R4		
Z1C1	7,33	7,16	6,92	6,94	28,35	7,09
Z1C2	6,99	6,78	7,27	7,29	28,33	7,08
Z2C1	7,09	6,91	7,03	6,80	27,83	6,96
Z2C2	6,40	7,03	6,53	7,07	27,03	6,76
Z3C1	7,12	6,53	6,71	6,82	27,18	6,80
Z3C2	6,54	7,05	6,8	6,68	27,07	6,77

Anexo 3. Datos obtenidos en Porcentaje de Carbono Orgánico (%CO)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMATORIA	MEDIA
	R1	R2	R3	R4		
Z1C1	0,96	0,90	1,50	1,69	5,05	1,26
Z1C2	0,59	0,12	0,46	0,20	1,37	0,34
Z2C1	1,35	0,37	1,60	0,80	4,12	1,03
Z2C2	1,04	1,59	0,76	1,15	4,54	1,14
Z3C1	0,47	0,69	0,71	0,45	2,32	0,58
Z3C2	0,43	0,66	0,69	0,53	2,31	0,58

Anexo 4. Datos obtenidos en Porcentaje de Nitrógeno (%N)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMATORIA	MEDIA
	R1	R2	R3	R4		
Z1C1	0,17	0,11	0,17	0,30	0,75	0,19
Z1C2	0,08	0,03	0,07	0,45	0,63	0,16
Z2C1	0,45	0,40	0,54	0,47	1,86	0,47
Z2C2	0,35	0,65	0,41	0,46	1,87	0,47
Z3C1	0,45	0,44	0,40	0,29	1,58	0,40
Z3C2	0,61	0,47	0,45	0,45	1,98	0,50

Anexo 5. Datos obtenidos de la Densidad de Lombrices (Ind./m²)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMATORIA	MEDIA
	R1	R2	R3	R4		
Z1C1	8	5	27	9	49,00	12,25
Z1C2	6	0	0	0	6,00	1,50
Z2C1	5	7	14	18	44,00	11,00
Z2C2	0	0	4	0	4,00	1,00
Z3C1	0	0	15	2	17,00	4,25
Z3C2	0	3	4	0	7,00	1,75

Anexo 6. Datos obtenidos de la Biomasa de Lombrices (gr/m²)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMATORIA	MEDIA
	R1	R2	R3	R4		
Z1C1	3,7	3,2	10,2	4,7	21,80	5,45
Z1C2	3,4	0	0	0	3,40	0,85
Z2C1	2,8	3,4	3	6,4	15,60	3,90
Z2C2	0	0	1	0	1,00	0,25
Z3C1	0	0	3	0,3	3,30	0,83
Z3C2	0	1,3	2,79	0	4,09	1,02

Anexo 7. Promedios obtenidos de Suelos cubiertos con pasto

Tratamiento	pH	% M.O.	% C.O.	% N	Número de lombrices
Z1C1	7,33	3,18	0,96	0,17	8
Z1C1	7,16	3,41	0,90	0,11	5
Z1C1	6,92	3,20	1,50	0,17	27
Z1C1	6,94	3,33	1,69	0,30	9
Z2C1	7,09	2,96	1,35	0,45	5
Z2C1	6,91	2,64	0,37	0,40	7
Z2C1	7,03	3,26	1,60	0,54	14
Z2C1	6,80	3,31	0,80	0,47	18
Z3C1	7,12	2,38	0,47	0,45	0
Z3C1	6,53	2,82	0,69	0,44	0
Z3C1	6,71	3,30	0,71	0,40	15
Z3C1	6,82	1,91	0,45	0,29	2
Promedio	6,95	2,98	0,96	0,35	9,17

Anexo 8. Promedios obtenidos de Suelos sin cubierta vegetal

Tratamiento	pH	% M.O.	% C.O.	% N	Número de lombrices
Z1C2	6,99	3,11	0,59	0,08	6
Z1C2	6,78	2,93	0,12	0,03	0
Z1C2	7,27	2,58	0,46	0,07	0
Z1C2	7,29	1,66	0,20	0,45	0
Z2C2	6,4	2,50	1,04	0,35	0
Z2C2	7,03	2,97	1,59	0,65	0
Z2C2	6,53	3,16	0,76	0,41	4
Z2C2	7,07	3,15	1,15	0,46	0
Z3C2	6,54	1,75	0,43	0,61	0
Z3C2	7,05	3,13	0,66	0,47	3
Z3C2	6,8	2,62	0,69	0,45	4
Z3C2	6,68	2,20	0,53	0,45	0
Promedio	6,87	2,65	0,69	0,37	1,42

Anexo 9. Unidad de Muestreo



Anexo 10. Identificación de la Biomasa de las Lombrices de tierra



Anexo 11. Secado de las Muestras de Suelo



Anexo 12. Molino de Tierra



Anexo 13. Soluciones de suelo para pH



Anexo 14. Determinación Materia Orgánica



CAPÍTULO VII

PROPUESTA

7.1. TÍTULO

Implementación de cubiertas vegetales para promover el desarrollo de las lombrices de tierra (*Lombricus terrestris*) en suelos agrícolas.

7.2. DATOS INFORMATIVOS

El cantón Cevallos que se encuentra ubicado al SE de Ambato, en la Provincia de Tungurahua, a una altitud de 2850 msnm, donde la topografía es irregular cambiando el nivel de altitud, la fluctuación de la temperatura es de 7,6 °C a 18,7 °C.

7.3. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

La lombriz de tierra (*Lombricus terrestris*), dentro del grupo de macrofauna, es uno de los individuos presentes en los suelos pertenecientes a la microcuena, es lo que se evidenció con la investigación efectuada, además las mismas se encuentra en amplios rangos de pH y contenido de materia orgánica; y viene a ser indicadores biológicos del estado del suelo; y su presencia o ausencia indica el deterioro que sufre el suelo. Y la mayor presencia de estas existe en los suelos donde poseen una mayor cubierta vegetal.

7.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El presente trabajo se realizó debido a que en la actualidad con la práctica de la agricultura convencional se ha producido el deterioro del suelo, con la disminución de la macrofauna edáfica, lo cual genera diversos impactos ambientales relacionados, pérdida de estructura y decrecimiento de la producción. (Momo, 2003)

En la microcuena se puede observar suelos con deficiente cubierta vegetal e incluso algunos carecen de ellos, lo cual provoca una erosión acelerada del mismo, afectando

así las características físicas y químicas, reduciendo su calidad; al conocer dicho deterioro, nos enfocaremos en renovar el suelo con prácticas agrícolas adecuadas; mediante la implementación y aumento de cubiertas vegetales, para propiciar un ambiente favorable al desarrollo del bioindicador (*Lombricus terrestris*), ayudando a mejorar las características físicas y químicas del suelo.

7.5 OBJETIVO

Aumentar la densidad del bioindicador (*Lombriz de tierra*) en el suelo mediante la puesta en marcha de condiciones favorables para su repoblación.

7.6 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La principal razón para incrementar la densidad de lombrices de tierra (*Lombricus terrestris*) en el suelo, es que ayuda a mejorar las características del mismo, además de ser indicadoras del deterioro del suelo; con lo cual nos muestran la calidad de suelo que disponemos, por lo tanto nos enfocaremos en dar un mejor manejo al suelo mediante implementación de cubierta vegetal para evitar el deterioro del mismo.

7.7 FUNDAMENTACIÓN

La salud y sobrevivencia de las personas tiene una relación con la salud de los suelos agrícolas, ya que el mismo nos provee de alimentos, en este se realizan varias actividades antrópicas, como la agricultura; que con la práctica de la misma se ha ido deteriorando paulatinamente cada uno de los suelos, donde no han tenido un manejo adecuado, existiendo un exceso en la aplicación de agroquímicos, uso excesivo de maquinaria agrícola, implantación de monocultivos entre otras; que ha conseguido que la cantidad de macrofauna se vea afectada y por tanto su calidad, bajando la productividad y rendimiento de cultivos. Conocemos que las lombrices se desarrollan mejor en un ambiente con gran abundancia en cobertura vegetal, siendo necesaria la implementación de la asociación de cultivos como en el caso de frutales, para incrementar materia orgánica y por lo tanto mejorar la densidad de las lombrices que son macrofauna necesaria para tener un mejor suelo.

7.8 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

Identificar las áreas de intervención

Identificar los lugares a intervenir, será cada una de los lotes que poseen los agricultores (con o sin cultivos); donde se le informara al propietario del proyecto que se llevara a cabo.

Ubicar los puntos de muestreo

Ubicar los puntos en toda la superficie tratando que los mismos cubran toda la extensión, con un distanciamiento de 5 a 10 metros cada una.

Recolección de la macrofauna (*Lombricus terrestris*)

Para su determinación nos ayudamos de la metodología propuesta por USDA (1999) adaptada a nuestra investigación y procedimos de la siguiente forma:

- Medir un metro cuadrado en la superficie
- Cavar en el área hasta una profundidad de 40 cm.
- Observar y contar el número de lombrices.
- Registrar el número total de cada uno de las lombrices.

La recolección de las muestras se hará antes y después de la implantación o aumento de la cubierta vegetal (6 meses); con la finalidad de realizar comparaciones en las comunidades de lombrices presentes en el suelo (densidad).

Socialización del beneficio de una cubierta vegetal

Para una socialización efectiva del proyecto se convocara a reuniones, a cada uno de los agricultores presentes dentro de la zona de estudio, donde se dará a conocer los beneficios de mantener el suelo con una cubierta vegetal.

Implementación de cubierta vegetal

Se promoverá la implementación de la cobertura vegetal mediante especies vegetales de la zona.

7.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Después de seis meses, se evaluará el alcance de la propuesta en la zona donde se desarrolló la investigación, lo cual se realizará a través de una encuesta a los agricultores y con un nuevo muestreo, con el fin de que ellos conozcan si la comunidad de lombrices cambió y por tanto si el suelo mejoró sus características.