



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria de Chontales
“Cornelio Silva Argüello”
FAREM-CHONTALES

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS, TECNOLOGÍA Y SALUD

Monografía para optar al Título de Ingeniero Ambiental

Título

Estudio de la macro fauna del suelo presente en bosques latifoliados (naturales e intervenidos) en el cerro Punta Tumbé, perteneciente a la Reserva Natural Amerrisque –Chontales, durante el periodo de septiembre 2019 a marzo 2020.

Elaborado por:

Br. Borge Peña Luis Eliezer.

Br. Díaz López Dixon.

Br. González de los Ángeles Lizamarieth.

Tutor:

MSc. Indiana Ramona Montoya Dompé

Asesora: MSc. Yorlis Gabriela Luna Delgado

Marzo 2020

¡A la libertad por la Universidad!

TÍTULO

Estudio de la macro fauna del suelo presente en bosques latifoliados (naturales e intervenidos) en el cerro Punta Tumbé, perteneciente a la Reserva Natural Amerrisque –Chontales, durante el periodo de septiembre 2019 a marzo 2020.

¡A la libertad por la Universidad!

DEDICATORIA

Dedico esta monografía a Dios, todo poderoso, Padre, Hijo y Espíritu Santo, tres personas distintas y un solo Dios verdadero, y a María santísima, fiel intercesora ante las peticiones de este hijo (Totus Tuus Mariae).

A mis padres Luis Antonio Borge y Jessica Peña, el mayor ejemplo de lucha de cada día y los mejores educadores de mi vida. Han sido el soporte indestructible que me ha conducido en este camino profesional, no solo apoyando material o emocionalmente sino también la confianza de cada día estar un poco lejos de ellos, sin duda los mejores padres e irrepetibles, don sagrado que Dios mismo me concedió.

A mi hermana Ariadna Borge Peña, por haber sido una luz de alegría en mi vida y ser más que un propósito para salir adelante y que se sienta orgullosa de mí.

A mi mama Reyna López, por sus consejos y oraciones que nunca faltaron, a mi tío Ronier Peña por su sutileza e interés que fijara una dirección recta y seria en la vida académica.

A mi novia Lizamarieth Gonzales, por hacer cada día una bonita historia que amerita recordar y por ser el brazo derecho en mis decisiones, por ser una estrella en mis noches oscuras.

Br. Luis Eliezer Borge Peña

¡A la libertad por la Universidad!

A Dios, por bendecirme con su infinito amor, por permitirme compartir este momento de felicidad con mis seres queridos, ya que él me ha concedido tener aliento de vida, las fuerzas, sabiduría, y entendimiento para terminar esta carrera que es mi gran anhelo, a mis padres Lucrecia López e Israel Díaz, quiénes han sido un apoyo incondicional, siendo mis consejeros y luchando a mi lado, a nuestra tutora, MSc. Indiana Montoya Dompé, por compartir sus buenos consejos y transmitir el pan de la enseñanza en cada momento, todo esto con la ayuda del Señor. A mis hermanas Diana, Erick, Ana, Minyer y Darwin por ser quienes me han brindado su apoyo económico incondicionalmente y me han brindado consejos para seguir adelante y terminar mis estudios. Del mismo modo a todas las personas que depositaron su confianza, los que de una u otra manera estuvieron involucrados, ayudando en mi formación profesional y en la realización de este trabajo.

Br. Dixon Díaz López

¡A la libertad por la Universidad!

Dedico este trabajo principalmente a Dios y la Virgen de Cuapa, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta el momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante con su lucha a diario para que me lograr recibir y por demostrarme siempre su cariño. A mis abuelos por apoyarme incondicionalmente y darme sus sabios consejos. A mi familia en general, porque me ha brindado su apoyo incondicional. A mis compañeros Luis Eliezer Borge Peña y Dixon Díaz López, que gracias a su apoyo y conocimientos hicieron de esta experiencia una de las más especiales, que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino y seguimos siendo amigos. A mi amiga Xochilt Castro, que siempre me levanta el ánimo diciéndome que nunca me dé por vencida, A mis profesores, en especial a la Profesora Indiana Ramona Montoya Dompé, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Br. Lizamarieth de los Ángeles González

¡A la libertad por la Universidad!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al señor por la sabiduría que siempre me ha dado y por mi Madre la Virgen de Cuapa por estar siempre interceder por mí, (Laudetur Iesus Christus).

Agradezco a mis padres y demás familiares, a mi novia por su entrega total en mi persona, amigo y compañero Dixon Díaz.

A la Prof. Indiana Ramona Montoya Dompé, por su entrega y apoyo académico, así como a cada maestro que sembró una semilla de conocimiento en mí, desde preescolar hasta esta prestigiosa universidad.

Br. Luis Eliezer Borge Peña

¡A la libertad por la Universidad!

Agradezco primeramente a Dios quien es el ser que nos regala la vida para concluir con nuestros sueño y metas. A mis amigos, porque siempre estuvieron para extender esa mano amiga incondicional, Luis Borge, Lizamarieth González, Darling miranda Mariela González, Wilfredo Gadea, Albania Mendoza, Ángel Espinoza y demás amistades, infinitas gracias. A nuestra tutora MSc. Indiana Montoya Dompé, por su disposición en todo momento, su paciencia y sus recomendaciones, su apoyo tan importante en toda la investigación.

Br. Dixon Díaz López

¡A la libertad por la Universidad!

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios y la Virgen de Cuapa, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también, la confianza total y el apoyo brindado por parte de mi madre, que sin duda alguna, en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi tía Sughey Velarde, por apoyarnos siempre con su computadora.

A mis abuelos, que siempre está pendiente de mí y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

A mi tía Lisseth González, que a pensar de la distancia siempre está pendiente de mí.

A mi novio y compañero de clases, Luis Eliezer Borge Peña, que durante estos últimos años de clase me ha brindado su apoyo incondicional, por compartir momentos alegría, tristeza y me ha enseñado a confiar en mí.

A mi amigo Dixon Díaz López, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria y demostrarme que siempre poder contar con él.

A la Prof. Indiana Ramona Montoya Dompé, por apoyarnos siempre y aconsejarnos.

A los guardas bosque que también nos acompañaron en el transcurso de la visita a Punta Tumbé y a las familias que nos alojaron con mucho amor.

Br. Lizamarieth de los Ángeles González

¡A la libertad por la Universidad!

CARTA AVAL DEL TUTOR

¡A la libertad por la Universidad!

RESUMEN.

Las alteraciones que se provocan por los cambios del uso del suelo, como la transformación del bosque para pastizales o cultivos, cambiar las propiedades de los suelos, sus características físicas, químicas y biológicas, un indicador del estado de los suelos es la composición de la macro fauna. Conocer el estado de los suelos es clave, para determinar estrategias de conservación, recuperación, y uso sostenible de los recursos naturales. Y territorios que ahí se sostienen. Por eso el objetivo de la presente investigación fue estudiar la macro fauna presente en la parte alta, media y baja, del bosque latifoliado natural e intervenido en el cerro Punta Tumbe, de la Reserva Natural Sierra de Amerrisque, se llevó a cabo mediante un muestreo en las tres partes, recolectando la macro fauna de manera in situ mediante el método TBSF (Tropical Soil Biology and Fertility), con 7 monolitos por área, con un total de 42, con dimensiones de 25 x 25 cm cuadrados y 30 cm, dividido en fracciones de 0-10, 10-20, 20-30. En el análisis fisicoquímico del suelo se determinó textura, pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio. La diversidad se comprobó mediante el cálculo del índice de Shannon y Simpson. Los resultados mostraron que la macro fauna encontrada fue de 10 grupos de órdenes, 18 familias, con un total de 841 individuos, evidenciándose porcentajes más significativos en las partes de bosque natural, siendo predominante los anélidos representados por las lombrices de tierra con la orden Crassicitellata, que son las que tienen más representación en las áreas estudiadas, cabe destacar que la funcionalidad de estos es la formación de poros, la infiltración del agua y la humificación, y en este caso los isópodos según Martínez , Pérez , & Espindola (2014) explican que juegan un papel fundamental en el reciclaje de nutrientes en el suelo a partir de la presencia de os organismo en el suelo se deduce que hay una diversidad media de la macro fauna sin embargo en las áreas intervenidas existe menos presencia de organismos, donde la mayor afectación es por las actividades antropogénicas.

INDICE

CAPITULO I	1
I. Introducción	1
II. Planteamiento del Problema	1
III. Justificación	5
IV. Objetivos de la Investigación	6
4.1. Objetivo General	6
4.2. Objetivos Específicos	6
CAPITULO II	7
V. Marco Referencial	7
5.1. El suelo como ser vivo	7
5.2. Destrucción de los suelos	8
5.3. El suelo	9
5.4. FORMACIÓN DEL SUELO	9
5.4.1. Las rocas como factor formador del suelo	11
5.4.2. Factores biológicos en la formación del suelo	11
5.5. COMPONENTES DEL SUELO	13
5.6. TIPOS DE SUELOS	14
5.7. PROPIEDADES DEL SUELO	16
5.7.1. Propiedades físicas	16
5.7.2. Propiedades químicas	17
5.7.3. Propiedades biológicas	18
5.7.4. Calidad del suelo	18
5.7.5 Suelo orgánico	19
5.8. LA TAXONOMÍA	20
5.8.1. Categoría taxonómica	21
5.9. LA MACRO FAUNA	25
5.9.1. Grupos funcionales de la macro fauna	26
5.9.2. Roll de la macro fauna	28
5.9.3. La macro fauna como indicador biológico	29
5.9.4. Eliminación o Factores de pérdida de la macro fauna	29
5.10. Parámetros de evaluación de la biodiversidad	31
5.10.1. Riqueza	32
a) Indices de Shannon-Wiener (Shannon y Weaver, 1949), H'	32
b) Índice de Margalef	33
5.10.2. Abundancia	34
c) Índice de Simpson	34
VI. Hipótesis o Preguntas directrices	35
CAPITULO III	36
VII. Diseño Metodológico	36
7.1. Área de estudio	36
7.2. Tipo de investigación	37
7.3. Variables a evaluar	37

¡A la libertad por la Universidad!

7.4. Descripción del diseño de campo	39
7.5. Técnicas o instrumentos de recolección de datos	39
7.6. Parámetros utilizados en la colecta de macro fauna.....	41
7.7. Procedimientos para la identificación de los especímenes recolectados en campo.	41
7.8. Análisis estadístico	42
CAPITULO IV	43
VIII. Análisis y discusión de resultados.....	43
8.1. Características de la macro fauna encontrada.....	44
8.2. Caracterización física del suelo.	47
8.3. Análisis químico del suelo.	50
8.4. Diversidad de la macrofauna del suelo con base en los índices de diversidad.	53
8.4.1. Resultados de índice de Shannon-Weaver.....	53
8.4.2. Resultados del Índice de Margalef.	54
8.4.3. Resultados del índice de Simpson.....	55
8.5. Taxonomía de la macro fauna registrada en el estudio.	56
8.5.1. Clases registradas en el estudio.	57
8.5.2. Ordenes de macrofauna identificados en el estudio.	57
8.5.3. Riqueza y diversidad de familias de especies identificadas.....	58
8.6. Descripción de la calidad del suelo en las áreas seleccionadas en base a los resultados del estudio.	59
CAPITULO V	64
IX. Conclusiones	64
X. Recomendaciones	66
XI. Referencias y bibliografía.....	68
XII. Anexos	71

Índice de Tabla.

Tabla 1. Características y funciones de la clase arthropoda.....	24
Tabla 2. Identificación de unidades de muestreo	38
Tabla 3. Resultados de índices de biodiversidad.....	53
Tabla 4. Composición taxonómica de la macro fauna colectada	56
Tabla 5. Ordenes de macro fauna identificados en el estudio	58
Tabla 6. Familia de la macro fauna identificada en el estudio	58

Índice de Mapa.

Mapa 1. Ubicación de cerro Tumbé	37
--	----

Índice de gráfico.

Gráficos 1. Orden de especies parte alta BN	45
Gráficos 2. Orden de especies parte alta BI	45
Gráficos 3. Orden de especie parte media BN	46
Gráficos 4. Orden de especie parte media BI.....	45
Gráfico 5. Orden de especie parte baja BN.....	46
Gráfico 6. Orden de especie parte baja BI	46
Gráfico 7. Análisis comparativo de especies en BN.....	47
Gráfico 8. Análisis comparativo de especies en BI.....	47
Gráfico 9. Análisis químicos BN Y BI.....	51
Gráfico 10. Análisis químicos zona media BN Y BI	52
Gráfico 11. Análisis Químico zona baja BN y BI.....	53
Gráfico 12. Resultados del índice de Shannon	54
Gráficos 13. Analisis resultado indice de Margalef	55
Gráficos 14.Resultado del índice de Simpson.....	56
Gráficos 15. Porcentaje de macro fauna encontrada en Cerro Punta Tumbé.....	57
Gráficos 16. Porcentaje de grupo funcionales encontrados	59

CAPITULO I

I. Introducción

El suelo es un recurso finito, lo que implica que su pérdida y degradación no son reversibles en ciclo de la vida como tal. La FAO (2015), indica que el suelo es “un componente fundamental de los recursos de tierras, del desarrollo agrícola y la sostenibilidad ecológica, es la base para la producción de alimentos, combustibles, fibras y para muchos servicios eco sistémicos esenciales”.

Al considerar los suelos como objetos de explotación, no sólo se subvalora su importancia sino se excluye todo lo que lo compone. El suelo es el ser más vivo de la tierra, con conexiones ecológicas complejas, la mayor parte desconocida, fue a penas a partir de los años 50 y los movimientos ecológicos internacionales que la ciencia occidental comenzó a profundizar en los procesos que ocurren en el suelo. Estos, son mediados por los organismos que lo habitan, un solo gramo de suelo contiene millones de organismos vivos, entre ellos se destaca la macro fauna, “Porque directa o indirectamente actúan como agentes determinantes en la vida del suelo. Por tales motivos es considerada un indicador biológico sensible de los impactos del uso y manejo del suelo”, (Escobar, 2017). Con la usencia de estas comunidades, los ecosistemas colapsarían, Si hay vida en el suelo, no solo va haber fertilidad, sino que también existen servicios ecológicos esenciales para el suelo además de prestar al hombre servicios eco sistémicos primordiales para su subsistir.

En el suelo, la macro fauna realiza “El reciclaje de nutrientes, el inicio de la descomposición de los restos vegetales que ponen la hojarasca y la conservación de la estructura del terreno. Cabrera (2017). La macro fauna incluye los invertebrados mayores de 2 mm de diámetro, y tiene un papel imprescindible en la salud y productividad del suelo, debido a su capacidad de alterar el ambiente superficial y edáfico en el que se desarrollan las plantas. Ramírez, (2014). Su impacto radica fundamentalmente en su contribución a la formación de poros, a la infiltración de agua, humificación, mineralización de la materia orgánica, la macro fauna edáfica regula diferentes procesos que determinan la calidad y la fertilidad de los suelos en sistemas naturales, agrícolas y forestales.

Conocer el rol que desempeña la macro fauna en el suelo tiene una vital importancia documentar el estado del suelo y a partir de ahí construir estrategias de recuperación. Este trabajo tiene como propósito caracterizar el componente biológico (presencia o ausencia) de la macro fauna, determinando la calidad del suelo según diversidad de organismos presentes que funcionan como indicadores.

II. Planteamiento del Problema

El suelo es el resultado de miles de años de procesos y transformaciones, hace veinte mil años que el hombre, donde quiera que se encontrase, era "forrajeador" y cazador, y su técnica más avanzada era la de incorporarse a un hato errante. Hace diez mil años ya había cambiado y empezado, en ciertos lugares, a domesticar algunos animales y a cultivar ciertas plantas, paralelamente surge una revolución social poderosa, ya que fue necesario que el hombre se estableciera. Esa criatura que había andado errante y emigrado durante un millón de años, habría de tomar una decisión crucial dejar de ser nómada y convertirse en aldeano, (Sanchez, 1995).

Núñez, (2014), todo ello coincidía con la última glaciación, a cuyo epílogo, el hombre se encontró de pronto con una tierra fértil y rodeada de animales, hecho que lo llevó a adoptar un estilo de vida diferente. Esto generalmente se denomina "la revolución agrícola", aunque otros prefieren llamarla "la revolución biológica". Por otro lado, también se desconoce que el suelo es un ser vivo, que contiene tantos organismos presentes e importantes para el ciclo de la vida y los diferentes servicios eco sistémicos.

En este contexto, el cerro Punta Tumba se caracteriza por tener aun flora y fauna, que ha sobrevivido a la chontaleñización, Vargas (2018), explica que este término evoca al paso de la ganadería a gran escala de áreas que anteriormente eran boscosas o selváticas, dando lugar a grandes extensiones dedicadas a pastizales para alimentar el ganado, tal caso sucede en ese sitio de la reserva, la chaptalización se basa en una colonización de tierras nativas, con el supuesto que no es de nadie y que podemos apropiarnos de ellas, pasa por una visión de que el hombre blanco, mestizo, es superior a todo, a lo nativo y a la naturaleza. También se practica la agricultura para el consumo propio y con anterioridad se realizaban quemas. La agricultura de roza, tumba y quema (también conocida como agricultura nómada o itinerante) se ha relacionado frecuentemente con la degradación del ambiente. A nivel estatal, la superficie cubierta por vegetación secundaria está determinada en un 72% por la agricultura nómada. (Chavarria, 2000).

Estas actividades agropecuarias, ocasionan consecuencias que probablemente han modificado las estructuras naturales del suelo, así como la presencia de la biodiversidad en este, convirtiéndolo a ser propenso en una zona vulnerable, provocando procesos como la degradación, la erosión, y la compactación. La relación entre el uso del suelo y la biodiversidad (macro fauna edáfica), permite conocer un balance dinámico, ecológico y el grado de calidad que posee.

El conocimiento sobre el manejo de los recursos naturales y las prácticas agrícolas es un elemento que se ha fortalecido en algunas sociedades a través del tiempo. De esta forma, consideramos que el conocimiento sobre la utilización y manipulación del suelo, agua y la vegetación entre otros, es un proceso de adaptación sociocultural a condiciones ambientales y socioeconómicas particulares.

Los sistemas de agricultura tradicionales ha emergido a lo largo de siglos de la evolución cultural y biológica, de manera que los campesinos y los indígenas han desarrollado o heredado agro ecosistemas que se adaptan bien a las condiciones locales y que les han permitido satisfacer sus necesidades vitales por siglos, aún bajo condiciones ambientales adversas, tales como terrenos marginales, sequía o inundaciones (Abasolo, 2011).

El tema de conservación de suelos es un tema que la mayor parte de los productores, la población en general y en especial, los pobladores aledaños al lugar no es que no cuenten con los conocimientos actuales sobre prácticas de conservación de suelo, el uso sostenible del bosque y prácticas de silvicultura, si no la pobreza, la precariedad, la cultura, etc. No permiten un mejor manejo, la gente vive del día a día, más las condiciones socio históricas han hecho que el manejo sostenible de los suelos no sea algo importante, relevante en la vida de los pobladores, al final todas estas causas, obstruyen el buen manejo y preservación del área boscosa que aún existe.

También se generará información específica de la zona que no se encuentra registrada, desde la biodiversidad presente y las propiedades generales del suelo, así como la mención de datos de interés social.

Por tal razón, surgió la necesidad de realizar un estudio de la macro fauna del suelo en esta parte del área protegida, para poder determinar el grado de perturbación que hay a partir de la presencia de estos organismos, ya que son un indicador biológico que demuestran si el suelo tiene estructuras estables y en equilibrio.

III. Justificación

Esta investigación se centra en el uso actual del suelo del cerro Punta Tumbe, el cual, tiene actividades productivas que alteran el ecosistema y el suelo, a pesar, por lo tanto, se requiere determinar el grado de perturbación que han provocado las actividades agropecuarias, y un indicador para medir cualquier cambio, es la presencia de la macro fauna que se pueda encontrar en el suelo. Cabe destacar que la macro fauna desempeña un papel clave en los procesos que determinan la conservación y fertilidad del suelo, “Al regular la disponibilidad de minerales asimilables por las plantas y favorecer la estructura del suelo, influyendo en las condiciones de vida, la abundancia y composición de otras comunidades del suelo”, (Rendón, 2011, p. 45).

A partir del suelo se desarrolla el bosque y en secuencia se conservan las zonas de recarga hídrica, así como la producción de los alimentos de auto consumo y el pasto para el ganado, por lo tanto, la preservación del suelo es muy importante. El trabajo genera información concreta de situación actual de los suelos, mediante el indicador de la macro fauna. Aportan a la construcción de posibles soluciones de conservación. La municipalidad de la Libertad Chontales, tendrá presente un primer estudio específico del área que ha venido tomando importancia e invirtiendo con guardabosques, que protegen la zona, donde se contara con un manual de clasificación por orden y familia de las especies encontradas, al mismo tiempo los datos pueden ser incorporados en material divulgativo con fines turísticos, que es pertinente, en el contexto actual debido a que el área protegida de la sierra se está promocionando como potencial turístico y también se está proyectando para parque ecológico.

IV. Objetivos de la Investigación

4.1.Objetivo General

Comparar la diversidad de la macro fauna del suelo en los bosques latifoliados (naturales e intervenidos), en el cerro Punta Tumbé, perteneciente a la Reserva Natural Sierra de Amerrique – Chontales.

4.2.Objetivos Específicos

Determinar la riqueza de órdenes, diversidad y abundancia de la macrofauna del suelo en bosques latifoliados (intervenidos y no intervenidos) del cerro Punta Tumbé.

Identificar la composición funcional de la macrofauna del suelo en bosques latifoliados (intervenidos y no intervenidos) del cerro Punta Tumbé.

Elaborar una guía ilustrada de la macrofauna del suelo de bosques latifoliados del cerro Punta Tumbé.

CAPITULO II

V. Marco Referencial

5.1.El suelo como ser vivo.

La diversidad biológica o biodiversidad se define como “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres, acuáticos o marinos”. Engloba la diversidad dentro de las especies (diversidad genética), entre las especies (diversidad de los organismos) y de los ecosistemas (diversidad ecológica). (FAO, 2015).

El suelo es uno de los ecosistemas más complejos de la naturaleza y uno de los hábitats más diversos de la tierra: Alberga una infinidad de organismos diferentes que interactúan entre sí y contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida. No hay ningún lugar de la naturaleza con una mayor concentración de especies que los suelos; sin embargo, esta biodiversidad apenas se conoce al estar bajo tierra y ser, en gran medida, invisible para el ojo humano.

Pérez, (2009), destaca que el suelo es un organismo vivo y no un elemento inerte con «bichos». En todo caso esos bichos son el suelo; no están en el suelo. Si esto se comprende en profundidad, el próximo concepto a introducir es que ese organismo llamado suelo, en teoría, es capaz de aportarle a la planta todo lo que esta necesita para desarrollar su potencial genético, que es lo que sucede en un lugar prístino. Cuando se modifica el ecosistema con cultivos específicos, esto cambia, pero no tanto como para necesitar la cantidad de fertilizantes que se usan habitualmente.

El aclareo de terrenos forestales o pastizales para el cultivo, y la ganadería afecta al entorno del suelo y reduce drásticamente la cantidad y número de especies de organismos del mismo. Una disminución del número de especies vegetales con diferentes sistemas de raíces, de la cantidad y calidad de sus residuos, o del contenido de materia orgánica del suelo, limita la variedad de hábitats y alimentos para los organismos del suelo. (FAO, 2015).

Si bien la utilización de insumos externos especialmente fertilizantes inorgánicos y plaguicidas puede mitigar algunas de las limitaciones de los suelos para la producción de cultivos, el uso

excesivo o abusivo de productos agroquímicos ha degradado el medio ambiente, especialmente los recursos hídricos y el suelo, Rivas, (2009). La calidad y la salud de los suelos condicionan en gran medida la producción y sostenibilidad agrícolas, la calidad medioambiental y, como consecuencia de ambas, afectan a la salud vegetal, animal y humana.

5.2. Destrucción de los suelos.

La pérdida de hábitat es la amenaza principal para la mayoría de las especies de invertebrados plantas, insectos y hongos. En muchos países, o localidades con alta densidad poblacional humana, la mayoría de los hábitats originales han sido degradados. (Heywood, 1995).

En 49 de los 61 países tropicales del Viejo Mundo, más del 50% de los hábitats de vida silvestre ha sido destruido (IUCN/UNEP 1986, b). En Asia tropical se ha perdido el 65% del bosque primario, con tasas de destrucción particularmente altas para Bangladesh (96%), Sri Lanka (86%), Vietnam (76%) y la India (>80%). Por fortuna los dos países asiáticos biológicamente más ricos, Malasia e Indonesia, todavía conservan cerca de la mitad de sus bosques primarios y están en proceso de establecimiento de áreas protegidas extensas.

El sub-Sahara africano ha perdido el 65% de sus bosques, con las pérdidas más severas en Ruanda (80%), Gambia (89%) y Ghana (82%). Las tasas actuales de deforestación varían considerablemente entre países, con tasas anuales superiores al 2% en varios países latinoamericanos. En Paraguay y Costa Rica se ha eliminado un cuarto de la superficie forestal durante la última década, la degradación de los suelos en Nicaragua es de 10 veces más alta de lo permisible, existe una tasa permitida de 4 toneladas, los porcentajes de degradación en Nicaragua son del 30% y en el occidente el 35%, la FAO y la ONU confirman la situación del mal uso de la tierra en Nicaragua, y destacan que la situación ha venido empeorando de forma consistente en los últimos 50 años, (Argüello, 2005).

La destrucción del suelo se puede analizar, desde dos puntos de vista, el primero consiste en, la formación de costras endurecidas a determinadas profundidades del perfil, este es el resultado de la degradación de la cubierta vegetal y erosión hídrica, la que deja descubierto estos horizontes. El

segundo a los cambios físicos como la porosidad, permeabilidad, densidad aparente y estabilidad estructural. (Ortiz, 1994).

5.3. El suelo.

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella. Los suelos no siempre son iguales y cambian de un lugar a otro por razones climáticas y ambientales, de igual forma los suelos cambian su estructura, estas variaciones son lentas y graduales. (Crespo, 1980).

El suelo es un recurso natural, aunque no es renovable, la materia orgánica que conforma el suelo es lentamente renovable conforme a las obras de conservación que se ejecutan, un medio vivo y dinámico que proporciona sustento a toda criatura viviente y donde ocurren procesos fundamentales de los ecosistemas como los ciclos del agua, carbono, nitrógeno y fósforo. La selección y aplicación de indicadores para reflejar su calidad, responden a la necesidad de preservar este medio debido a su deterioro creciente y a su valor para la vida en el planeta. (Noguera, 2014).

En términos generales el suelo es el sustrato en el cual se localizan y se desarrollan múltiples actividades del hombre, razón por el cual se le considera un recurso multifuncional, desde un punto de vista profesional, ingenieros agrónomos, forestales, civiles, geólogos, químicos etc., tendrán una concepción diferente respecto a su concepto. (López & Falcon, 2002).

5.4. Formación del suelo.

Sanzano, (2019), menciona que las características del suelo están determinadas por la interacción de los cinco factores principales de su formación, esto puede expresarse de la siguiente manera: $s = f(\text{cl}, \text{o}, \text{r}, \text{Mo}, \text{t})$.

Dónde: s: representa al suelo o una propiedad del mismo. Cl: clima. O: organismos vivos. Relieve. Mo: material originario. T: tiempo.

Jaramillo, (2002), explica que los factores incluidos en la ecuación son los factores de formación del suelo y son los que controlan el accionar de los procesos pedogenéticos, término que evoca a la ciencia que estudia los factores y procesos que actúan en la formación de suelos, tanto en su tipo como en su intensidad.

Arias, (2008), refiere que los dos elementos climáticos más importantes que han sido correlacionados con las propiedades de los suelos son la precipitación efectiva y la temperatura, ya que ambas afectan la velocidad de los procesos físicos, químicos y biológicos.

Así bien Jaramillo, (2002), continúa explicando que el clima es posiblemente el factor que más influencia tiene sobre los demás factores formadores. Actúa sobre el material originario porque determina la naturaleza e intensidad de la meteorización que ocurre en grandes áreas geográficas, donde también ejerce influencia sobre los organismos vivos y en alguna medida sobre los factores relieve y edad a través de su relación con los procesos erosivos y deposición de materiales de suelo.

En otro punto la UE, (2015), menciona que el aumento de las temperaturas puede acarrear un mayor crecimiento de vegetación y un mayor almacenamiento de carbono en el suelo. Sin embargo, afecta la mineralización en de la materia orgánica del suelo, reduciendo el contenido de carbono orgánico.

En otras zonas, la materia orgánica contenedora de carbono no puede descomponerse debido a los bajos niveles de oxígeno del agua. Si estas zonas se secan, la materia orgánica puede descomponerse rápidamente, liberando dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. Esto quiere decir existen indicios de que el contenido de humedad del suelo se está viendo afectado por el aumento de las temperaturas y los cambios en las pautas de precipitación.

Otro factor que influye en el suelo es el relieve, puesto que, Hernández- Jimenez y otros, (2006) menciona que el valor de este en la formación de los suelos influye en la distribución de las materias y las energías por la superficie del suelo. Según los diferentes elementos del relieve, será la cantidad de agua que penetra en el suelo e influye en su formación y en el aprovechamiento de las plantas. Todo esto influye en la actividad vital del reino animal y vegetal, y en el ritmo y dirección del proceso formador del suelo.

Por último, Jaramillo, (2002), indica que la configuración de la superficie de la tierra (topografía) se describe en términos de elevaciones relativas, pendientes y posiciones en el paisaje de pequeñas áreas que pueden causar fuertes variaciones en los suelos que se encuentran dentro de la misma. La topografía es determinante para la precipitación efectiva ya que influye fuertemente en la relación infiltración-escurrimiento. También determina la magnitud de la influencia de la capa freática en la génesis del suelo.

5.4.1. Las rocas como factor formador del suelo.

La composición mecánica, química y mineralógica, de los suelos en las primeras etapas, de desarrollo de los mismos, casi se determina por la composición de las rocas formadoras, y solamente en etapas de evolución y desarrollos posteriores, cuando se forman perfiles del suelo maduros, con horizontes bien diferenciados, sobre todo en regiones tropicales, los suelos adquieren propiedades diferentes a las rocas inicial. No obstante, las rocas formadoras influyen en la composición y propiedades de la masa del suelo, en la formación de diferentes regímenes hídricos, (Hernandez, Jimenez , y otros, 2006).

Por otro lado, Loaiza (2010), hace referencia que las características de los suelos varían considerablemente, dependiendo de los tipos de rocas con las que fueron formados, las condiciones de formación y la cantidad de tiempo transcurrido. Una compleja historia geológica y geomorfológica, puede resultar, en un número de diferentes estratos geológicos o unidades, en distancias relativamente cortas, generando una alta diversidad en los suelos asociada a la heterogeneidad de los materiales parentales.

5.4.2. Factores biológicos en la formación del suelo.

En la naturaleza, ocurre el ciclo biológico de las sustancias, que suele denominarse rotación biológica de las sustancias. Según Hernandez, (2006), este ciclo transcurre como el resultado vital de las plantas y de los microorganismos con el suelo, esquematizándose en un ciclo suelo- plantas- microorganismos- suelo.

Según la FAO, (2015), los suelos albergan una cuarta parte de la biodiversidad de nuestro planeta. El suelo es uno de los ecosistemas más complejos de la naturaleza: contiene infinidad de organismos que interactúan y contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida.

La acumulación de materia orgánica, la descomposición biológica de la misma, el reciclaje de nutrientes y la estabilidad de la estructura son ejemplos de la actividad realizada por los organismos presentes en el suelo. (Sanzano, 2019).

Esta serie de organismos han coevolucionado con la historia natural de cada lugar por lo cual están adaptados a las condiciones concretas, determinan la formación y evolución de los suelos de una forma activa, por lo que son considerados uno de los factores formadores del suelo.

Por otro lado, Ibanes, (2007), Estos servicios no sólo son decisivos para el funcionamiento de los ecosistemas naturales, sino que constituyen un importante recurso para la gestión sostenible de los sistemas agrícolas”.

Las raíces de las plantas también pueden considerarse organismos del suelo debido a su relación simbólica e interacción con los demás elementos del suelo. Estos diversos organismos interactúan entre sí y con las diversas plantas del ecosistema, formando un complejo sistema de actividad biológica. (Jaramillo, 2002).

De este modo, la evolución del suelo se ve afectada por el tipo de plantas que viven sobre él. Los suelos sobre los que se desarrollan pastizales poseen raíces densas y fibrosas que, al morir, son incorporadas como materia orgánica fresca al suelo. López, (2005), ubica la influencia de los organismos sobre el suelo de la siguiente manera:

1) Actividad mecánica donde:

- a. Los animales del suelo llevan a cabo la fragmentación de los residuos orgánicos. Este proceso facilita la alteración química posterior de los restos, y por lo tanto los procesos de mineralización y humificación.
- b. Bioturbación del material del suelo, lo que favorece la asociación de componentes orgánicos e inorgánicos.
- c. La actividad de los organismos afecta a la porosidad del suelo, ya sea aumentando el espacio poroso (mediante la creación de túneles y cámaras) o modificando la geometría de los poros del suelo (los túneles que fabrican determinados animales funcionan como los albañiles, arquitectos que construyen la mega ciudad que es el suelo y que sumado a esto facilitan el drenaje del suelo).

2) Actividad química: los organismos del suelo participan activamente en el ciclo de la materia orgánica e inorgánica dentro del suelo:

- a. Los organismos pueden secretar productos orgánicos activos que facilitan la alteración química de la roca. Así mismo, pueden inducir la formación de complejos y quelatos.

- b. La actividad enzimática de los organismos permite la degradación de los compuestos orgánicos a moléculas más sencillas (por ejemplo: la obtención de aminoácidos a partir de proteínas).
- c. Los hongos y otros microorganismos llevan a cabo la mineralización de los componentes orgánicos, lo que permite la liberación de sales minerales asimilables por la planta. Además, intervienen en la humificación de la materia orgánica.
- d. Síntesis y excreción de productos orgánicos en el suelo. Algunos compuestos, como los mucopolisacáridos excretados por diversos tipos de seres vivos son sustancias que facilitan la agregación de las partículas del suelo.
- e. Fijación biológica de nitrógeno. El nitrógeno atmosférico puede ser fijado por los seres vivos como *Azotobacter* o *Clostridium*, o mediante simbiosis entre las plantas leguminosas y las bacterias del género *Rhizobium*.

Los organismos del suelo intervienen en el ciclo de numerosos elementos en el suelo. Algunos de estos elementos son el C, N, S, P, Ca, Fe, Mn, etc. (Raisman, 2013). Los organismos que residen en el suelo liberan minerales y los convierten en compuestos digeribles para las plantas. (Jim, 2010).

5.5. Componentes del suelo.

El suelo tiene cuatro grupos de componentes, la materia mineral, materia orgánica, agua y aire. Pereira, (2015).

La FAO (2015), afirma que la materia mineral es el componente más abundante del suelo. Está formada por partículas que varían de tamaño desde pequeñas piedras hasta partículas de arcilla que no se pueden ver siquiera con un microscopio común, el tamaño de las partículas minerales que forman el suelo determinan sus propiedades físicas, textura, estructura, porosidad y el color.

La materia mineral y la materia orgánica determinan la capacidad de intercambio catiónico, que en definitiva determina la transformación del suelo. Y que se agrupa según su tamaño en tres fracciones:

La materia orgánica (humus) se forma con la incorporación de restos animales y vegetales. Es muy importante para la fertilidad ya que, desde ella, los microorganismos que viven en el suelo, liberan nutrientes para las plantas. La materia orgánica le da al suelo su color característico (Oscuro).

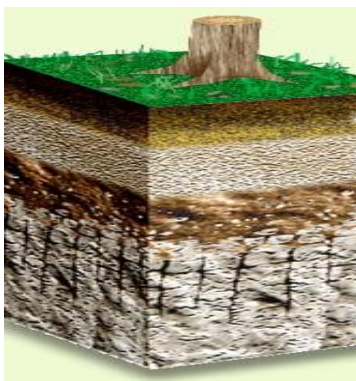
El aire: es una mezcla de elementos gaseosos que se halla en forma natural dentro de la atmosfera terrestre y en el suelo, los bolsillos de aire son los que se encargan de permitir que el agua se mueva alrededor del mismo, y que pasen entre las plantas que están floreciendo tanto como encima como por debajo de la línea del suelo. (Pereira, 2015). El oxígeno es clave en la reproducción de muchos microorganismos y las reacciones fisicoquímicas, entre ellos, así la presencia o no de aire, hace la diferencia entre la producción de ácido húmico o ácido fúlvico, es decir, en la calidad del humus.

Diaz, (2016), plantea que el agua ocupa un importante lugar con variadas funciones, específicamente en un ciclo denominado ciclo hidrológico, secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmosfera y regresa en sus fases líquida y sólida. El agua hidrata, activa el carbono y otros nutrientes, es clave para las reacciones químicas, físicas y biológicas dentro del suelo.

5.6. Tipos de Suelos.

Según Garcia, (2015), sin el suelo sería imposible la existencia de plantas superiores y, sin ellas, ni nosotros ni el resto de los animales podríamos vivir. A pesar de que forma una capa muy delgada, es esencial para la vida en tierra firme. Cada región del planeta tiene unos suelos que la caracterizan, según el tipo de roca de la que se ha formado y los agentes que lo han modificado.

Tipos de suelos de acuerdo con la composición y utilidad agrícola se pueden distinguir los siguientes tipos de suelo



Fuente: (Fernández, 2014)

Suelos arenosos: No retienen el agua, tienen muy poca materia orgánica y no son aptos para la agricultura.

Suelos calizos: Tienen abundancia de sales calcáreas, son de color blanco, seco y árido, y no son buenos para la agricultura.

Suelos humíferos (tierra negra): Tienen abundante materia orgánica en descomposición, de color oscuro, retienen bien el agua y son excelentes para el cultivo.

Suelos arcillosos: Están formados por granos finos de color amarillento y retienen el agua formando charcos. Si se mezclan con humus pueden ser buenos para cultivar.

Suelos pedregosos: Formados por rocas de todos los tamaños, no retienen el agua y no son buenos para el cultivo.

Suelos musgosos o limosos: Contienen agua, arena, limo y arcilla en partes más o menos iguales. Son semipermeables y son suelos óptimos para la agricultura.

Los tipos de suelo que predominan en la región según “Global Soil Regions 1995”.

Los Ultisoles se caracterizan por tener un horizonte argílico o kándico y con una baja saturación de bases. Aparecen en cualquier régimen de temperatura y humedad (excepto en el arídico). Aparecen en zonas de clima templado (con elevadas precipitaciones que produzcan un lavado intenso de las bases).

En los Ultisoles, la eluviación y la iluviación son los procesos más importantes en el desarrollo del perfil, dándose el caso de acumulación de arcillas en horizontes profundos del perfil, y produciéndose una pérdida de arcillas en los horizontes superficiales.

El proceso de eluviación produce la movilización y pérdida de materiales, que se desarrolla en los horizontes superficiales, mientras que el proceso de iluviación representa la ganancia de sustancias en los horizontes, siendo el agua el medio de transporte. Entre los materiales susceptibles a translocación mediante eluviación / iluviación se encuentran: las arcillas, los sesquióxidos y la materia orgánica.

En este sentido, estos suelos la acumulación, descomposición y humificación de la materia orgánica en la superficie del suelo está limitada por la formación de complejos orgánico-minerales. Por último en los Ultisoles pueden darse también procesos de queluviación de Al y Fe, junto con

materia orgánica, de las zonas superficiales y su acumulación en las zonas profundas del perfil. (Blanquer, 2006).

Los Alfisoles son suelos que tienen: un epipedión óchrico, un horizonte argílico, Un porcentaje de saturación de bases (PSB) de moderado a alto, agua a menos de 1500 kPa de tensión durante al menos tres meses al año, cuando los suelos son lo suficientemente cálidos para el crecimiento de las plantas

El nombre de este orden de suelos se debe a los símbolos químicos Al y Fe que aparecen como predominantes en su desarrollo. Es preciso destacar que, junto a los horizontes anteriormente señalados, también pueden aparecer horizontes kándico, nátrico, cálcico, petrocálcico o álbico, así como un epipedión úmbrico. Los fragipanes son comunes y el pH del suelo suele ser ligeramente ácido, aunque el $PSB > 50\%$. La mayoría de los Alfisoles tienen un régimen de humedad údico, ústico o xérico, y algunos pueden presentar condiciones aquicas. Son suelos cuyo régimen de humedad es tal que son capaces de suministrar agua a las plantas mesofíticas durante más de la mitad del año o por lo menos durante más de tres meses consecutivos a lo largo de la estación de crecimiento de las plantas.

La mayoría de los Alfisoles se presentan en un paisaje relativamente viejo, aunque los que se presentan en un régimen aquico son mucho más recientes. Principalmente se desarrollan en zonas con pendientes pronunciadas con un drenaje bastante alto, o en zonas planas con un escaso drenaje. Son típicos de regiones templadas (entre 0° y 22° C de temperatura), aunque pueden extenderse también a zonas tropicales o subtropicales. Los regímenes de temperaturas predominantes el térmico y méxico. Los Alfisoles se forman generalmente bajo una vegetación densa de bosque caducifolio, aunque también se dan sobre pastos y praderas, la distribución de la materia orgánica en el perfil depende del tipo de vegetación. (Moreno, 2010)

5.7. Propiedades del suelo.

5.7.1. Propiedades físicas.

Como se ha explicado, el suelo es una mezcla de materiales sólidos, líquidos (agua) y gaseosos (aire). La adecuada relación entre estos componentes determina la capacidad de hacer crecer las plantas y la disponibilidad de suficientes nutrientes para ellas. La proporción de los componentes

determina una serie de propiedades que se conocen como propiedades físicas o mecánicas del suelo: textura, estructura, consistencia, densidad, aireación, temperatura y color, (Brak, 2018).

5.7.2. Propiedades químicas.

Son aquellas que pueden observarse y/o medirse a partir de cambios químicos que ocurren en el suelo. Estas propiedades describen el comportamiento de los elementos, sustancias y componentes que integran el suelo (Tamhane et al. 1986); (López & Estrada) como: el pH, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), el contenido de materia orgánica (MO) y de elementos (nutritivos o tóxicos).

Dentro de todos los procesos que se dan en el suelo, el más importante es el intercambio iónico, donde junto con la fotosíntesis, son los dos procesos de mayor importancia para las plantas. El cambio iónico es debido casi en su totalidad a la fracción arcilla y a la materia orgánica. (Carvajal, 1997).

La capacidad de intercambio catiónico se define como el número de cargas negativas del suelo y se expresa en meq/ 100g de suelo. Aumentos en el pH traen como consecuencia un incremento en las cargas negativas, ya que el aluminio se precipita. La concentración de hidrogeniones disminuye, por lo tanto, la ele aumenta.

Las propiedades químicas corresponden fundamentalmente a los contenidos de diferentes sustancias importantes como macro nutrientes que según son los elementos necesarios en cantidades relativamente abundantes para asegurar el crecimiento y la supervivencia de las plantas, (Fernández, 2019).

La presencia de una cantidad suficiente de elementos nutritivos en el suelo no garantiza por sí misma la correcta nutrición de las plantas, pues estos elementos han de encontrarse en formas moleculares que permitan su disponibilidad y asimilabilidad por la vegetación. En síntesis, se puede decir que una cantidad suficiente y una adecuada disponibilidad son fundamentales para el correcto desarrollo de la vegetación. Dentro de éstos, se puede distinguir entre elementos primarios (N, P y K) y elementos secundarios (Ca, Mg y S).

El pH determina el grado de absorción de iones H^+ por las partículas del suelo e indica si el suelo es alcalino o ácido. Esta propiedad química es el indicador principal en la disponibilidad,

movilidad, solubilidad y absorción de nutrientes para las plantas (FAO, 2015), citado por (López & Estrada, 2015), el valor del pH en el suelo oscila entre 3.5 (muy ácido) a 9.5 (muy alcalino). La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos; para los cultivos agrícolas, el valor del pH ideal se encuentra en 6.5.

5.7.3. Propiedades biológicas.

Las propiedades biológicas del suelo están relacionadas con la materia orgánica y con los organismos que viven en él, como las raíces de las plantas, lombrices, insectos, nematodos, hongos, bacterias, etc. (FAO 2015, Hall 2008), citado por (López & Estrada, 2015).

Los organismos vivos del suelo mejoran la entrada y el almacenamiento de agua, la resistencia a la erosión, la nutrición de las plantas y la descomposición de la materia orgánica en él. Así bien continúa explicando Jaramillo, (2002), que biodiversidad del suelo, el tamaño de las poblaciones de organismos en él y su actividad dependen de prácticas de manejo como laboreo, controles fitosanitarios y manejo de residuos de cosecha, así como de la cobertura y de la fertilidad que tenga aquel.

La FAO, (2015), considera que los organismos que viven en el suelo son determinantes en la circulación de los nutrientes y el C en el suelo. La materia orgánica que se deposita en la superficie del suelo o en el área radicular es consumida rápidamente por los organismos del suelo, creando una reserva de carbono que puede ser renovada a corto plazo, entre 1 a 3 años; uno de los subproductos microbianos, de este consumo, es el humus, este almacena muchos nutrientes, también mejoran su estructura, sueltan suelos de arcilla, ayudan a prevenir la erosión y mejoran la capacidad de retención de nutrientes y agua de suelos arenosos o toscos.

5.7.4. Calidad del suelo.

Vanegas, (2014), señala que el concepto de calidad del suelo está relacionado con las funciones y el uso del mismo, siendo atributo de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

La calidad del suelo remarca las funciones del suelo: (1) promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); (2) atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental); y (3) favorecer la salud de plantas, animales y humanos, también el suelo es un componente fundamental de la biosfera ya

que es la interface entre la tierra, el aire y el agua desempeña diversas funciones importantes para la vida, esto porque la calidad del suelo es fundamental para las prácticas agrícolas, un suelo fértil y sano le provee a las plantas los nutrientes esenciales para crecer y desarrollarse, suelos que no solamente son fértiles sino que también tienen propiedades físicas y biológicas para sostener la productividad, o mejorar la calidad de vida de los seres humanos. (stivers, 2017).

1. Sostiene el crecimiento y diversidad de plantas y animales aportando el medio físico, químico y biológico para los intercambios de agua, aire, nutrientes y energía.
2. Regula la distribución del agua entre la infiltración y escorrentía y regula el flujo de agua y solutos, incluyendo nitrógeno, fósforo, pesticidas y otros nutrientes y compuestos disueltos en el agua.
3. Almacena y modera la liberación de los nutrientes de los ciclos de las plantas y otros elementos.
4. Actúa como filtro para proteger la calidad del aire, agua y otros recursos.
5. Es el apoyo de estructuras y alberga riquezas arqueológicas asociados a la vivienda humana. 6. Filtra, amortigua, degrada, inmoviliza y desintoxica sustancias orgánicas e inorgánicas.

5.7.5. Suelo orgánico.

Melendez, (2003), refiere que el suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de distinto origen, entre estos, restos de las plantas superiores que llegan al suelo de dos maneras: se depositan en la superficie (hojas, ramas, flores, frutos) o quedan directamente en la masa del suelo (raíces al morir). Otras dos fuentes importantes son el plasma microbiano y los restos de la fauna habitante del suelo.

La materia orgánica cumple un papel esencial en el suelo. No existe una definición de humus con la que todos los especialistas estén de acuerdo; pero, en general, el término humus designa a las “sustancias orgánicas variadas, de color pardo y negruzco, que resultan de la descomposición de materias orgánicas de origen exclusivamente vegetal”. (Corbella & Fernández, 2012).

Basándose en lo anterior, Meléndez, (2003), considera a la materia orgánica del suelo (MOS) como un continuo de compuestos heterogéneos con base de carbono, que están formados por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal parcial o completamente descompuestos en

continuo estado de descomposición, de sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente, del conjunto de microorganismos vivos y muertos y de animales pequeños que aún faltan descomponer.

Inmediatamente después de la caída de los materiales al suelo y muchas veces antes, comienza un rápido proceso de transformación por parte de los macro y microorganismos que utilizan los residuos orgánicos como fuente de energía. El proceso de descomposición está acompañado de la liberación de CO₂ y de los nutrientes contenidos en los residuos orgánicos. (Pascual & Venegas , 2011).

Melendez, (2003), ha observado que 1 75 – 90 % de los restos orgánicos están constituidos por agua. Una fracción pequeña de MOS está constituida por carbohidratos, aminoácidos, ácidos alifáticos, proteínas, grasas, etc., y en su mayor parte están formadas por las llamadas sustancias húmicas, que son una serie de compuestos de alto peso molecular. Estas sustancias húmicas han sido divididas grupos de acuerdo a su solubilidad en soluciones ácidas y básicas concentradas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, huminas. Los ácidos húmicos son moléculas más grandes y complejas que los ácidos fúlvicos, además presentan contenidos más altos de N, pero menor de grupos funcionales.

5.8. La taxonomía.

Para poder comprender el concepto de esta ciencia (Fernández, 2013), explica que:

La Taxonomía, es entendida como la teoría y práctica de la clasificación de los seres vivos, esta se remonta a mediados del siglo XVIII cuando se incorporó el concepto de Sistema, para referirse al ordenamiento de los seres vivos, y la nomenclatura binominal de las especies dentro de un sistema jerárquico llevada a cabo por el botánico sueco Carlos Linneo (1753, 1758). (P.5)

Así bien esta ciencia “Tiene dos divisiones importantes: la clasificación que comprende la Ordenación de las clases en una jerarquía de grupos más grandes y más pequeños y la nomenclatura: Procedimiento de asignar nombres a las clases y grupos de animales y vegetales que han de clasificarse”. (Leon, 2004), es una ciencia que ha evolucionado continuamente en el tiempo, profundizando y ajustando continuamente las clasificaciones.

5.8.1. Categoría taxonómica.

Los grupos en que se clasifican los distintos tipos de organismos se denominan categorías taxonómicas o Taxones. (Castrejon, 2012), revela que “Los taxones clasifican a los seres vivos en una jerarquía de inclusión, en la que un grupo abarca a otros menores y a uno mayor. A los grupos se les asigna una categoría taxonómica que acompaña al nombre propio del grupo”. Una categoría taxonómica concreta recibe el nombre de taxón.

De acuerdo a Naval, (2008), los Phylum más importantes en estudios de macrofauna de suelo son:

a. Phylum Anélida.



Fuente: (Gelambi, 2005).

Este Phylum corresponde a lombrices de tierra, gusanos segmentados, cilíndricos, de textura blanda y húmeda. En los segmentos anteriores o parte anterior del cuerpo está situada la boca e internamente las estructuras de los sistemas nervioso, circulatorio y reproductivo.

En la parte posterior corre el intestino a lo largo del cuerpo, que abre al final en el ano, respiran por la piel y son. Organismos hermafroditas, con los órganos sexuales femeninos y masculinos en el mismo individuo. Externamente desarrollan una estructura llamada clitelo, a modo de cinturón engrosado alrededor de todo el cuerpo que abarca pocos segmentos, lo que representa que el individuo ha alcanzado la madurez sexual y está apto para reproducirse. Desde el punto de vista funcional, son considerados ingenieros del ecosistema ya que su acción fundamental es la transformación de las propiedades físicas del suelo (regulan la compactación, la porosidad, las condiciones hídricas y la macro agregación).

Existen, además, diferentes tipos o categorías ecológicas de lombrices, según dónde viven y se alimentan: epígeas, anécicas y endógeas. Las lombrices epígeas viven y se alimentan en la superficie del suelo, entre la hojarasca, son pequeñas, pigmentadas (con color rosado, rosado

azuladas, con bandas amarillentas o naranjas) y tienen movimientos rápidos. Las anécicas y endógeas viven y se alimentan en el interior del suelo, aunque las anécicas migran a la superficie en busca de su alimento, son de medianas a grandes, parcialmente pigmentadas o no pigmentadas (blancas) y de movimientos lentos.

La mayoría de las especies lombrices presentes en Cuba son anécicas o endógeas en Nicaragua lombrices rojas californianas y lombrices epigeas, con función detritívora, pues consumen materia orgánica con alto grado de descomposición junto a material mineral del suelo. Pueden ser buenas indicadores ante situaciones como la contaminación por plaguicidas y metales pesados*, compactación, contenido de materia orgánica y condiciones hídricas en el medio edáfico. (Cabrera, 2014).

b. Phylum Mollusca.



Fuente: (Brunetti, 2003).

Abarca a babosas y caracoles, Talavera (2014), confirma que las babosas y los caracoles presentan una cabeza diferenciada, con tentáculos en cuyos extremos se encuentran los ojos, y un pie musculoso, en contacto con el suelo que les sirve para la locomoción. A diferencia de los caracoles, las babosas no tienen concha y el cuerpo es húmedo, envuelto en una sustancia gelatinosa que segregan y ayuda en el movimiento. Los caracoles tienen el cuerpo cubierto con una concha rica en carbonato de calcio, de forma oval o cónica. En esta concha se recoge el animal y le sirve de protección contra los depredadores y la desecación.

Las babosas y la mayoría de los caracoles viven entre la hojarasca y son detritívoros que se alimentan de materia orgánica no viva de origen animal y vegetal. No obstante, las babosas pueden consumir material vegetal vivo y dañar en ocasiones los cultivos. Algunos caracoles son carnívoros y actúan como depredadores de otros invertebrados del suelo. Los caracoles y las babosas prefieren hábitats que proporcionen refugio y humedad adecuada, necesaria para la realización de procesos como la alimentación, la reproducción y la locomoción.

c. Phylum Arthropoda.



Fuente: (Chapman, 2009).

Este Phylum es el más grande ya que abarca las clases como, Ortópteros (saltamontes y grillos), Dípteros (moscas y mosquitos), Antenados mandibulados (con antenas y apéndices masticadores), Crustáceos de cuerpo alargado. (Bogavante, cigalas, gambas, langosta y langostino), Chilopoda. (Ciempiés), Diplopoda (Milpiés) y los de la clase Insecta, los insectos son los organismos con mayor diversificación dentro de los artrópodos, dado que su tamaño varía desde el microscópico hasta el macroscópico y sus hábitos y ciclos de vida, por su diversidad, constituyen un gran reto para clasificarlos. Entre las características más representativas de los insectos que se han tomado en cuenta para la descripción de la clase, aunque existan excepciones, está el que su organización corporal presenta tres regiones: cabeza, en la cual se localizan los principales órganos de los sentidos (ojos, antenas táctiles), así como los apéndices bucales que están adaptados, según la especie, para prensa, lamer, chupar, succionar, o masticar los alimentos; el tórax, que está formado por tres segmentos, articula en la región ventral los tres pares de apéndices locomotores y dorsalmente, cuando existen los órganos de vuelo, las alas, que están articuladas sobre los segmentos segundo y tercero del tórax, y el abdomen, formado por 11 segmentos, en los que no existen apéndices, aunque cuando los tienen éstas actúan como estructuras reproductoras.

Ejemplos de insectos son: piojo común (*Pediculus humanus*), termita (*Reticulotermis flavipens*), libélula (*Aeschna juncea*), mosca común (*Musca domestica*), mariposa monarca (*Danaus Plexxipus*), escarabajo (*Geotrupes stercolarius*), abeja (*Apis mellifera*), cucaracha (*Stylopyga orientalis*). (Quiroga & Peniche, 1985).

Y finaliza Salgado, (2014), describiendo que las cochinillas tienen cuerpo con coloración de gris a negro, aplanado, segmentado y dividido en cabeza, tórax y abdomen; aunque el tórax y el abdomen tienen el mismo ancho, por lo que ambas regiones no se diferencian claramente. Cabeza fusionada con los primeros segmentos torácicos y provistos de dos pares de antenas que actúan como órganos sensoriales, el primer par muy corto, no distinguible y el segundo bien desarrollado. Los segmentos torácicos y abdominales tienden a proyectarse lateralmente. Presentan, por lo general, siete pares de patas y tienen una estructura final llamada telson*, fusionada casi siempre al último segmento abdominal. Cuando le amenaza un depredador, como modo de protección, algunas especies se enroscan formando una bola.

Los isópodos o cochinillas se alimentan de material vegetal muerto, por lo que ayudan en la descomposición de la hojarasca, y en algunas situaciones pueden ingerir excrementos, restos animales y material vegetal vivo. La mayoría son altamente susceptibles a la pérdida de agua, debido a lo cual están restringidos a hábitats húmedos. Por su permanencia en la superficie del suelo, pueden ser afectados por el intenso laboreo y la adición de plaguicidas, fundamentalmente.

Artrópodos

Según Inamagua, (2018), son animales que ya presentan su cuerpo dividido en cabeza, tórax, abdomen y patas articuladas.

Tabla 1. Características y funciones de la clase arthropoda.

Invertebrados	Características	Funciones vitales	Clasificación
Insectos (Insecta)	Los insectos tienen el cuerpo dividido en tres partes: cabeza, tórax y abdomen. Los insectos es que poseen tres pares de patas (6 patas) la mayoría posee alas y puede volar (son los únicos invertebrados que vuelan activamente).	Los insectos se pueden reproducir por anfibio o reproducción sexual. Los insectos de cualquier sustancia alimenticia orgánica especie tiene hábitos alimenticios distintos	-Odonatos (libélulas caballitos del diablo) -Ortópteros (saltamontes y grillos) -Dípteros (moscas y mosquitos)
Arácnidos	Los arácnidos son un grupo de invertebrados artrópodos, es decir, que tienen el cuerpo y las patas articuladas los arácnidos tienen 4 pares de patas, carecen de antenas y, sin embargo, tienen apéndices bucales en forma de pinzas para sujetar la comida	Hacen una digestión previa antes de ingerir presa. Los machos, generalmente más pequeños que las hembras. Los pulmones son órganos respiratorios arañas, escorpiones y otros arácnidos utilizan para el intercambio de gases atmosféricos formados por una serie de cavidades de del sistema respiratorio del animal.	-Quelicerados (con apéndices cefálicos transformados en quelíceros) -Antenados mandibulados (con antenas y apéndices masticadores) -Trilobites (ya extinguidos)
Crustáceos	Fundamentalmente acuáticos Tienen 2 pares de antenas y 10 patas. Cuerpo cubierto por caparazones. Cuerpo dividido en 2 segmentos: cefalotórax y abdomen. Gran variedad de formas: cangrejos, langostas, cochinillas, etc.	Posee 5 pares de apéndices El tórax posee un número Variable de segmentos Estómago dividido en dos partes, un intestino que recibe canales de una glándula digestiva una parte final donde se forman las excreciones Respiración branquial, que cuentan con 5 pares de antenas y un número variable de apéndices y que están cubiertos por caparazón generalmente calcificado. Reproducción ovípara. Se alimentan de los microorganismos y de algas que están suspendidos en el agua.	-Crustáceos de cuerpo alargado. (Bogavante, cigalas, gambas, langosta y langostino). -Crustáceos de cuerpo cortó. (Cangrejo de mar, buey de mar, centollo, nécora y percebe).
Miriápodos	Etimológicamente: miriápodo = muchos pies.	Los miriápodos son dioicos (sexos separados) ovíparos.	-Chilopoda. ciempiés -Diplopoda. milpiés -Pauropoda. paurópodos

	<p>Su cuerpo está dividido en segmentos.</p> <p>Hay varios tipos: ciempiés si en cada segmento sale 1 pata por cada lado. Milpiés si de cada segmento salen 2 patas por cada lado.</p>	<p>La mayoría de los miriápodos son lucífidos (huyen de la luz) e higrófilos (buscan humedad).</p> <p>Las piezas bucales de los quilópodos formadas por un par de mandíbulas y dos de maxilas.</p> <p>Órgano de Tömösvary. Se piensa que es un órgano sensorial pero no se sabe con certeza.</p>	-Symphyla. sínfilos
Moluscos	<p>Tienen el cuerpo blando y sin formar anillos. Pueden tener concha con una o dos valvas, producidas por el manto. Se mueven por un pie muscular de diversas formas, Respiran por pulmones o por branquias. Son ovíparos</p>	<p>Tiene un aparato digestivo más complejo con glándulas salivales, esófago, estómago, intestino y ano dorsal.</p>	<p>-Gasterópodos (caracol, babosa)</p> <p>-Bivalvos (Agua salada: mejillón, ostra, almeja, navaja, berberecho. Agua dulce: Almeja o mejillón de río)</p> <p>-Cefalópodos (8 tentáculos: pulpo, 10 tentáculos: calamar)</p>
Equinodermos	<p>Son animales con simetría radial, es decir, que las partes del cuerpo están situadas alrededor de un centro. Son marinos. Tienen forma estrellada o esférica. Su cuerpo está cubierto de un esqueleto formado por placas, con púas. Tienen pies ambulacrales (Aparato circulatorio y locomotor a la vez, e incluso respiratorio).</p>	<p>El movimiento es lento pero muy poderoso.</p> <p>Respiración: en este nivel es cutánea.</p> <p>Donde se efectúa el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono. Sensibilidad: donde hay mayor concentración de células sensoriales.</p> <p>La digestión suele ser interna, pero algunos grupos de estrellas evaginan el estómago y hacen una digestión externa más o menos rá.</p> <p>El alimento es almacenado en los cecos gástricos.</p>	<p>-Asteroideos (estrella de mar posee disco central)</p> <p>-Ofiuroideos (disco central y cinco brazos que salen de él)</p> <p>-Equinoideos (erizos de mar)</p> <p>-Holoturoideos (pepinos de mar)</p>

Fuente: (Cabrera, 2014).

5.9. La Macro fauna.

La macro fauna es el grupo de organismos de mayor tamaño, entre 2 y 20 mm. Comprende una gran variedad de organismos que viven en la superficie del suelo, en los espacios del suelo (poros) y en la zona del suelo cerca de las raíces; está integrado por formícidos (hormigas), isópodos (bicho bolita), isóptera (termitas), quilópodos (ciempiés), diplopodos (milpiés), insectos (adultos y larvas), oligoquetos (lombrices) y moluscos (caracoles y babosas) (Narvaez, 2013).

Según Ruano, (2014), la macro fauna constituye uno de los factores formadores del suelo, interviniendo en los ciclos de los nutrientes, en la regulación de la dinámica de la materia orgánica, secuestro de carbono y la regulación de gases de invernadero, Sin embargo, todos los beneficios se ven disminuidos por la aplicación de prácticas inadecuadas que son generados por esquemas tradicionales de monocultivos, el uso de implementos inapropiados y excesivo número de laboreo para preparar el suelo, sin tener en cuenta prácticas de conservación, lo que acelera procesos de erosión y degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas.

La macro fauna también es conocida como los ingenieros del suelo o del ecosistema constituyen una clasificación relacionada especialmente con los cambios físicos que provocan en el medio edáfico. Los ingenieros existen mayormente en el interior del suelo y son responsables de la formación de poros, de la oxigenación y de la infiltración de agua, producto de las redes de galerías que construyen.

Zerbino, (2005), indica que la mayoría de ellos tienen un ciclo biológico largo, estos grandes invertebrados se mueven libremente, pueden cavar el suelo y crear grandes poros. Las actividades físicas (mezcla del mantillo con el suelo, construcción de estructuras y galerías, agregación del suelo), así como sus actividades metabólicas (utilización de fuentes orgánicas disponibles, desarrollo de relaciones mutualistas y antagonistas), afectan muchos procesos del suelo.

Entre éstos, mejoran la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes en la rizosfera, modifican sustancialmente la estructura del suelo a través de la formación de macro poros y agregados, lo que afecta la tasa de infiltración y de aireación. Estos procesos mejoran las propiedades funcionales del suelo, promoviendo el crecimiento de las plantas, mejorando la distribución del agua en el perfil y disminuyendo la contaminación ambiental.

5.9.1. Grupos funcionales de la macro fauna.

Muchos organismos de la macro fauna son importantes en la transformación de las propiedades del suelo, entre ellos: las lombrices de tierra (Anélida: Oligochaeta), las termitas (Insecta: Isóptera) y las hormigas (Insecta: Himenóptera: Formicidae), que actúan como ingenieros del ecosistema en la formación de poros, la infiltración de agua y la humificación y mineralización de la materia orgánica. Otra parte de los macro invertebrados intervienen en la trituración de los restos vegetales

(e.g. Coleóptera, Diplopodos, Isópoda, Gastropoda) y algunos funcionan como depredadores de animales vivos de la macrofauna y la meso fauna edáfica (e.g. Araneae, Chilopoda).

Continúa explicando que los de función detritívora, representados fundamentalmente por los diplopodos (milpiés), isópodos (cochinillas), algunos coleópteros (escarabajos) y gasterópodos (caracoles), pueden ser utilizados para indicar el estado de perturbación en el medio edáfico.

Según la FAO, (2015), para reducir la innata complejidad de la trama trófica del suelo han sido propuestas distintas clasificaciones de grupos funcionales. Una de ellas, es la que divide a la macro fauna del suelo de acuerdo al comportamiento alimenticio. Los herbívoros se alimentan de las partes vivas de las plantas, los depredadores de animales vivos y los detritívoros de la materia orgánica no viva de origen animal y vegetal, de los microorganismos asociados, de heces de vertebrados e invertebrados, así como también de compuestos producto del metabolismo de otros organismos, (Ruiz, 2015).

A. Los herbívoros:

Entre el 40 y 90% de la producción primaria neta corresponde a las partes subterráneas de las plantas y una alta proporción de la misma es consumida por los invertebrados herbívoros que habitan el suelo, los cuales en su mayoría son insectos. Algunas especies fitófagas del Orden Coleóptera (escarabajos) son consistentes componentes de las comunidades; una cantidad de individuos viven en la superficie y con vegetación baja, mientras que otros son verdaderos cavadores durante toda o parte de su ciclo de vida.

Sobre los herbívoros Zerbino, (2005), explica que la familia *Gryllidae* del Orden Ortóptera (saltamontes, grillos, langostas) se caracteriza porque sus integrantes tienen alimentación omnívora. Son habitantes de áreas con vegetación rastrera. Son eficientes cavadores, las ninfas y los adultos abren galerías en el suelo, formando montículos de tierra en la superficie. En las galerías almacenan material verde y permanecen durante el día; a la noche salen a la superficie a cortar hojas. Están presentes en gramíneas y leguminosas forrajeras y en cultivos en sistemas de siembra directa.

B. Detritívoros:

Este grupo pertenecen un amplio rango de grupos taxonómicos; los más importantes son: Oligochaeta (lombriz de tierra), Diplopodos (milpiés), Isópoda, e insectos pertenecientes a los

órdenes Coleóptera (gorgojos, carcomas, barrenillos, mariquitas, sanjuaneros, aceiteros, cucarrones), Dictióptera (cucarachas, mantis), Díptera (moscas, mosquitos, tábanos) e Isóptera (termitas, comejenes).

C. Depredadores:

Este grupo funcional está integrado por individuos pertenecientes a las clases Arácnida (arañas, garrapatas, escorpiones, ácaros), Chilopoda (ciempiés), Hemíptera e Himenóptera (abejorros, abejas y avispas). Los integrantes del Orden Aranae (arañas) pueden representar la mitad de los depredadores de un agro ecosistema. (Ponce, 2014).

Son tan eficientes, que los cambios en la densidad afectan a las poblaciones de organismos considerados plaga. Las principales presas son fundamentalmente insectos y otros artrópodos pequeños. En la tabla 1 se detallan los macro invertebrados que se encuentran con mayor frecuencia en el suelo. (Noguera, 2014). En las áreas de Punta Tumbé que se utilizan para cultivos o la ganadería, se evidencia el abuso de algunos químicos sintéticos (que se aplican en la ganadería para el control de parásitos externos e internos), desde hace tiempo viene afectando a la macrofauna, una especie que se está eliminando por estos productos químicos es el escarabajo pelotero, los residuos de ivermectina en las heces, es un veneno que acaba con ellos.

5.9.2. Roll de la macro fauna.

Ruiz, (2015), afirma que los invertebrados pueden ser considerados como indicadores de la calidad del suelo debido a que su diversidad, su número y sus funciones son sensibles al estrés y al cambio ambiental en las condiciones del suelo, asociados a la labranza, la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, las quemadas, la tala y otras actividades realizadas en los sistemas de cultivo.

Desempeñan un papel clave en los procesos que determinan la fertilidad y la estructura física del suelo, los microorganismos están involucrados en la conservación y ciclaje de nutrientes, la alta sensibilidad de muchos factores que interfieren en el suelo, es decir las actividades antropogénicas, causan los impactos lo que significa que a través de las prácticas van perdiendo estabilidad en sus funciones y ciclaje de nutrientes.

Desde el punto de vista biológico, en la evaluación del estado de conservación/perturbación del suelo y del ecosistema se puede tomar en cuenta la macro fauna edáfica. Ellos viven y se alimentan en la superficie del suelo, con lo que ayudan en el fraccionamiento de la hojarasca y, por ende, en los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica. Esta comunidad detritívora, una de las más expuestas en dicha superficie, es muy sensible a los cambios bruscos de humedad y temperatura, por lo que tienden a desaparecer ante estas condiciones de estrés. (Noguera, 2014).

5.9.3. La macro fauna como indicador biológico.

Sánchez, (2008), corrobora que estos indicadores constituyen índices o relaciones entre diferentes tipos de organismos de la macrofauna, incluso entre grupos con diferente función ecológica, que reflejan el estado de salud, calidad o fertilidad del suelo. Ellos son: [Número de individuos de organismos Detritívoros / Número de individuos de organismos No Detritívoros] y, [Número de individuos de Lombrices de tierra / Número de individuos de Hormigas]. A partir de la presencia de estos organismos se puede decir que son indicadores biológicos del suelo.

Un mayor número de individuos de organismos detritívoros o en particular de lombrices de tierra (numeradores en las relaciones) contra un menor número de individuos de organismos no detritívoros o en particular de hormigas (denominadores en las relaciones), mostrará como resultado de la división valores mayores que 1, lo que indicará sistemas con alta calidad del suelo. Al contrario, un menor número de individuos de organismos detritívoros o de lombrices contra un mayor número de individuos de organismos no detritívoros o de hormigas, mostrará como resultado de la división valores entre 0 y 1, lo que indicará sistemas con menor calidad del suelo.

5.9.4. Eliminación o Factores de pérdida de la macro fauna.

Las comunidades edáficas son altamente sensibles a los cambios ambientales, tanto a las condiciones climáticas como los resultantes de las prácticas agrícolas, viéndose alteradas tanto sus abundancias como la estructura y composición de sus comunidades.

La macro fauna responde a las prácticas de manejo del suelo (secuencia de cultivos, método de preparación del suelo, ingreso de materia orgánica fresca, etc.) en escalas de tiempo de meses o

años (como resultado de las perturbaciones físicas que se producen, de la distribución de los residuos y de las comunidades. (López, 2017).

Si bien los manejos orgánicos son más beneficiosos para los organismos, la magnitud de los efectos negativos de los manejos convencionales puede verse contrarrestados mediante el mantenimiento de unas condiciones ambientales favorables para la supervivencia de las especies que viven en la superficie del suelo (riegos regulares y una cubierta vegetal que evite el calentamiento y la evaporación excesiva en las capas más superficiales y, además aporte alimento a las comunidades descomponedores).

“Cuando el monte nativo se convierte en pastura, todos los predadores de tope del suelo, tales como las arañas y los escorpiones, desaparecen”. En ausencia de predadores, las poblaciones de termitas y de lombrices aumentan explosivamente. La cantidad de termitas en el suelo aumenta nueve veces. Y la de lombrices crece 14 veces.” (Moon , 2016).

Así bien también Barbosa, (2016), recapitula que los invertebrados y microorganismos están adaptados para vivir en un ambiente de leve acidez. Como por ejemplo en el cultivo de la caña de azúcar que requiere de un suelo alcalino, la agroindustria introduce cantidades grandes de caliza, aparte de fertilizantes, herbicidas y pesticidas. “Esto vuelve al suelo tóxico, especialmente para las lombrices”.

Otra cuestión que debe computarse es la pérdida de carbono del suelo, la acción la macro fauna como por ejemplo de las termitas y las hormigas hace que partículas de carbono queden encapsuladas en micro agregado de arcilla o de arena y permanezcan protegidas contra la descomposición por microorganismos.

En tanto, las lombrices estabilizan las partículas de carbono que pasan por su tracto digestivo y que quedan igualmente encapsuladas. La pérdida de la macro fauna pone en riesgo la estabilidad del suelo y su capacidad de almacenar carbono, aparte de contribuir a la liberación de carbono en la atmósfera.

Lopez, (2017), investigó que la humedad del suelo, el pH y la materia orgánica son las variables que regulan el tamaño de las poblaciones de organismos en los suelos de ambas regiones.

(Delgado , Burbano, & Parra, 2010), resalta que debido a la mayor parte del alimento orgánico que está a disposición de la macrofauna proviene de la capa vegetal y de otros animales que recubren el suelo, por lo cual la diversidad poblacional aumenta.

(Navia, 2003), plantea que teniendo en cuenta que la distribución de la macrofauna en el perfil del suelo está determinada por la humedad y la temperatura, que le brinda el contenido de materia orgánica donde La humedad es un factor esencial que determina el grado de actividad y la localización de las lombrices en los suelos, ya que son organismos de respiración cutánea y extraen del suelo el agua que ingieren.

El componente arbóreo influye positivamente en las comunidades de macrofauna de los diferentes estratos del suelo logrando ambientalmente la regulación del microclima, evitando que el suelo se sobrecaliente, aumentando los niveles de materia orgánica por la adición de hojarasca raíces y tallos, generando hábitats adecuados para el incremento de las poblaciones biológicas que son las encargadas de descomponer y transportar por los diferentes perfiles estos residuos (Delgado , Burbano, & Parra, 2010).

Por otro lado, se ha demostrado que las perturbaciones ocasionadas por cambios de usos, como la conversión del bosque a pastos o a sistemas silvopastoriles podrían modificar la composición de la macro fauna y afectar la probabilidad de recuperación del ecosistema original, (Escobar, 2017).

5.10. Parámetros de evaluación de la biodiversidad.

Castrillo, (2016), Afirma que la diversidad es una propiedad fenomenológica que pretende expresar la variedad de elementos distintos el desarrollo de una medida que permita expresar de manera clara y comparable la diversidad biológica presenta dificultades y limitaciones. No se trata simplemente de medir una variación de uno o varios elementos comunes, sino de cuantificar y ponderar cuantos elementos o grupos de elementos diferentes existen. Las medidas de diversidad existentes pues, no son más que modelos cuantitativos o semi cuantitativos de una realidad cualitativa con límites muy claros en cuanto a sus aplicaciones y alcances.

El desarrollo de un concepto matemático lógico y coherente para la modelación de la diversidad biológica a nivel específico y genético ha sido bastante explorado y presenta un cuerpo sintético y robusto. La modelación de la diversidad a nivel de ecosistemas es más reciente, y se ha visto beneficiada por los adelantos tecnológicos como los sistemas de información geográficos (SIG).

Las medidas de diversidad más sencillas consisten en índices matemáticos que expresan la cantidad de información y el grado de organización de la misma. Básicamente las expresiones métricas de diversidad tienen en cuenta tres aspectos:

5.10.1. Riqueza.

Según (Moreno, 2001), la riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. A continuación, los índices utilizados para medir la riqueza.

a) Índices de Shannon-Wiener (Shannon y Weaver, 1949), H'.

Centeno, (2009), explica que este índice se basa en la teoría de la información (mide el contenido de información por símbolo de un mensaje compuesto por S clases de símbolos discretos cuyas probabilidades de ocurrencia son π_i ...pS) y es probablemente el de empleo más frecuente en ecología de comunidades.

$$H = - \sum_{i=1}^s (\pi_i * \log_2 \pi_i)$$

H' = índice de Shannon-Wiener que, en un contexto ecológico, como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad 'extensa' de la que se conoce el número total de especies S. También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos.

Por lo tanto, H' = 0 cuando la muestra contenga solo una especie, y, H' será máxima cuando todas las especies S estén representadas por el mismo número de individuos n_i , es decir, que la comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativa (H' max, ver la sección siguiente). Este índice subestima la diversidad específica si la muestra es pequeña. En la ecuación original se utilizan logaritmos en base 2, las unidades se expresan como bits/ind., pero pueden emplearse otras bases como he (nits/ind.) o 10 (decits/ind.).

La precisión en la estimación del índice de Shannon-Wiener puede calcularse mediante la aproximación siguiente:

$$SDh = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^s n_i \log_2 n_i - \left(\sum_{i=1}^s n_i \log_2 n_i \right)^2}{n^2}}$$

SDH' = desviación estándar del índice de Shannon-Wiener.

La ecuación de H' se aplica para comunidades extensas donde se conocen todas las especies S y las abundancias proporcionales pi de todas ellas. En la práctica los parámetros son estimados.

$$H = - \sum_{i=1}^s \left\{ \left(\frac{n_i}{n} \right) * \log_2 \left(\frac{n_i}{n} \right) \right\}$$

Según Aguirre (2013), la interpretación del índice es 0 a 1.35 diversidad baja, 1.36 a 3.5 es media y de 3.5 a mas es diversidad alta.

b) Índice de Margalef.

$$Dmg = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S=k N$ donde k es constante (Magurran, 1998). Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida.

Usando $S-1$, en lugar de S, da DMg = 0 cuando hay una sola especie, de plantas presentes facilita su potencial como indicadores biológicos.

Moreno (2001), explica que los resultados del índice de Margalef con valores de 2.0 son considerados como zonas de baja biodiversidad en general resultados antropogénicas y valores superiores a 5.0 son considerados como de alta diversidad. Entre estos dos se diría que una biodiversidad media.

5.10.2. Abundancia.

Peet (1974), clasificó estos índices de abundancia en índices de equidad, aquellos que toman en cuenta el valor de importancia de cada especie, e índices de heterogeneidad, aquellos que además del valor de importancia de cada especie consideran también el número total de especies en la comunidad. Sin embargo, cualquiera de estos índices enfatiza ya sea el grado de dominancia o la equidad de la comunidad, por lo que para fines prácticos resulta mejor clasificarlos en índices de dominancia e índices de equidad.

c) Índice de Simpson.

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies, (Bartolomé, 2017).

También (Hurlbert, 1971), describe que el índice de Simpson se deriva de la teoría de probabilidades, y mide la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos ‘extracciones’ sucesivas al azar sin ‘reposición’. En principio esto constituye una propiedad opuesta a la diversidad, se plantea entonces el problema de elegir una transformación apropiada para obtener una cifra correlacionada positivamente con la diversidad:

$$SiD = 1 - \sum_{i=1}^s \pi^2 = 1 - Ds!$$

SiD = índice de diversidad de Simpson que indica la probabilidad de encontrar dos individuos de especies diferentes en dos ‘extracciones’ sucesivas al azar sin ‘reposición’. Este índice les da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras, tomando valores entre ‘0’ (baja diversidad) hasta un máximo de [1 - 1/S].

Los resultados se interpretan según Aguirre (2013), usando la siguiente escala de significancia entre 0 – 1 así: 0 a 0.33 es diversidad baja, 0.34 a 0.66 es media y de mayor de 0.67 es alta.

VI. Hipótesis o Preguntas directrices

Hi: La diversidad de la macro fauna del suelo del bosque intervenido en las tres partes alta, media y baja de “Punta Tumbé”, tienen similitud en la diversidad que presenta la macro fauna en bosque natural.

Ho: La diversidad de la macro fauna del suelo del bosque intervenido en las tres partes alta, media y baja de “Punta Tumbé”, no tienen similitud en la diversidad que presenta la macro fauna en bosque natural.

Ha: La diversidad de la macro fauna del suelo tiene la mayor presencia en las tres partes alta, media y baja de “Punta Tumbé” del bosque natural.

CAPITULO III

VII. Diseño Metodológico.

7.1. Área de estudio.

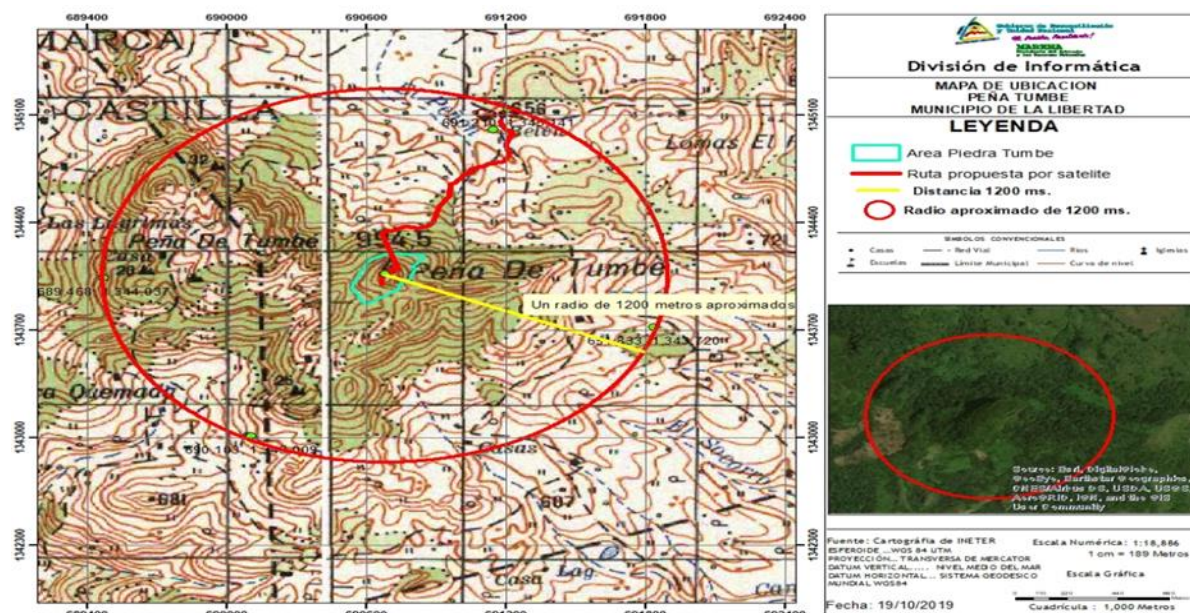
El estudio se ha realizado en el Cerro Punta Tumbé, correspondiente al municipio de la Libertad Chontales, siendo área de referencia perteneciente a la Reserva Natural Sierra Amerrisque, Según Vargas (2014) “Amerrique, por corrupción Amerrisque”.

La Libertad se encuentra a 175 Km de la capital Managua, las principales actividades económicas son de usos agrícolas, ganadería, minería artesanal e industrial, su población total es de 10.870 habitantes y su densidad poblacional es de 14 habitantes/km². Con un clima húmedo tropical, las precipitaciones anuales 1.200 y 2.000 mm cúbicos, temperatura promedio de entre 24 a 27 °C.

Parte de este municipio, forma parte de la Serranía Amerrique, la cual es un área protegida creada a través del Decreto número 42-91, Gaceta N° 207 con fecha 4 de noviembre de 1991. Teniendo en convergencia los siguientes departamentos y municipios: Chontales (San Pedro de Lóvago, Juigalpa, Cuapa, La Libertad y Comalapa), y Boaco (Camoapa).

Punta Tumbé, se encuentra en el km 158.5 carretera Juigalpa –La Libertad, la entrada principal es por la comunidad el Naranjal, a 6 km de la entrada principal se encuentra una finca llamada “Las Nubes”, a partir de esta finca se continua por senderos, 4 kilómetros en busca de la finca “África” que se encuentra casi en la cima del cerro, más 4 km hasta la cima, el recorrido total para llegar a punta tumbé es de 14 km de la entrada principal.

Mapa 1. Ubicación de cerro Tumbé



Fuente: (MARENA).

7.2. Tipo de investigación.

El estudio es descriptivo porque se caracteriza la macrofauna del área protegida en el bosque latifoliado intervenido y no intervenido del Cerro Punta Tumbé, se sustenta en la exploración y descripción del área de estudio seleccionada. Por lo que se considera la comprensión del proceso a través de la extracción de muestras el cual se realizará en dos fases: La primera consistirá en la parte de campo donde se extraerán las muestras de macro fauna del suelo, la segunda consistirá en la identificación, codificación y la realización de métodos para determinar las propiedades físico-químicas, del suelo, (Navarrete, 2016).

7.3. Variables a evaluar.

En esta investigación se determinará indicadores de diversidad de especies (abundancia y riqueza) y categoría taxonómica, de la macro fauna del suelo existente en los suelos de los bosques de “Punta tumbé”, a través del índice de Shannon, Simpson, propiedades físico-químico del suelo y método de monolitos para macro fauna.

- 1 Categoría taxonómica.
- 2 Diversidad o riqueza: Número de especies o taxones (Clase, Orden y Familia).
- 3 Abundancia: Número de individuos del mismo taxón presentes en ambas áreas.
- 4 Propiedades físico-químico del suelo.

Tabla 2: Identificación de unidades de muestreo.

Unidad fisionómica	Descripción
Parte alta	<p>Bosque Natural: Se caracteriza por una gran cubierta boscosa de Guanacaste, guácimo, jiñocuabo, guayabo, chilamate, madero negro, carao, cambrón etc. Además de una variedad de animales silvestres que se sustentan de árboles con frutos esenciales para su alimentación (monos, ardillas, aves entre otros). También se observa nacimiento de fuentes de agua que son de usos ganadero y habitacional (consumo humano).</p> <p>Uso actual en el área del bosque intervenido: El uso actual de esta zona es productiva, posee la infraestructura de los principales rubros de producción (ganadería mayor y menor) y producción agrícola.</p>
Parte media	<p>El bosque natural también se caracteriza con un área no impactada y posee una gran variedad de árboles de gran altura., mientras que en la parte de bosque intervenido se evidencian los usos agrícola y ganadero, se caracteriza por áreas poco boscosa y no se evidencia mucho la circulación de animales silvestres.</p>
Zona baja	<p>Uso Actual: en el área de bosque natural se evidencian los animales silvestres en su habitad, bosque intervenido en esta la parte se identifican los pastizales y se destacan por tener poca cobertura vegetal.</p> <p>Pasto Mombaza, (El pasto no es establecido con sistema silvopastoril)</p> <p>Área de frutales: Limón, Aguacate, Paste, Naranja, Granadilla, Mandarina y Ayote.</p>

Fuente: (Elaboración propia de los autores).

7.4. Descripción del diseño de campo.

Se realizó un muestreo por conveniencia, zonificándola en tres partes (alta, media y baja), cada parte dividida en bosque natural y bosque intervenido, aplicando la metodología TBSF (Tropical Soil Biology and Fertility). Con 7 monolitos de suelo en cada parte, dando con un total de 42 monolitos, a su vez dividiéndolos en 3 estratos (0-10, 10-20 y 20-30 cm). También se realizó 1 calicata por cada parte bosque natural y bosque intervenido, para la descripción de las propiedades físico-químicas, sumado a esto se tomaron cuatro muestras al azar de suelo para la realización de laboratorios físicos y químicos.

7.5. Técnicas o instrumentos de recolección de datos.

Se realizó a través de las siguientes técnicas:

Monolitos.

Es una herramienta que permite la observación de las características del suelo y a la vez extracción de muestras de macrofauna edáfica para caracterización biológica del suelo, tiene forma cuadrática con dimensiones de 25x25 cm cuadrados y 30 cm de profundidad partiendo la muestra de 0 cm hasta llegar a 30 cm de profundidad. (Bautista , 2011).

Figura 1: Monolito del tipo “TSBF”.



Fuente: (Francisco Bautista).

1. Localizar puntos de muestreo a una distancia mínima de 5 m entre ellos, a lo largo de un transepto con origen al azar.

2. Ubicar el marco de muestreo 25 x 25cm x y 30 cm de profundidad. Remover rápidamente la hojarasca de dentro del marco y pasar para una bolsa plástica, cerrar inmediatamente y guardar para su posterior clasificación.
3. El monolito se sacó del suelo usando una pala y procurando una mínima disturbación, pasar esa primera profundidad a una bolsa marcada y cerrar. Se dividirá por 3 estratos (0-10, 10-20, 20-30 cm).
4. La colecta se realizó de manera manual directa con pinceles, pinzas, frascos y tubos.
5. Se colocaron en vasos esterilizados con alcohol al 70 % y rotulados.
6. Las pinzas de acero cromado o inoxidable son las herramientas más útiles para manejar insectos.
7. Los frascos y tubos son útiles en todo el proceso de recolección y preservación del insecto. Sirven para capturar, transportar y almacenar insectos. Los más utilizados son de 50 a 100 ml para muestras pequeñas o medianas y de 250-500 ml para las muestras grandes.

Para la caracterización del suelo, flora y fauna se efectuó a través de la observación directa, ya que no se cuenta con una información previa del sitio en estudio, por lo cual es necesario recolectar información más precisa de flora y fauna.

También se realizaron Trampas “pit-fall” o de pozo seco que Consiste en un bote plástico con perforaciones pequeñas en el fondo (para evitar que se acumule el agua), el cual, se entierra en el suelo hasta que el borde superior quede al mismo nivel del piso, de tal forma que los insectos caminadores como escarabajos u hormigas, caigan al azar durante sus recorridos (Palacio, 2011).

Figura 2: Trampa “Pit-fall”.



Fuente: (Sanzano,2001).

Los recipientes que se ocuparon para la trampa normalmente de 500 ml de capacidad, pueden ser de plástico, aluminio (preferentemente) o de vidrio y deben estar al nivel de la superficie del suelo u hojarasca. También se recomienda perturbar lo mínimo posible el suelo al enterrar el recipiente. Después de la instalación, se espero un día para iniciar la recolección de los insectos, para evitar posibles influencias de la perturbación. El líquido conservador puede ser una mezcla de soluciones acuosas incluyendo formol o alcohol y debe incluir siempre algunas gotas de detergente casero con el fin de romper la tensión superficial para que los invertebrados se hundan en el líquido. La cobertura de la trampa es importante para evitar que la lluvia diluya o haga traspasar el líquido conservante. Por lo cual se le colocó un techado de plástico para evitar el rebose por las lluvias, una vez agotado el tiempo, se vacía el contenido de las trampas en un frasco, el cual, es llevado al laboratorio de campo donde se cambia el líquido conservador por alcohol al 70%, seguido de la identificación de los invertebrados colectados usando manuales, revista y guías entomológicas. (Gonzalez , 2011)

7.6. Parámetros utilizados en la colecta de macrofauna.

Núñez, (2001), para los monolitos se recolectaran todos los invertebrados presentes (se espera que sean mayormente lombrices con muy altas densidades de población). Para ello se depositó por partes (tener dos bolsas plásticas) la muestra de suelo y traslado progresivamente en otra bolsa plástica de izquierda a derecha, dispersándola sobre toda la superficie, si es necesario separar en sub-muestras en caso de complicaciones al extraer con pinzas los macro invertebrados, cada invertebrado se preservó en vasos (esterilizados) con alcohol al 70% todos debidamente enumerados y rotulados, por número de muestras y coordenadas si es necesario.

7.7. Procedimientos para la identificación de los especímenes recolectados en campo.

Una vez recolectados los macro invertebrados y rotulados en los vasos con alcohol al 70 %, se procedió a fotografiarlos uno a uno, para la identificación se tuvo en cuenta guías tituladas, guía para el estudio de macroinvertebrados, guía entomológica, de la misma manera se utilizaron manuales como el manual práctico sobre macrofauna edáfica, dos libros titulados introducción a la ciencia del suelo y el libro de biología II, por ultimo una revista llamada hipertónica Nicaragua de macrofauna edáfica. Cada invertebrado se identificará por orden familia y grupo taxonómico, para posteriormente ilustrarlo en el álbum que se presentará.

7.8. Análisis estadístico.

El procesamiento de los datos se llevará a cabo mediante la descripción detallada en una hoja de Microsoft Excel, con el fin de representar a través de tablas dinámicas la macrofauna encontrada en orden, familia y grupo funcional, no está demás decir que en otra hoja de Excel se cuantificara el número total de especies por áreas seleccionadas y llevar a cabo el conteo de individuos por cada uno de los niveles taxonómicos de interés

En cuanto a la biodiversidad de la macro fauna se calculará el Índice de diversidad de Shannon ($H' = -\sum p_i \log_2 p_i$), que expresara la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra; este asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Magurran, 1988), la densidad de individuos se obtendrá a partir del número de individuos por unidad muestreada. Para comparar los resultados de biodiversidad y abundancia en los dos lugares.

También a través del índice de diversidad de Simpson se indicará la probabilidad de encontrar dos individuos de especies diferentes en dos 'extracciones' sucesivas al azar sin 'reposición'. Este índice da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras, tomando valores entre '0' (baja diversidad) hasta un máximo de $[1 - 1/S]$.

Por otro lado, el índice de Margalef se utilizará para determinar la riqueza específica de especies, el cual menciona que un índice con valores menores a 2.00 denotan baja en riqueza de especies, por el contrario, valores superiores entre 2 y 3: son altos en riqueza de especies en un determinado lugar.

CAPITULO IV

VIII. Análisis y discusión de resultados.

Cerro Punta Tumbé se caracteriza por la clasificación de zona de vida de Holdridge, de clima sub húmedo tropical, aunque permanecen considerables extractos de bosques, acorralados por el despale y pastizales para el ganado, así como la agricultura. Ante los imponentes 994 msnm que tiene, iniciar el recorrido es muy impresionante ya que es un destino poco conocido y con mucho por explorar.

Dicho lugar se caracteriza por ser un área que aún conserva vida silvestre (flora y fauna), la flora alberga en este caso árboles como Guácimo, Sincoya, Guanacaste, Madero Negro, igualtil, Roble, Jenízaro, Laurel, Ceiba, Espavel u otras especies maderables y frutales donde se refugian aves como oropéndolas, urracas, loras, chocoyos, palomas. Anfibios como la rana fecha roja u ojos rojos, mamíferos como el leoncillo yaguarundí, zorro espín y 3 tipos de monos, así como también más de 10 especies de mariposas.

Con la presencia de estas especies arbóreas y animales se demuestra que el ecosistema en las áreas de bosque aun es de buena calidad, ya que alberga biodiversidad en flora y fauna. Y se mantienen acorralados por el despale y pastizales para el ganado, así como la agricultura, (Fuente: elaboración propia de los autores).

El área de Tumbé, está rodeada de 13 casas, cuyos materiales mayoritariamente son de zinc, y de madera (tablas), con un promedio de 3 habitantes por casa, específicamente en la comunidad existe una población de 8 niños, 26 hombres y 20 Mujeres, no cuentan con un puesto de salud, en algunas ocasiones llegan brigadas médicas comunitarias, sin embargo, siempre acuden a los centros de salud más cercano (Centro de salud de La Libertad). Cuenta con escuela de primaria, con una matrícula mínima, modalidad matutina, escuela Rafaela Herrera, ubicada en el sector Miravalles, destacando que esta es la más cercana para que los niños puedan ir a sus estudios, algunos niños llegan en caballo y la mayoría hacen sus recorridos a pie, (Fuente: elaboración propia de los autores).

En áreas de bosque predomina el tipo de bosque latifoliado cerrado (bosque nativo) y en de bosque intervenido predominan bosque latifoliado abierto, de estos nacen ojos de agua, pero en la parte

de intervenida algunas quebradas están expuestas a la contaminación por el ganado, a esto se le agrega también el despale y usos de agroquímicos. Es importante destacar que algunos ojos de agua se abastecen las familias ya que no tiene pozos, (Fuente: elaboración propia de los autores).

En la zona la mayor parte de las familias se dedican a la práctica de la agricultura y la ganadería, se practican con anterioridad la preparación de terrenos con el despale y quemas ya que esto es muy común para una mejor producción de granos básicos para el sustento de las familias, lo que más se cultiva es maíz, frijoles, yuca, quequisques, malanga, y ayote. Estos granos básicos los producen en el caso del frijol, se hace el despale y se riega en el área, no es siembra directa, el maíz se siembra directamente en el área preparada, se argumentaba que producen sus granos básicos porque la distancia para salir a comprar sus alimentos es demasiado larga, ya que el lugar más cercano es el municipio de La Libertad.

La ganadería ha convertido áreas que anteriormente eran boscosas o selváticas, dando lugar a grandes extensiones dedicadas a pastizales para alimentar el ganado, los finqueros tienen razas de ganados pardos, suizos y criollos. Según los recolectores de leche, se producen aproximadamente entre 200 a 350 galones de leche por día en conjunto con todas las fincas, la leche se vende a una empresa láctea de la ciudad de Juigalpa, la ruta recolectora de leche hace su recorrido desde las 7:30 am hasta las 10:00 am.

8.1. Características de la macro fauna encontrada.

La macro fauna encontrada fue de 10 grupos de órdenes, 18 familias, con un total de 841 individuos. La abundancia de la macro fauna en el área fue más sobresaliente en la parte alta del bosque natural, donde el porcentaje de las Crassiclitellata están con el número más elevado, así bien luego se encuentran los isópodos y los hemípteros, mientras que en la parte intervenida es más baja. Es importante destacar que la macro fauna se encuentra en mayor cantidad en los primeros extractos de suelo, 0-10 cm y 10-20 cm, donde en contraste con Rendón (2011) en un estudio sobre los macro invertebrados como indicadores de la calidad del suelo, demuestra que el mayor número de macro invertebrados fue similar en los primero estratos de 0 a 10cm con un 87% del total de individuos recolectado.

Gráfico 1. Orden de especies parte alta BN

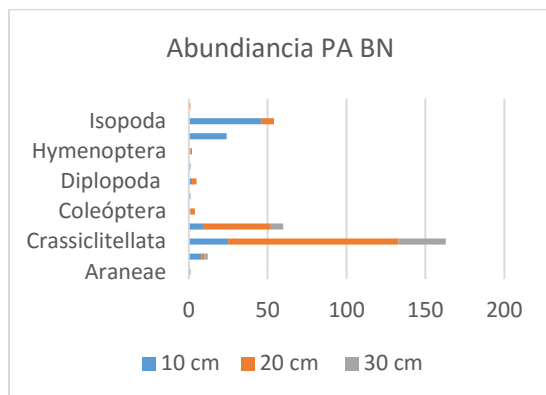
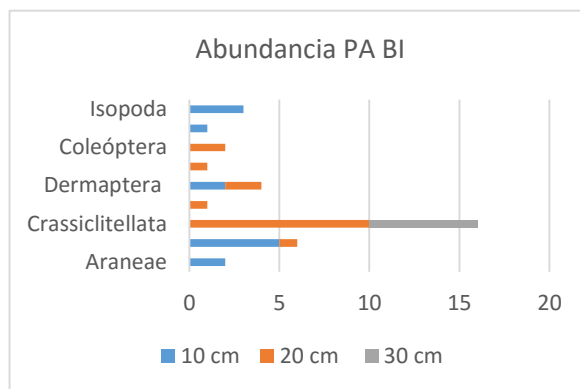


Gráfico 2. Orden de especies parte alta BI



Cabrera (2012), explica que las lombrices (Crassicitellata) están encargadas de la formación de poros, la infiltración del agua y la humificación, y en este caso los isópodos según Martínez, Pérez, & Espindola (2014), explican que juegan un papel fundamental en el reciclaje de nutrientes. Moran (2015) nos confirma en el estudio de la diversidad de macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de moringa olifeira, que la presencia mayor de las crassicitellata es por la humedad presente en el suelo y en cuanto a la cantidad de los primeros extractos se debe al tipo de vegetación que hay.

En la parte media al realizar las comparaciones pertinentes se encontró que los órdenes más numerosos son también las Crassicitellata y los Isópoda, siendo el tercero los Dermaptera. Los, Hymenoptera y Coleópteros se encontraron a partir de los 20 cm, todos estos en la parte de bosque natural, así mismo en la parte de bosque intervenido se evidencian entre los 10 y 20cm los Isópoda, Crassicitellata, Coleópteros y Blattodea en porcentajes no superiores a los de bosque natural, indicando la perturbación en esta parte, una de las más afectadas por las actividades de producción.

Gráfico 3. Orden de especie parte media BN

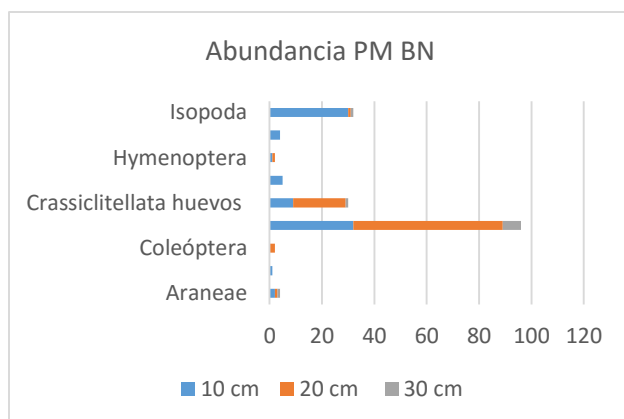
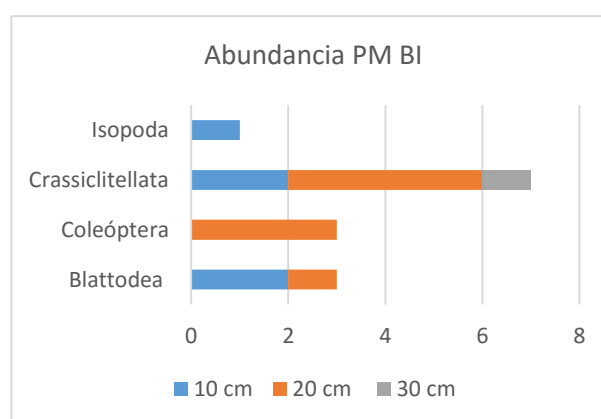


Gráfico 4. Orden de especie parte media BI



Los motivos de esta alteración en el bosque intervenido son resultado de la presencia de la ganadería que ha vuelto el suelo muy vulnerable y al estar compacto, no permite el desarrollo de la macrofauna como tal, expuesto entre pocas hierbas y al sol en su totalidad. Cabe destacar que se ha confirmado que la ganadería influye mucho en el desequilibrio en la estructura del suelo. Siavosh, (2015), al referirse a las condiciones del suelo comenta “la fauna necesita un medio bien aireado para su crecimiento activo, no pudiendo soportar los suelos inundados ni los compactados por el pisoteo de ganado”.

La parte baja en cuanto a bosque natural y bosque intervenido se demuestra que existen más especies de macrofauna en los primeros extratos de suelo de 0-10, 10-20, donde en el bosque natural predominan los Isopodos, Hymenoptera, Blattodea. En la parte de bosque intervenido se encontró un porcentaje mínimo de estos mismos grupos apenas en los primeros centímetros.

Gráfico 5. Orden de especie parte baja BN

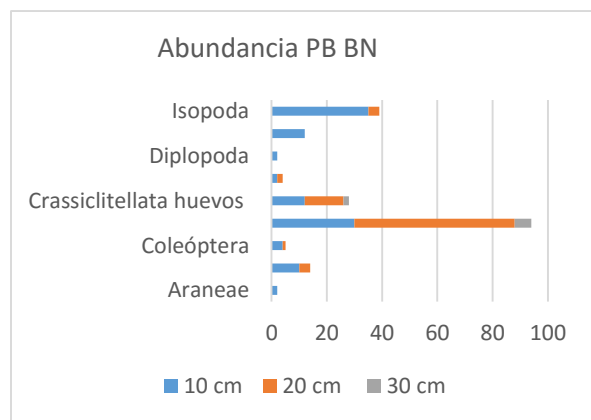
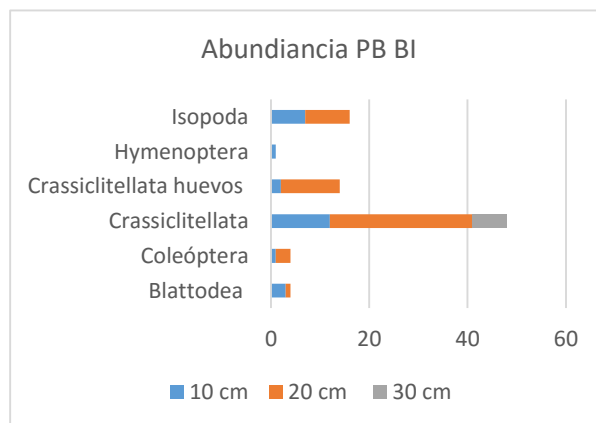


Gráfico 6. Orden de especie parte BI



Cabe destacar que en la parte media del bosque natural y en la parte baja en ambos bosques hay bastante producción de huevos de lombrices en la parte interna, y esto se debe a que según (Ibañez, 2011), las lombrices ingieren partículas del suelo y materia orgánica, en lugares que tienen humedad. Podemos deducir que este gran número de huevos se debe a la presencia de materia orgánica que se encontró en Cerro punta tumba, de igual manera la humedad está presente incluso en verano por ser una zona con gran altitud y mucho viento.

En síntesis, comparando la abundancia de especies entre bosque natural e intervenido es muy significativa, en los bosques naturales se señala que existe más abundancia de ordenes con un 47% en la parte alta, 25% en la parte media y el 28 % en la parte baja mientras que en la zona intervenida se presenta un 26 % en la parte alta, 10 % en la parte media y un 64 % en la parte baja. Se destacan más las ordenes Crassiditellata, Isópoda, Coleóptera y Blattodea en el bosque natural de las tres partes, indicando que aun el bosque es óptimo para la reproducción de estos, así bien solo la parte media del bosque intervenido presento el número más bajo de individuos.

Grafico 7. Análisis comparativo de especies en BN

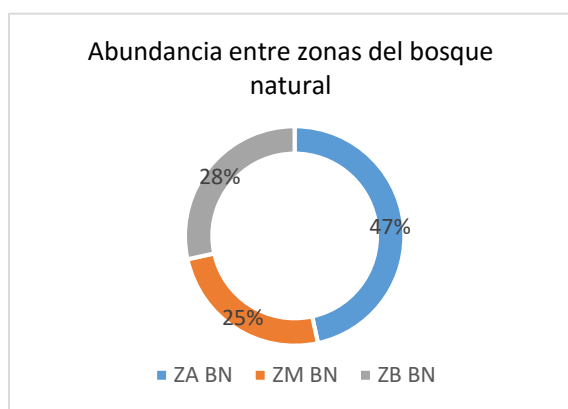
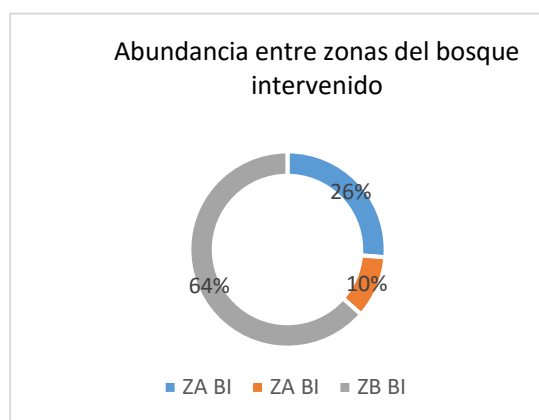


Gráfico 8. Análisis comparativo de especies en BI



8.2. Caracterización física del suelo.

Durante la realización de las calicatas en las partes de bosque natural (alta, media y baja), se logró encontrar especies de lombrices, hormigas y tijeretas, con la presencia de estos macroinvertebrados se confirma que son las encargadas de la formación de poros, la infiltración del agua y la humificación del suelo. Las coloraciones cálidas, rojos, y anaranjados, lo que nos lleva a deducir que estos suelos son de buen drenaje. (Ibáñez, 2006).

Los horizontes encontrados fueron: H: 1 cm, A: 34 cm, B: 23 cm, C: 66 cm, y D: roca madre, el horizonte H: determina el material orgánico, formadas por acumulación de material orgánico no descompuesto o parcialmente descompuesto en la superficie del suelo, que pueden estar bajo agua, todos los horizontes H están saturados con agua en periodos prolongados o estuvieron saturados y ahora están drenados superficialmente.

Figura 3. *Realización de calicatas, parte alta*



Los horizontes encontrados fueron: H: 1 cm, A: 34 cm, B: 23 cm, C: 66 cm, y D: roca madre, el horizonte H: determina el material orgánico, formadas por acumulación de material orgánico no descompuesto o parcialmente descompuesto en la superficie del suelo, que pueden estar bajo agua, todos los horizontes H están saturados con agua en periodos prolongados o estuvieron saturados y ahora están drenados superficialmente.

Horizonte A: estos son horizontes minerales que se formaron en la superficie del suelo o por debajo de un horizonte O, en el que toda o parte de la estructura de la roca original ha sido desintegrada y están caracterizados por acumulación de materia orgánica humificada, íntimamente mezclada con la fracción mineral y que no despliega propiedades características de los horizontes E o B.

Horizonte B: este indica que los tipos de horizontes B son, o lo fueron originalmente, horizontes superficiales. Se incluyen como horizontes B las capas de concentración aluvial de carbonatos, yeso, o sílice que son resultado de procesos pedogenéticos (estas capas pueden o no estar cementadas) y capas quebradizas que tengan otra evidencia de alteración, tal como estructura prismática o acumulación aluvial de arcilla, (Yáñez, 2016).

Horizonte C: en este caso excluyendo la roca dura de base, que están poco afectados por procesos pedogenéticos y no tienen propiedades de un horizonte H, O, A, E, o B. La mayoría son capas minerales, pero se incluyen algunas capas silíceas y calcáreas tales como conchillas, corales y

tierras diatomeas, las raíces de las plantas pueden penetrar en este horizonte, lo que proporciona un medio de crecimiento importante.

En las partes alta, media y baja de los bosques intervenidos, se realizaron las calicatas únicamente de la parte alta se encontró hormigas, y lombrices, debido a la humedad en esta área, mientras que en la parte media lo cual indica que no existe húmeda, materia orgánica ni humificación, debido al uso del suelo para la ganadería y agricultura tradicional. Mientras a los horizontes identificados, solamente se encontró la cantidad de 1cm del horizonte H: entonces se valora que no existe gran cantidad de material orgánico, que son formadas por acumulación de material orgánico no descompuesto. Aunque se encontró cantidades significativas de horizontes A: 11 cm, B: 16 cm y C: 25 cm.



Figura 4. *Calicata parte media, bosque intervenido*

Recapitulando de las evidencias anteriores, se logra valorar que en las partes de bosque naturales existe más macro fauna y materia orgánica en sus primeros horizontes, dado que no son utilizadas para usos agrícolas ni ganaderos, es por tal razón que es importante ahondar en el tema que las diferentes actividades agrícolas y ganaderas son factores determinantes en la degradación del suelo tanto biológico como físico-químico.

Así mismo se recolectaron muestras al azar para llevarlas a laboratorio físico de campo donde se evaluó la estructura y textura. Se resalta que la textura en las áreas de bosque natural es moderadamente fina, indicando que el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo, puede permitir la cantidad de agua y aire para retener a la vez la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. Por otra parte, en bosques intervenidos la textura es gruesa, lo que representa la parte inerte del suelo debido a intervenciones o alteraciones ambientales.

En el caso de la estructura del suelo de las áreas en estudio todas tienen similitud, ya que son arcillo-limoso, a excepción de la parte media de bosque intervenido que es del tipo arenoso, El grado de estructura del suelo da una idea de su permeabilidad y capacidad de aireación. Los suelos bien estructurados (arcilla y limos), suelen tener unas mejores propiedades hídricas, mayor permeabilidad, mejor aireación y están mucho más defendidos contra la erosión.

8.3. Análisis químico del suelo.

a. Zona alta.

Se encontró un pH moderadamente ácido, los niveles recomendables de pH del suelo tienen una medida entre 5,5 y 7. Sin embargo, existen plantas que crecen y se desarrollan en ambientes extremos donde los niveles de acidez o alcalinidad del suelo son muy variables. Por otra parte, las medidas de pH que se utilizan para llevar a cabo la agricultura de ciertos alimentos pueden variar.

El potasio (K) dio como resultado de 1000* Acre, lo cual es alto, es uno de los macronutrientes esenciales más importantes que permiten el funcionamiento de sistemas agropecuarios, Bertsch, (1995).

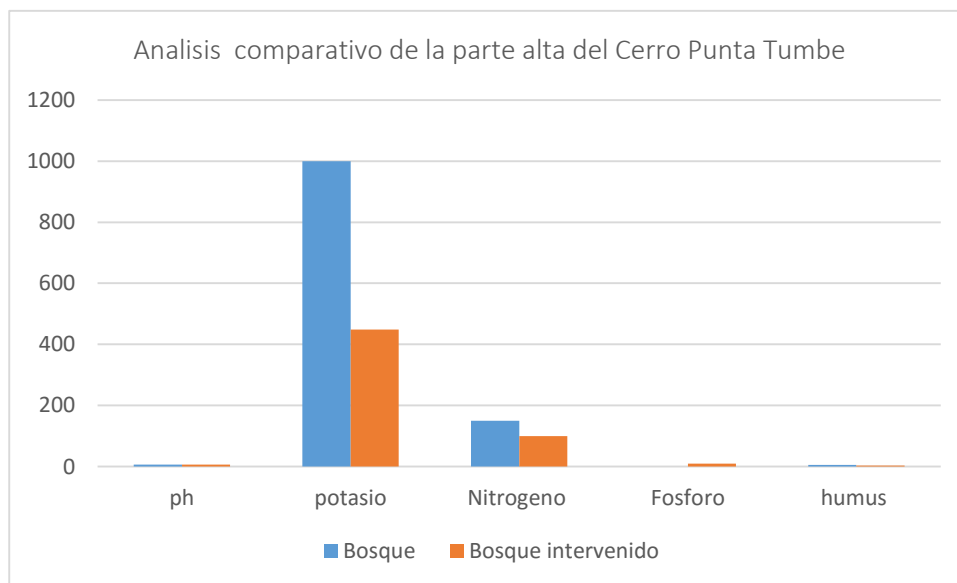
El resultado de nitrógeno es de 150 PPM, por lo tanto, quiere decir que el nivel de nitrógeno es alto, Pasquali, (2004) destaca que los niveles altos de nitrógeno también son particularmente útiles para las plantas sin flores porque el nitrógeno es necesario para cualquier parte verde de las plantas.

El análisis de fósforo dio como resultado "sin presencia", Sanzano & Garbozo Sáenz, (2014) justifica que las principales vías de pérdida de fósforo del sistema suelo son: la remoción por la planta (5 a 60 kg/ha año en la biomasa), la erosión de las partículas de suelo que arrastran fósforo (0,1 a 10 kg/ha año en partículas minerales y orgánicas), y el fósforo disuelto en el agua de escurrimiento superficial (0,01 a 3 kg/ha año). En tal caso se debe a que el Cerro Punta Tumbé comprende un porcentaje de pendiente de un 75% correspondiente a 53 grados lo que se describe que el fósforo debido al escurrimiento de las aguas por escorrentía se suprime quedando los porcentajes mínimos en el suelo.

El humus proviene de microorganismos descomponedores como bacterias, hongos y protozoos, los cuales convierten la materia orgánica en residuos ricos en carbono. Típicamente el humus es de color negro, lo que lo diferencia de la tierra habitual que se encuentra en los suelos (Chirinos, 2017). Sin embargo, el resultado de humus en el análisis químico dio como resultado una coloración rosada, destacando que esta coloración se debe a que hay gran porcentaje de humus en el suelo.

A continuación, se muestra (**Gráfico n° 9**) que en el área de bosque predominan los elementos de nitrógeno, potasio y humus, mientras que el pH se mantiene de igual nivel, en el caso del fósforo es bajo y predomina más en el bosque intervenido.

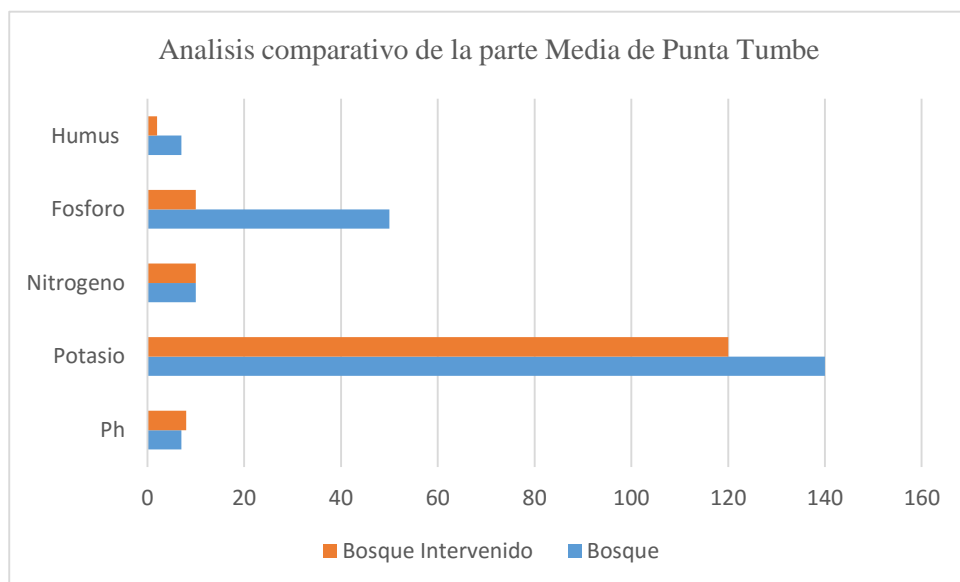
Gráfico 9. Análisis químicos BN Y BI.



b. Zona media.

El PH fue de 7.0 es decir suelo alcalino, se iguala que los niveles de pH son óptimos. El potasio (k) dio como resultado de 140 x Acre, expresa un nivel alto de potasio. El resultado de nitrógeno es de 10 PPM, el nivel de nitrógeno es alto. El análisis de Fosforo dio como resultado de 10 ppm, nivel bajo. El resultado de humus en el análisis químico dio como resultado una coloración rosada, lo que expresa que existe una gran presencia de humus en este suelo.

Grafico 10. Análisis químicos zona media BN Y BI

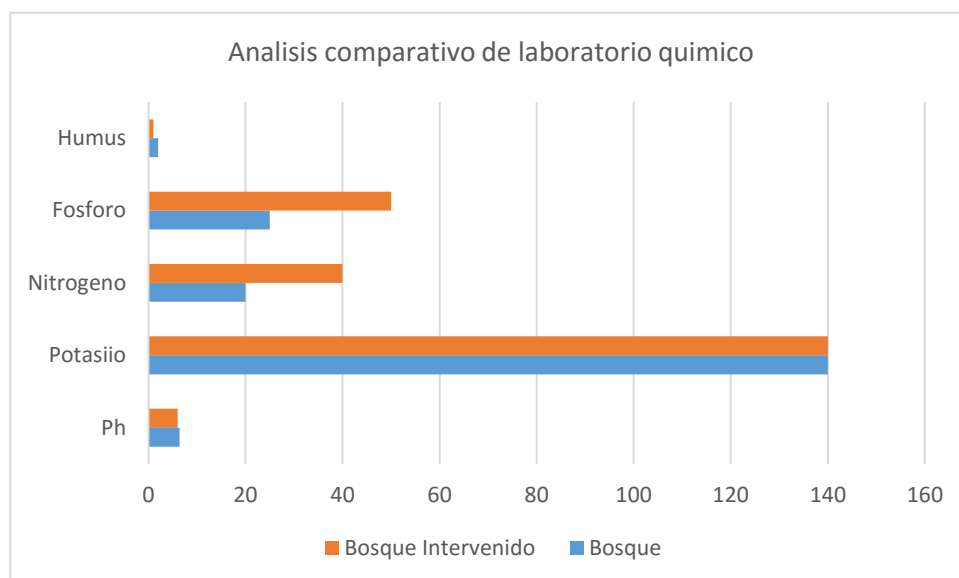


Se registra que el fosforo, humus, y potasio predominan en el área de bosque, mientras el nitrógeno se mantiene en similitud en el área de bosque. El PH tiene más porcentaje en el área de bosque intervenido.

c. Zona baja.

En este caso el pH fue 6.4, nivel de pH son óptimos. El potasio (k) dio como resultado de 140x acre, indicando un nivel alto de potasio. El resultado de nitrógeno es de 20 PPM, el nivel de nitrógeno es alto. El análisis de fósforo dio como resultado de 25 ppm esto representa que el nivel es óptimo, humus dio como resultado una coloración rosada, de igual manera en esta área de bosque se evidencia con este color que tiene presencia en porcentaje significativo de humus.

Gráfico 11. Análisis Químico zona baja BN y BI.



En el área de bosque prevalece más el humus, y pH, pero también similitud en potasio, a excepción del nitrógeno y fósforo que hay más en el área de bosque intervenido.

8.4. Diversidad de la macrofauna del suelo con base en los índices de diversidad.

De manera general se deduce que hay una diversidad media de la macro fauna según la interpretación en los valores obtenidos en los índices, donde la mayor afectación es por las actividades antropogénicas.

Índices de Biodiversidad		Shannon	Margalef	Simpson
		H'	I	D
Parte Alta	<i>Bosque Natural</i>	2.15	1.73	0.37
	<i>Bosque Intervenido</i>	2.50	2.23	0.25
Parte Media	<i>Bosque Natural</i>	1.94	1.55	0.49
	<i>Bosque Intervenido</i>	1.72	1.13	0.35
Parte Baja	<i>Bosque Natural</i>	2.26	1.51	0.29
	<i>Bosque Intervenido</i>	1.83	1.12	0.31

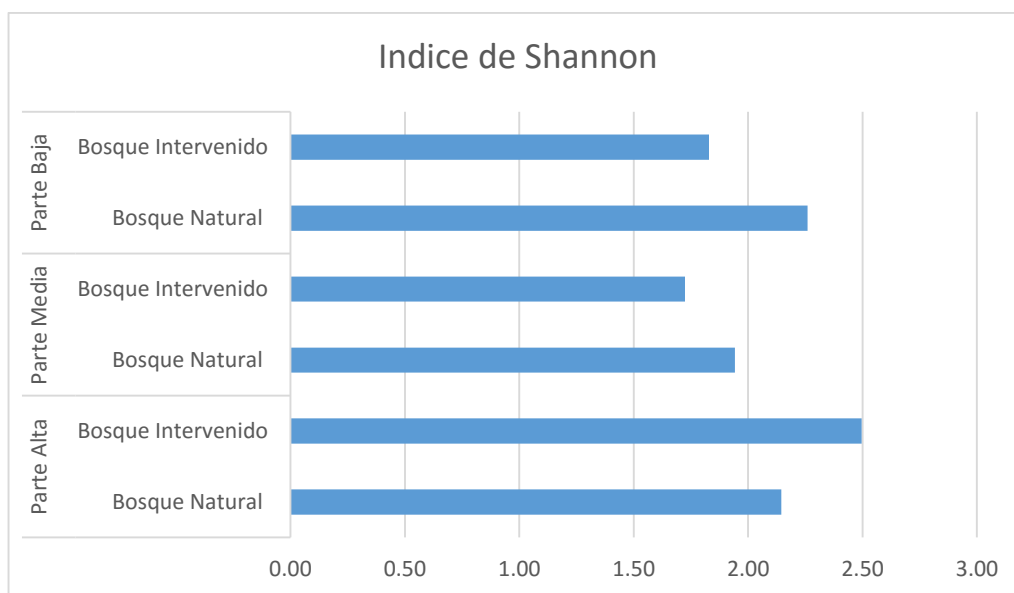
Tabla 3 Resultados de índices de biodiversidad

8.4.1. Resultados de índice de Shannon-Weaver.

El valor más elevado en este índice es del bosque intervenido de la parte alta con 2.50, mientras continúa el valor del bosque natural de la parte baja con 2.26. Hay un contraste con las taxonomías en número de individuos encontrados, se señala que en la parte alta fue donde se encontró más

cantidad. En el bosque intervenido de la parte media casi no se encontró macrofauna, por lo tanto, haciendo comparación con el resultado de este índice se confirma ese dato, que no tiene diversidad. Aunque los valores encontrados van de 1.72 a 2.50, de manera general se deduce que el índice demuestra que la diversidad en cerro Punta Tumbé es relativamente de diversidad media.

Grafico 12. Resultados del índice de Shannon.

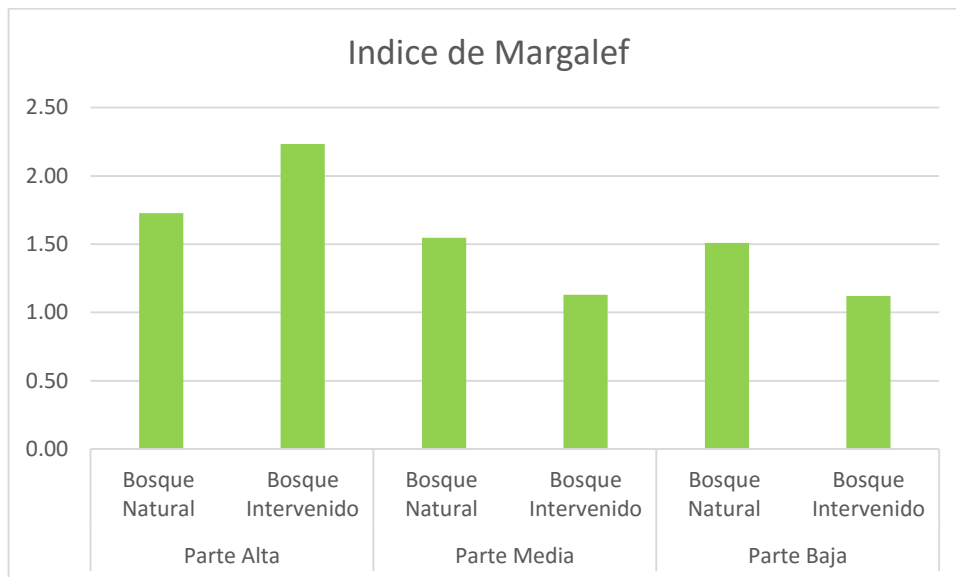


Moran (2015) en la comparación de la macrofauna en dos sistemas de manejo obtuvo con este índice un bajo valor en la diversidad, que según puede estar asociado a la historia de uso de suelo, ya que anteriormente el área bajo estudio se ocupaba como potrero, en contraste en cerro Tumbé la diversidad según Shannon es media, aunque se coincide, que el impacto del pastoreo disminuye paulatinamente las comunidades de macrofauna debido al pisoteo del ganado que provoca la compactación, erosión y de gradación de los suelos.

8.4.2. Resultados del Índice de Margalef.

Los valores más significativos están en la parte alta, indicando que el bosque intervenido aún tiene diversidad, así como el bosque natural. Por otro lado, los valores más bajos son de los bosques de las otras partes media y baja, confirmando el resultado de cantidad de individuos en este caso de diversidad.

Gráfico 13. Análisis resultado índice de Margalef.

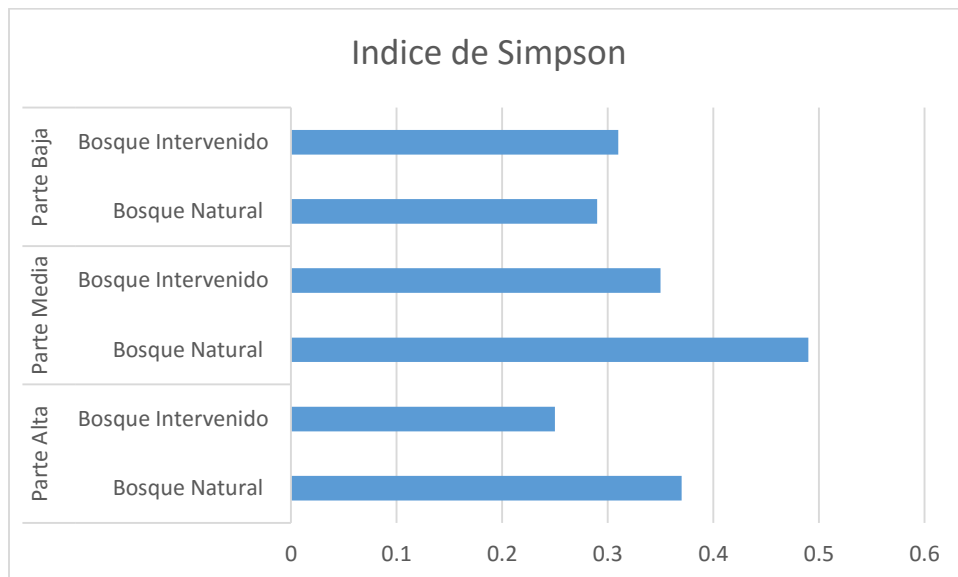


Los valores en general más bajos indican que hay intervención humana y va subiendo relativamente, donde el valor 2.23, que consta del bosque intervenido de la parte alta indica un término de diversidad media, que en comparación con el bosque natural de esta parte en que hay más riqueza de especies, puede influir el estado larvario de individuos. El resto de valores dan promedio de una diversidad baja, y es que según Caicedo (2018), se observó que la menor riqueza de especies según este índice se presentó en los sitios de muestreo con el fin de pastoreo, haciendo contraste a la baja diversidad en Cerro Punta Tumbé por la presencia no solo de la ganadería sino también de la agricultura.

8.4.3. Resultados del índice de Simpson.

Los resultados indican que la diversidad es relativamente media, ya que los valores están entre 0 y 0.49. El valor del bosque natural de la parte media se acerca al 1, resultado que se debe a que en esta parte. En un estudio comparativo de macro fauna entre un sistema silvopastoril y convencional, Meneses (2015), indica que los valores superiores del índice de diversidad en fueron en el sistema silvopastoril donde se explica que fue por los servicios ambientales que presta el estrato arbóreo así como por el aporte de hojarasca, menor temperatura, y mayor humedad del suelo, asimilando con los resultados encontrados se deduce que en la parte media del bosque natural, hay árboles de gran altura que proporciona los suficientes servicios, así como también lo hay en la parte alta pero en menor altitud

Gráfico 14. Resultado del índice de Simpson.



8.5. Taxonomía de la macro fauna registrada en el estudio.

Las comunidades de macro fauna en las partes de bosques comprenden dos phyllum: Anélido y Artrópodo. Destacando la parte alta con la mayoría de números de individuos como tal con 364, en todas las divisiones los anélidos representados por las lombrices de tierra con la única clase de la Clitellata, orden Crassiclitellata y familia Lumbricidae, pero con la mayor cantidad de individuos en cada parte de bosque donde se encontraron. Se irá desarrollando una explicación por taxón.

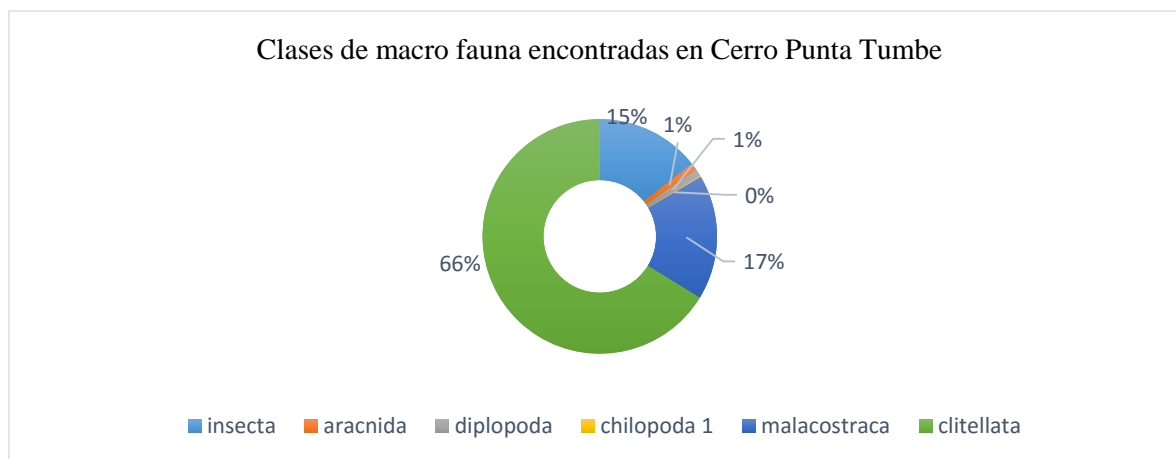
Tabla 4. Composición taxonómica de la macro fauna colectada en el bosque natural e intervenido en las tres partes alta mediana y baja, de manera general por parte de manera general por parte de Punta cerro Tumba.

PHYLUM	Clase			Orden			Familias			Individuos Colectados		
	P. A	P.M	P.B	P.A	P.M	P.B	P.A	P.M	P.B	P.A	P.M	P.B
Anélido	1	1	1	1	1	1	1	1	1	240	133	184
Artrópodo	5	3	3	9	7	7	13	9	9	124	57	103
Sumatoria										364	190	287

8.5.1. Clases registradas en el estudio.

En nivel de clases, fueron identificadas en total 6, donde las más destacadas son la clase Clitellata con 557 total de individuos que corresponde a un 66%, Malacostraca con 145 e Insecta con 121, mientras que las demás clases representan un número menos de 9 individuos.

Gráfico 15. Porcentaje de macro fauna encontrada en Cerro Punta Tumbé.



La clase Clitellata que corresponde a las lombrices tuvo mayor cantidad de número de individuos es porque las condiciones en este sitio son propicias para su rápida reproducción, donde la humedad y la materia orgánica ayudan a ese desarrollo, ya lo mencionaba Moran (2015), que son 2 condiciones para que estas puedan vivir establemente.

8.5.2. Ordenes de macrofauna identificados en el estudio.

Se registraron 10 órdenes de los cuales todas estuvieron presentes en la parte alta, y 8 en la parte media y baja. El orden Crassiclitellata registró mayor representatividad en las tres partes con un total de 557 individuos, seguido de los isópodos con 145 también presente en las tres partes y Blattodea con 40 individuos.

Haciendo mención la parte alta fue la que tuvo en total mayor cantidad, destacando que esta es la que menos intervenida esta por el hombre.

Tabla 5. Ordenes de macro fauna identificados en el estudio.

Orden	parte alta	parte media	parte baja
Araneae	3	4	2
Blattodea	18	4	18
Crassiclitellata	240	133	184
Coleóptera	6	5	9
Dermaptera	5	5	4
Diplopoda	6	-	2
Escolopendra	1	-	-
Hymenoptera	3	2	13
Hemípteros	24	4	-
Isópoda	58	33	55

8.5.3. Riqueza y diversidad de familias de especies identificadas

La mayor diversidad taxonómica registrada corresponde a la parte alta, si bien el patrón de las lombrices que se viene repitiendo en tener el mayor número de individuos también lo es en la familia, que en este caso es la Lumbricidae con 557 individuos en total, de toda la macro fauna registrada y en una larga distancia le continua la familia Armadilídidae con 145 individuos.

Tabla 6. Familia de la macro fauna identificada en el estudio

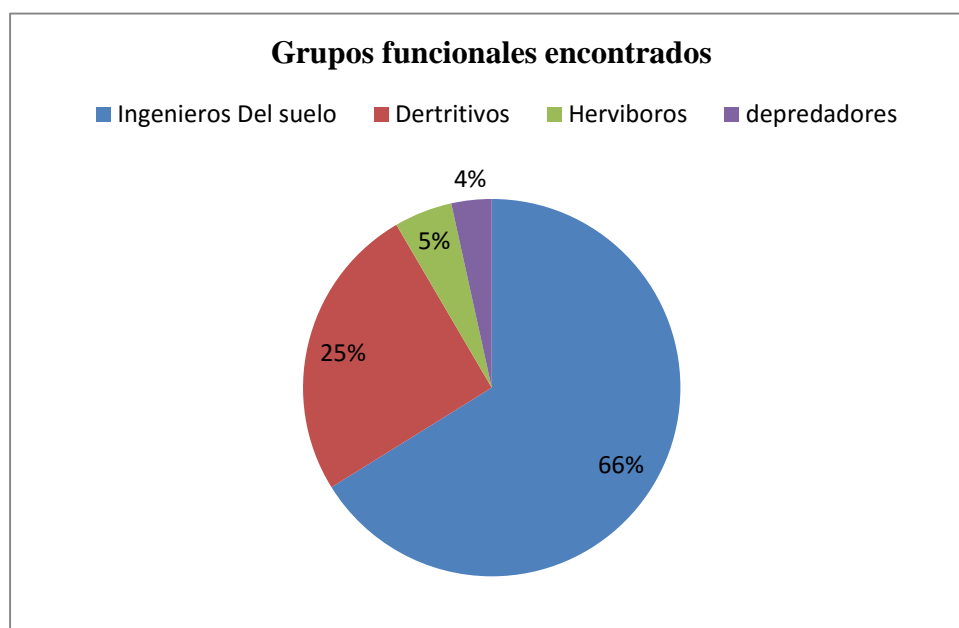
Familias encontradas en el estudio	
Familia	Cantidad
Idiopidae	2
Araneomorfas	5
Scytodidae	2
Blattidae	26
Blaberidae	14
Curculionidae	4
Cerambycidae	1
Lumbricidae	557

Cucujoidea	2
Elaeridae	1
Scarabaeidae	8
Silvanidae	4
Anisolabidae	14
Geophilidae	8
Scolopendrididae	1
Formicidae	19
Pentatomidae	28
Armadilídiidae	145

8.6. Grupo funcionales encontrados.

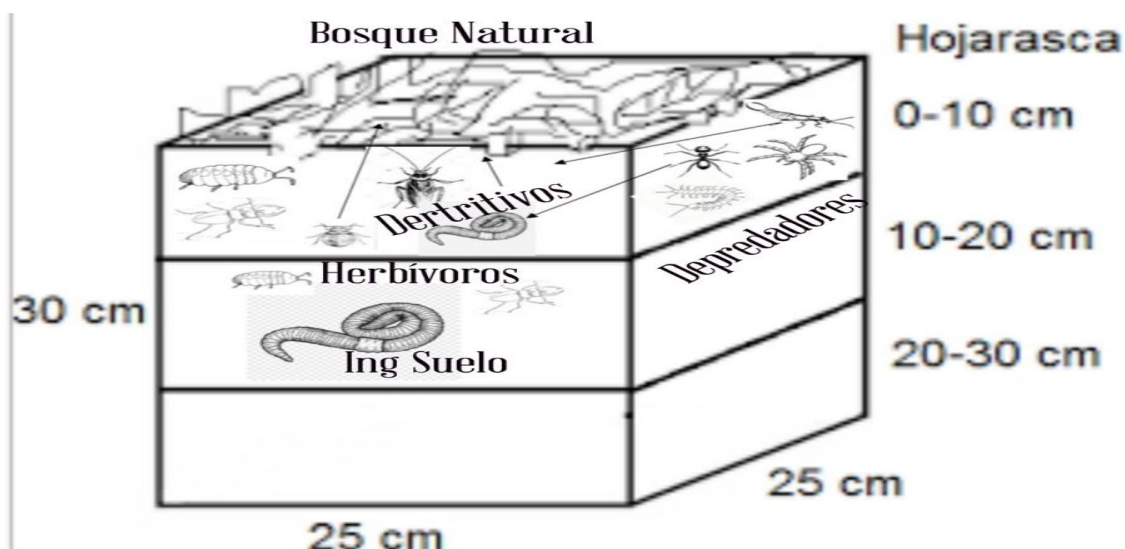
El grupo funcional que más sobresale de manera general en toda el área es de los ingenieros del suelo con el 60% y un 25 % los dertritivos, cabe señalar, Castrillo (2016) en el estudio de grupos funcionales en Cuba, analiza que estos últimos dos grupos, se detectan más en los ecosistemas boscosos, donde hay una mejor conservación del estrato de hojarasca y de la estructura del suelo, así como la suficiente humedad.

Gráfico 16. Porcentaje de grupo funcionales encontrados de manera general.



Las lombrices de tierra son las que más presencia tienen, así bien Juárez & Fragoso (2014), explican en un estudio sobre comunidades de lombrices que el 64% se encontraron en la parte de bosque. En Tumbes la densidad poblacional de estas se encuentran mayoritariamente en el bosque natural.

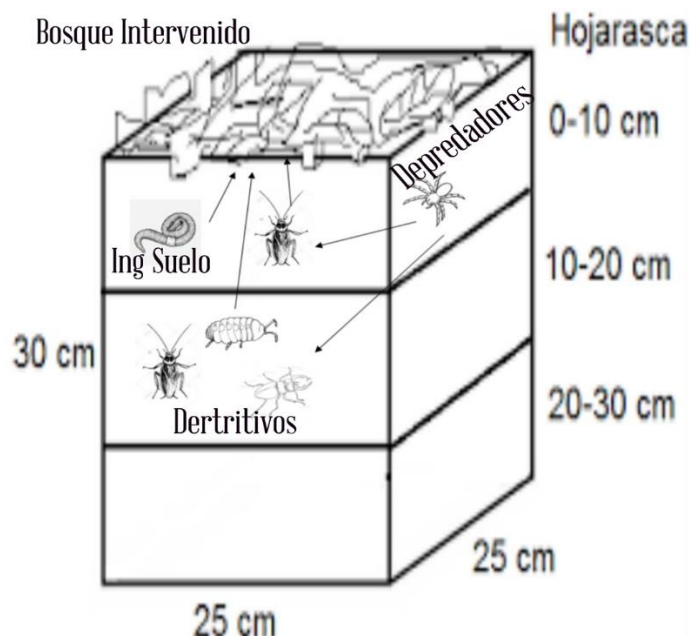
Figura 5. Grupo funcional de la macrofauna encontrada en el bosque natural.



Fuente: (elaboración propia de los autores).

En la figura 5, se puede apreciar que la dinámica funcional de la macrofauna del bosque natural, donde hay mayor cantidad de lombrices, que representan los ingenieros del suelo, de igual manera los dertritivivos y en menores cantidades herbívoras y depredadoras. Tal como menciona Castrejón (2012), que al haber menos depredadores hay mayor oportunidad de reproducción y supervivencia de los demás grupos, así bien la presencia demográfica numerosa de las lombrices indica la calidad del suelo. En los estratos de los monolitos en el bosque natural se encontraron en los centímetros de 0-10. Y gradualmente vas disminuyendo el porcentaje.

Figura 6. Grupo funcional de la macrofauna encontrada en el bosque intervenido.



Fuente: (elaboración propia de los autores).

En el bosque intervenido el mayor número se encontró en el estrato de 10-20 cm, en menos cantidades.

Según Ibáñez (2011) apuntó que la destrucción/fragmentación de los hábitats naturales y, como consecuencia, el deterioro del contenido de materia orgánica del suelo debido a la pérdida o transformación de la vegetación original, determinan la disminución de la riqueza y la abundancia de los grupos funcionales, tal es el caso en el bosque intervenido de manera general de este estudio, inclusive no mostrando la presencia de herbívoros.

Según Cabrera (2012) la Alta calidad del suelo se determina la con mayor cantidad de tipos de organismos (mayor diversidad) y de individuos por tipo, especialmente de organismos detritívoros y de lombrices.

8.7. Descripción de la calidad del suelo en las áreas seleccionadas en base a los resultados del estudio.

Los organismos que cumplen con la función de ser ingenieros del suelo, indican el potencial en la estructura del suelo, y en este caso la presencia de las lombrices, cochinillas, cucarachas, así como larvas de escarabajos indican que su acción fundamental es la transformación de las propiedades físicas del suelo (regulan la compactación, la porosidad, las condiciones hídricas y la macro

agregación). Según Mancina & Flores, (2017), en un estudio de diversidad biológica, describe la actividad de la edafofauna (organismos que componen la macrofauna edáfica (e. g. lombrices de tierra, termitas, hormigas) como organismo de verdadera importancia en las transformaciones de la materia orgánica y las propiedades físicas del suelo, La mayoría de las especies son detritívoras, pues consumen materia orgánica con alto grado de descomposición junto a material mineral del suelo. La presencia de estos insectos demuestra que existe humedad, ya que su hábitat son las selvas tropicales húmedas, Pueden ser buenas indicadores ante situaciones como la contaminación por plaguicidas y metales pesados, compactación, contenido de materia orgánica y condiciones hídricas en el medio edáfico.

Podríamos determinar que la calidad del suelo de punta tumble está aun en una etapa de transición que se puede parar con las diferentes técnicas para la conservación del suelo. En la parte alta del bosque natural se presentó la mayor cantidad de macrofauna, en las que sobresale la lombriz de tierra, las cochinillas u otros que indican que hay biodiversidad. Resultados análogos al de tal caso Ruiz en 2006 citado por Quiroz (2015), encontraron que los grupos más abundantes fueron representados por lombrices de tierra e Isópodos. Uniendo a esto la parte física del suelo presento un perfil un poco fuera de lo común en las partes de bosque natural con mucha materia orgánica y propiedades químicas estables con un PH moderadamente ácido, un alto porcentaje de nitrógeno al igual que de humus. Mientras en la parte alta del bosque intervenido fue poca disponibilidad de individuos al igual en los porcentajes de los elementos químicos en comparación.

En la parte media el suelo se registra que el fósforo, humus, y potasio predominan en el área de bosque, mientras el nitrógeno se mantiene en similitud en el área de bosque. El pH tiene más porcentaje en el área de bosque intervenido, la relevancia de macrofauna está en la parte natural y en la parte de bosque intervenido, es la que menos presenta diversidad, inclusive hay más en el de la parte baja. Así mismo Montenegro & Bartolomé, (2017), en un estudio comparativo de la macrofauna del suelo en tres sistemas de uso de suelo, presentaron valores de pH medianamente ácido, así como un elevado contenido de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico fue alta para los sistemas silvopastoriles (SSP), los sistemas de potrero tradicional (SPT) y muy alta para el sistema bosque (SB).

Por la presencia de macrofauna, la mayor parte del suelo es de buena calidad, así como propiedades físicas y químicas moderadas, aunque las partes de bosques intervenidas están en un

mayor deterioro, más en la parte media. Si en la ganadería no se implementan estrategias y nuevas tecnologías que la conviertan en una actividad sostenible, el suelo se degradara aún más, y en la parte alta se afectara la parte de recarga hídrica. Por consiguiente Cabrera, (2012), en un estudio de macrofauna como indicador de conservación de suelo, evidencio que la diversidad y la abundancia de macrofauna en el suelo son sustancialmente mayores en los ecosistemas con menores niveles de entronización, lo cual indican suelos de gran calidad.

Según Martínez, (2014), el suelo con una cantidad considerable de lombriz, las cocinillas de tierra implica que esté posee buena porosidad y una adecuada estructura. Tal se indica de manera general e inclusive Moran (2015), indica que “la presencia de individuos de la familia Scolopendridae es indicador de alta humedad en la superficie del suelo, que es el hábitat óptimo para ciempiés. En este sentido, aun el suelo de Tumbe es de buena calidad, pero va en degradación y perdida de sus propiedades.

CAPITULO V

IX. Conclusiones

La macro fauna encontrada fue de 10 grupos de órdenes, 18 familias, con un total de 841 individuos. La parte alta tiene la mayor cantidad y los anélidos representados por las lombrices de tierra con la orden Crassiclitellata son las que tienen más representación.

Se puede afirmar que la abundancia y diversidad de la macro fauna evidentemente fue más sobresaliente en la parte alta del bosque natural, donde el porcentaje de las Crassiclitellata están con el número más elevado, todas estas especies encargadas de la formación de poros, la infiltración del agua y la humificación. Por tal razón la hipótesis investigativa “La diversidad de la macro fauna del suelo del bosque intervenido en las tres partes alta, media y baja de “Punta Tumbe”, tienen similitud en la diversidad que presenta la macrofauna en bosques naturales “fue rechazada y se acepta la hipótesis alternativa “La diversidad de la macro fauna del suelo tiene la mayor presencia en las tres partes alta, media y baja de “Punta Tumbe” del bosque natural”. En la parte media, los grupos funcionales más presentados dentro de los primero estrado del suelo, son los ingenieros del suelo, de igual manera los dertritivos y en menor cantidad herbívoros y depredadores, del mismo modo se rechaza la hipótesis investigativa y se acepta la hipótesis alternativa, debido a que en el bosque natural fue más notoria la macrofauna, en la parte baja se obtuvo mayor presencia de la macrofauna en el bosque natural dando lugar a la hipótesis alternativa y descartando la hipótesis investigativa.

El estado del suelo de Punta Tumbe esta aun en una etapa de transición, que se puede parar con las diferentes técnicas para la conservación del suelo. Podríamos asumir que según los resultados el suelo en mayor parte es de buena calidad, ya que presenta macro fauna que indica de ello, así como propiedades físicas y químicas moderadas, aunque las partes de bosques intervenidas están en un mayor deterioro, más en la parte media. Si en la ganadería no se implementan estrategias y nuevas tecnologías que la conviertan en una actividad sostenible, el suelo se degradara aún más, y en la parte alta se afectara la parte de recarga.

El estudio físico y las calicatas arrojó que en las partes de bosque natural hubo más presencia de individuos materia orgánica en sus primeros horizontes, con un suelo de alta calidad. En el caso

de la estructura del suelo de las áreas en estudio todas tienen similitud, ya que son arcillo-limoso, a excepción de la parte media de bosque intervenido que es del tipo arenoso.

En la parte química las áreas de bosques predominan los elementos de nitrógeno, potasio y humus, mientras que el pH se mantiene relativamente igual en ambas partes, y fósforo el predomina más en el bosque intervenido. De manera general se deduce que hay una diversidad media de la macrofauna según la interpretación en los valores obtenidos en los índices, donde la mayor afectación es por las actividades antropogénicas.

Por otro lado durante el estudio del cerro punta Tumbé, la comunidad fue muy colaboradora, especialmente la atención en las casas de la finca las nubes y finca África, ya que nos brindaron su tiempo para guiar y reconocer el lugar disminuyendo las dificultades en el bosque a la hora de tomar levantamiento de datos, la aceptación fue muy buena por parte de las personas que conforman la comunidad, especialmente la aceptación de los guarda bosques que también son parte de esta comunidad y que estuvieron siempre atentos y contribuyentes en el campo.

Las personas con las que se logró entablar conversaciones, argumentaban que estos tipos de investigaciones son útiles para dar a conocer recomendaciones a dueños de fincas que no reflexionan del daño que le hace al suelo, también describen que por medio de investigaciones se conoce la importancia que tienen los recursos naturales.

X. Recomendaciones

En la parte alta bosques naturales, desarrollar sistemas silviculturales para obtener un uso racional del bosque.

Esta tecnología se deberá de implementar en las áreas de bosque natural, para el uso adecuado del mismo.

- Plantaciones en claros.
- Aprovechamiento energético (leña).
- Regeneración natural.

Parte media y baja bosques intervenidos, realizar sistemas silvopastoriles para lograr una ganadería sostenible.

- Pastos con árboles.

Esto permite recibir nutrientes de varias fuentes. Esto conlleva una estrategia que incluye en la dieta pastos, arbustos, ramas y frutos de árboles.

- Bancos de proteínas.

Se denomina bancos de proteína a la siembra de especies herbáceas o de árboles y arbustos con follaje de alto contenido proteico.

- Cercas vivas.

Esto puede ayudar a evitar la erosión del suelo causada por el viento en terrenos y también por la erosión y compactación de suelo por el ganado en las áreas media y baja donde no hay cobertura vegetal completa sobre el suelo.

Otras obras de conservación de suelo.

- Mantener la cobertura vegetal (bosques, pastos y matorrales) en las orillas de los ojos de agua y quebradas en las pendientes .
- Evitar la quema de la vegetación de cualquier tipo en pendientes específicamente en los bosques naturales. el incendiar la vegetación es un acto criminal, que va en contra de la fertilidad del suelo; deteriora el hábitat de la macro fauna, fauna y flora además deteriora la disponibilidad del recurso agua.

- Reforestar las laderas empinadas, las orillas de ojos de agua y quebradas.
- Cultivar en surcos de contorno en las laderas y no en favor de la pendiente.
- Combinar las actividades agrícolas, pecuarias y forestales (agroforestería), y sembrar árboles como cercos, en laderas, como rompe vientos, etc.
- Rotación y asocio de cultivos.
- Integrar materia orgánica al suelo, como los residuos de las cosechas.
- Construir zanjas de infiltración en las laderas para evitar la erosión en zonas con alta pendiente.
- Abonar los cultivos con productos orgánicos, con el fin de sustituir poco a poco productos sintéticos en el cultivo.
- Diques para la retención de sedimentos en el terreno degradado por cárcavas.

XI. Referencias y bibliografía

- Caicedo Rosero, D. M., Benavides Rosales, H. R., Carvajal Pérez, L. A., & Ortega Hernández, J. P. (1 de marzo de 2018). *POBLACIÓN DE MACROFAUNA EN SISTEMAS SILVOPASTORILES*. Obtenido de 1390-3799-lgr-27-01-00077.pdf
- Navarrete, C. R. (2016). *Producción de energía eléctrica con fuentes renovables en Nicaragua, su impacto en la transformación de la matriz energética*. .
- Pascual, R., & Venegas, S. (2011). *LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO*.
- Ponce, D. (2014). *COMPOSICIÓN Y FUNCIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA*.
- Quiroga, I., & Peniche, F. (1985). *biología II/Introducción a la entomología*. .
- Quiroz Medina, R. C. (2015). *Evaluación de la macrofauna como indicador biológico del suelo en tres sistemas*. Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4022/1/230060.pdf>
- Aguirre, M. . (2013). *GUIA DE METODOS PARA MEDIR LA BIODIVERSIDAD*. Obtenido de [guia-para-medidic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011pdf](#)
- Bartolomé, J. (2017). *Macrofauna del suelo en tres ecosistemas*. Obtenido de Ciencias Ambientales | Pág. 39-49
- Bautista, F. (2011). *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. ciudad de Mexico : impreso y hecho en México / printed and made in Mexico.
- Blanquer, J. (2006). *Universidad Politécnica de Valencia*. Obtenido de [WWW.ecuela tecnica de ingenieria/agronomica y de medio ambiente](#).
- Brak, A. M. (2018). *Ecología del Perú*. Obtenido de [www.enciclopedia del peru](#)
- Cabrera. (2014). *MANUAL PRÁCTICO SOBRE LA MACROFAUNA EDÁFICA COMO INDICADOR BIOLÓGICO DE LA CALIDAD DEL SUELO, SEGÚN RESULTADOS EN CUBA*.
- Cabrera, G. (septiembre de 2012). *SciELO pastos y forrajes*. Obtenido de la macrofauna edáfica como indicador biológico de conservación o perturbación del suelo : scielo.sld.cu/scielo.php?script=arttext&pid_S864-03942012000400001
- Castrejon, D. (2012). *TAXONOMIA*. Obtenido de categorías taxonómicas : <http://taxonomiadanielcastrejon.blogspot.com/p/categorias-tax.html>
- Castrillo, E. (2016). *Somos biodiversidad*.
- Corbella, R., & Fernández, J. (2012).
- Crespo, C. (1980). *Mecánica de los suelos y sedimentaciones*. Obtenido de Google Libros: https://books.google.com.ni/books?id=Db2SQbBHVPQC&pg=PA18&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

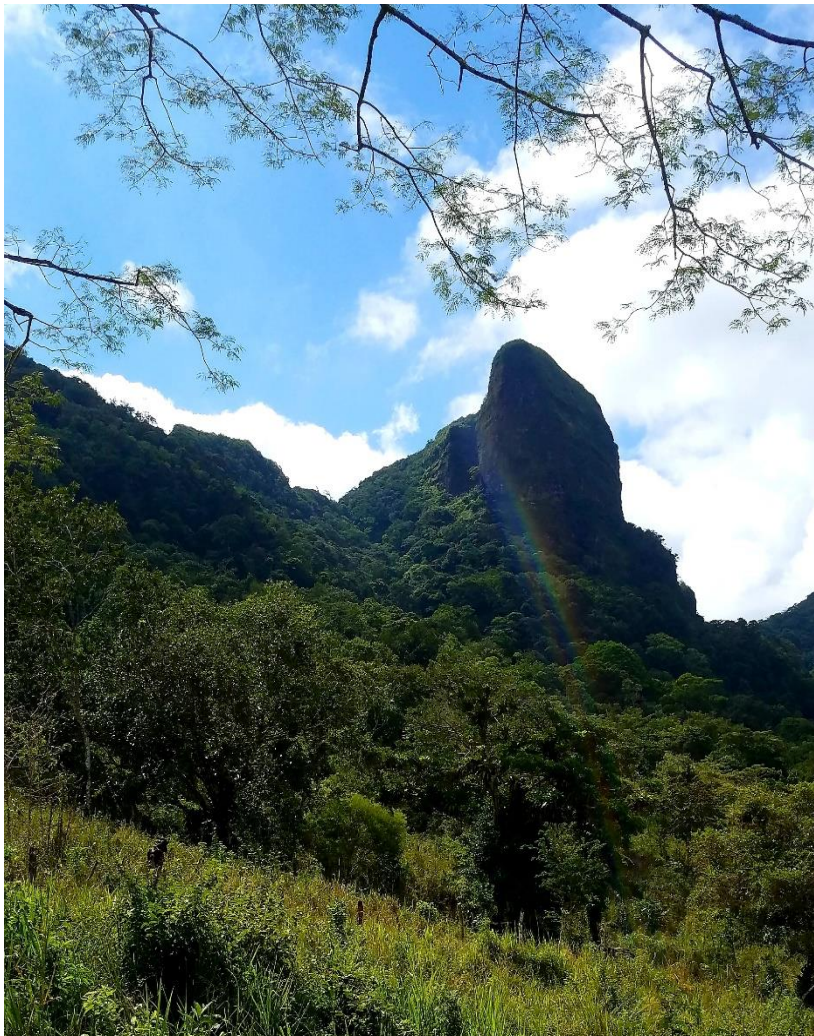
- Delgado , G., Burbano, A., & Parra, A. (2010). *EVALUACIÓN DELAMACROFAUNADELSUELO ASOCIADA ADIFERENTES SISTEMAS CON CAFÉ Coffea arabica L.* Obtenido de Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia
- Escobar, A. d. (2017). *Macrofauna del suelo en tres ecosistemas... | Ciencias Ambientales.* Esteli, Nicaragua: Revista Científica Esteli.
- FAO. (Abril de 2015). *Suelos y biodiversidad.* Obtenido de www.fao.org
- Fernández, M. S. (2013). *Introducción a la Taxonomía.* Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Gonzalez , H. (2011). *tecnicas de muestreo .*
- Hernandez, Jimenez , A., Garcia, M., Morales, Diaz, M., Bojorquez, Serrano, J., Gacia, Paredes, J. D., & Garcia, Calderon , N. (2006). *El suelo, fundamentos sobre su formacion, los cambios globales y su manejo.* Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LdIARhjVZN4C&oi=fnd&pg=PA11&dq=factores+de+formacion+del+suelo&ots=mUX03IRWIC&sig=d8DjCpo02wv7vtq_dMfOhf9gq3M#v=onepage&q=factores%20de%20formacion%20del%20suelo&f=false
- Hurlbert, S. (1971). *The Nonconcept of Species Diversity: a Critique and Alternative Parameters.* *Ecology.*
- Ibañez, J. J. (31 de mayo de 2011). *Las lombrices de tierra y su importancia en el suelo .* Obtenido de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/05/31/138374>
- Inamagua, C. (2018). *monografias.* Obtenido de [www.monografia .com](http://www.monografia.com)
- Jaramillo, D. (2002). *Introduccion a la ciencia del suelo.*
- Leon, F. (2004). *Taxonomia .* Obtenido de <http://encina.pntic.mec.es/~esarment/imagenes/practicas/DTaxonomia.pdf>
- López, & Falcon. (2002). *Degradacion del suelo, causas, procesos evaluacion e investigacion.* Obtenido de <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/degradacion/pfd/librocompleto.pdf>
- López, D. M., & Estrada, H. M. (2015). *Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.* Obtenido de <http://www.ccba.uady.mx/bioagro/V8N1/BC%208.1%20Propiedades%20del%20suelo.pdf>
- Martínez , J. W., Pérez , D. F., & Espindola, c. C. (4 de junio de 2014). *Caracterizacion de Isopodos terrestres .* Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.uniroja.es/CaracterizaciondelsopodosterrestesCrustacea-5104172.pdf>
- Moon , P. (3 de noviembre de 2016). *Los cambios en el uso de la tierra afectan a la biodiversidad y al suelo.* Obtenido de <http://agencia.fapesp.br/los-cambios-en-el-uso-de-la-tierra-afectan-a-la-biodiversidad-y-al-suelo/24238/>
- Moran, j. e. (septiembre de 2015). *Diversidad de macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de moringa olifeira en la finca santa Rosa, UNA.* Obtenido de cenida.una.edu.ni.tesis.estudiodemacrofaunaendosistemasdemoringa

- Moreno. (2010). *Univeridad Politecnica de Valencia*. Obtenido de Agronomia y medio ambiente
- Moreno, c. (2001). *Metodos para medicion de biodiversidad* . Obtenido de <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Narvaez, J. (2013). *Biología del suelo*. Obtenido de <https://biologiadelsuelo.wixsite.com/blog/single-post/2016/1/14/La-Macrofauna-del-suelo>
- Naval, M. L. (2008). *Biología y Geología*. Obtenido de oble.pntic.mec.es/mlon0015/B108%20Clasificacion%20de%20los%20seres%20vivos%20AP.pdf
- Noguera. (2014). *MANUAL PRÁCTICO*. Obtenido de <https://www.rufford.org/files/Manual%20Práctico%20Sobre%20la%20Macrofauna%20del%20uelo.pdf>
- Nuñez , C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* .
- Palacio, J. L. (2011). *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. Mexico : impreso y hecho en México / printed and made in Mexico.
- Pereira, C. (mayo de 2015). *Semana de la Ciencia y Tecnología*. Obtenido de <http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/El%20Suelo%2020de%20mayo.pdf>
- Perez, L. L. (2009). *Bases edafológicas para la correcta utilización de lodos de aguas residuales urbanas, como enmienda orgánica*. Obtenido de <https://hera.ugr.es/tesisugr/1803326x.pdf>
- Raisman, J. S. (5 de noviembre de 2013). *Seres vivos - Hipertextos del Área de la Biología*. Obtenido de Seres vivos - celulares: <http://www.biologia.edu.ar/introduccion/3intro.htm>
- Rendón Pareja, S. e. (2011). *Los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Suelo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n1/a05v64n01.pdf>
- Ruiz, J. C. (2015). *PROGRAMA SANEAMIENTO AMBIENTAL SIBUNDOY PUTUMAYO*. Bogota, Colombia.
- SÁNCHEZ, M. (2008). *Reciclaje de nutrimentos y papel de la fauna asociada*.
- Sanzano, A. (2019). *Cátedra de Edafología Facultad de Agronomía y Zootecnia Universidad Nacional de Tucumán/Génesis - Los factores de formación del suelo* . Obtenido de www.edafologia.com.ar
- Union.Europea. (8 de octubre de 2015). *El suelo y el cambio climático*. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2015/articulos/el-suelo-y-el-cambio-climatico#tab-indicadores-relacionados>
- Zerbino. (2005). *posgrados ciencias ambientales* . Obtenido de http://ambiente.fcien.edu.uy/tesis/Tesis_Stella_Zerbino.pdf

XII. Anexos

Se adjunta en anexo las guías ilustrativas referentes a cerro punta Tumbe, como se presentaría en físico.

Cerro Punta Tumba “El vigilante eterno de la Libertad Chontales”



Caracterización, guía I

Agradecemos a Dios por la fortaleza que nos ha dado en este camino, a las personas que ha puesto, desde nuestros padres con su ayuda incondicional en nuestra vida hasta nuestros tutores en esta investigación.

Agradecemos a la alcaldía municipal por el apoyo, Alcalde Cnelia Ocón, a los tres guardabosques por su disposición y entrega, Santos Téllez, Juan Pablo Urbina, y Barnis Espinoza.

Facultad Regional Multidisciplinaria de Chontales
Recinto Universitario “Cornelio Silva Arguello”
FAREM-CHONTALES

“2020: Año de la Educación con Calidad y Pertinencia”

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS, TECNOLOGIA Y SALUD

Autores:

BR. Borge Peña Luis Eliezer.

BR. Díaz López Dixon.

BR. González de los Ángeles Lizamarieth.

Tutor:

MSc. Indiana Ramona Montoya Dompé

Asesora: MSc. Yorlis Gabriela Luna Delgado

¡A la libertad por la Universidad!

Cerro Punta tumble

Punta Tumble, se encuentra en los límites del municipio de La Libertad Chontales, en el km 158.5 carretera Juigalpa –La Libertad, la entrada principal es por la comunidad el Naranjal, a 6 km de la entrada principal se encuentra una Finca llamada “Las Nubes”, a partir de esta finca se continua por senderos, 4 kilómetros en busca de la finca “África” que se encuentra casi en la cima del cerro, más 4 km hasta la cima, el recorrido total para llegar a punta tumble es de 14 km desde la entrada principal.



Finca “Las Nubes” Propiedad. de Máximo Vargas -Fuente propia

Este lugar se caracteriza por ser un área que aún conserva vida

silvestre (flora y fauna), que permanece en considerables extractos de bosques, acorralados por el despale y pastizales para el ganado, así como la agricultura. Ante los imponentes 994 msnm, iniciar el recorrido es muy impresionante ya que es un destino poco conocido y con mucho por explorar.

Llegar y subir hasta la cima, se desarrolla como una aventura dispuesta a saborear no solo lo extremo sino conocer algo que esta fuera de lo común. Se comienza con un paisaje mezclado entre el ganado y mucha vegetación al fondo, mientras se va avanzando se aprecia la riqueza como tal.



La cima del Cerro Tumbe. -Foto propia

Recomendado por los guardabosques el mejor momento de comenzar la travesía es desde temprano. Transcurriendo la caminata en la parte baja, mientras el ganado pastorea, por las mañanas la neblina logra ocultar la cima del cerro, dado que es una zona de mucha precipitación, mientras se va en el trayecto los rayos del sol poco a poco van develando la imponente roca. Así bien se va encontrando quebradas que se forman de venas de agua provenientes desde las partes más altas.

En esta parte de la sierra de Amerrique, se logra apreciar las demás formaciones rocosas, dada la altura máxima, se divisa parte de los municipios aledaños, desde el monolito de Cuapa, las minas en La Libertad, Peñas blancas en Santo Domingo, las ciudades de San Pedro y Santo Tomas, así como al sur oeste la piedra del cacique y Juigalpa, cuando hay poca neblina y nubosidad se destaca la isla de Ometepe con ambos volcanes (Maderas y Concepción), en esa continuación también se divisa el volcán zapatera y detrás de la meseta de Hato grande, se puede ver parte de la cumbre del volcán Bombacho de Granada.



Panorámica en las faldas de la cima, nótese la isla de Ometepe con los volcanes Madera y Concepción-Foto propia.

La palabra Tumbé, vienen siendo una conjugación del verbo tumbar, lo podríamos asimilar a la presencia del viento en esta zona elevada que tumba los árboles o algo similar, según los lugareños el área era utilizada para hacer rituales, aún hay cuevas y sitios que no han sido explorados por sus accidentes geográficos con pendientes considerables. Hasta han considerado que desde este punto más alto de la sierra fue de donde el cacique se lanzó al precipicio ante la persecución de los españoles, formando tal vez una nueva teoría u otra leyenda más acerca de las historias que van marcado la vivencia cotidiana desde antaño de nuestros antepasados, y se van transmitiendo a manera de cuentos.



Cerro denominado los Gemelos, Finca “África” al fondo Volcán Concepción- foto propia.

“El área de Tumbé, está rodeada de 13 casas, mayoritariamente construidas de madera y zinc con un promedio de 3 personas por casas, específicamente 8 niños, 26 hombres, 20 Mujeres, así bien las escuelas de primaria tienen una matrícula mínima, escuela Rafaela Herrera, Miravalles, comarca Cosmatillo, son las más cercanas, a unos 8 km.

En la zona se practica la agricultura para el consumo propio, donde con anterioridad se realizaban quemadas. Se cultiva maíz, frijoles, yuca, quequisques, malanga, ayote, musáceas.



Habitante de la finca “África” junto a reces de ganado en la parte alta del cerro Tumbe- Fuente propia.

Por otro lado, tenemos la ganadería que ha convertido áreas que anteriormente eran boscosas o selváticas, dando lugar a grandes extensiones dedicadas a pastizales para alimentar el ganado, los finqueros tienen razas de ganados pardos, suizos y criollos. Según los recolectores de leche, se producen aproximadamente entre 200 a 350 galones de leche por día, este dato es en conjunto con las demás fincas que venden la leche a una empresa láctea de la ciudad de Juigalpa.



Ganado reposando cerca de una quebrada que naciente de la cumbre del cerro- Fuente propia

Una vez sabiendo estas problemáticas, cabe destacar que se desarrollan en un área como anteriormente se dijo, con gran potencial en recursos naturales, desde el bosque que aun resiste ante la frontera con el pasto hasta las quebradas que luchan por seguir su curso de agua. Estas actividades agropecuarias cuando no son realizadas de manera sostenible pueden alterar el equilibrio natural de la naturaleza como tal.



Casa de la finca “África” parte alta del cerro punta tumbre, cubierta sobre una neblina espesa- fuente propia.



Muchos de los sitios con potenciales turísticos y ecológicos, son ignorados por los propios lugareños en nuestro país, que desconocen de las riquezas que se pueden hallar a casi tan pocos pasos y es que Cerro punta Tumbé no solo deslumbra con su el paisaje colorido y con la vista que puede ofrecer, sino también este pedacito de chontales, alberga gran biodiversidad que se ha refugiado en lo que queda de bosque.

A pesar de la deforestación aún existen en la parte media, arboles con gran altura y ancho grosor, que han estado durante mucho tiempo y han sobrevivido a la mentalidad del hombre de abrir paso a la modernización sin tener en cuenta el uso racional de los recursos.





La cima vista desde una espesa vegetación- Foto propia

Esa biodiversidad presente en Tumbé abarca desde flora de especies como roble, madero negro, cedro, caoba, guayabon, nanciton, etc, así como ojoches y chilamate u otras especies que dan fruto, donde van anidando especies de aves como oropéndolas, urracas, y van colgándose en sus ramas especies de monos. Característicos de la zona alta y media, en un día con mucha suerte, se encuentran los 3 tipos de monos que hay.

<p>Nombre Científico: <i>Alouatta palliata</i> Nombre Común: Mono Congo</p>	
	
<i>Foto del sitio</i>	- <i>Foto web</i>
<p><u>Taxonomía</u></p>	
<p><i>Clase: Mammalia Orden: Primates</i> <i>Familia: Atelidae Género: Alouatta</i></p>	

Es de mayor probabilidad encontrar estas especies en la parte media, en esta investigación se tuvo la oportunidad de apreciar desde el terreno donde se encuentra la segunda casa propiedad de Ronaldo Mena en el trayecto después de la finca las nubes, en este sitio se va bordeando bosque, por lo que es fácil captar los sonidos de los monos y tener una vista de estos colgando sobre las ramas de los árboles. Se recomienda ir en silencio para lograr apreciar los diferentes animales que hay.

<p><i>Nombre Científico: Cebus capucinus</i> <i>Nombre Común: Mono cara blanca</i></p>	
	
<p><i>Foto del sitio</i> —</p>	<p><i>Foto web</i></p>
<p><u>Taxonomía</u></p>	
<p><i>Clase: Mammalia Orden: Primates</i></p> <p><i>Familia: Cebidae Género: cebus</i></p>	

De las especies de monos que hay se encuentran monos congos (*Alouatta palliata*), mono cara blanca (*Cebus capucinus*) y mono araña (*Ateles geoffroyi*).

Cuando hay mamíferos como los monos, es un reflejo que el lugar donde viven es propicio para sobrevivir, y en este caso Tumbes proporciona lo necesario a estas especies, que son perceptivas ante los cambios de sus hábitat, dando también a entender que, aún hay vida en esta parte de la sierra de Amerrique y hay que darle importancia.

Nombre Científico: Oophaga Pumillio
Nombre Común: Rana Flecha roja



Especie encontrada en la parte alta-Foto propia

Taxonomía

Clase: Amphibia Orden: Anura

Familia: Dendrobatidae Género: Oophaga

Por otro lado, también tenemos que, en la parte alta, específicamente en la finca “África” que se encuentra a 4 km de la cima, se puede encontrar en tiempo de lluvia anfibios como sapos y ranas en una quebrada que nace desde el punto más alto, cabe destacar que la mayor parte del año permanece con aguas con temperaturas bajas incluso a medio día, aunque el sol este en su apogeo. Una especie que se puede apreciar es la rana flecha roja y azul (*Oophaga Pumilio*), que contiene un potente veneno neurotóxico. Se cuenta que los indígenas frotaban las puntas de las lanzas para que se le adhiriera de veneno y poder paralizar los animales que cazaban

Nombre Científico: *Morpho peleides*

Nombre Común: *Rana Ojos Rojos*



Taxonomía

Clase: *Amphibia* **Orden:** *Anura*

Familia: *Hylidae* **Género:** *Agalychnis*

La pérdida de su hábitad puede constituir una amenaza para su conservación ya que estas ranas tienen baja fecundidad, aunque en esta investigación se constató que fueron reportadas y contabilizadas más de 30 de estas ranas, haciendo paréntesis en que se fueron encontrando en el trayecto de los trabajos que se realizaron para la extracción de la macrofauna en la parte alta, es decir que Tumbé tiene potencial para estudios de anfibios, confirmando más aún que es un sitio que tiene que ser conservado y tomado muy en cuenta.

Así también se puede lograr encontrar otras especies como la rana ojos rojos, muy sensibles al cambio de sus hábitad, son consideradas indicadores de la calidad ambiental.

Tumbé forma parte del hábitad no solo de monos y ranas, sino de muchas especies en peligro de extinción, las personas que viven cerca explican que han escuchado hasta rugidos de algún león, como lo llaman, y es que en esta zona aún hay el llamado yaguarundí o leoncillo (*Herpailurus yagouaroundi*), y así sucesivamente una rica fauna que aún falta por conocer y estudiar. Al haber diversidad de especies, también se puede decir que esta zona indica que el suelo es de buena calidad.



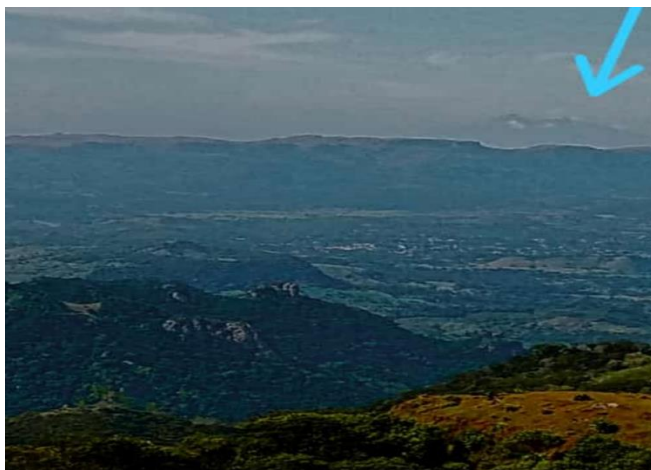
Alcaldesa de la Libertad, Cenelia Ocon al fondo Cerro punta Tumba- Foto propia.

También se destaca los suelos en punta tumba, se evaluó y se determinó que los suelos en las partes de bosques naturales son potencialmente buenos y de calidad, ya que son suelos arcilloso-limoso. Lo que implica que el suelo tanto a nivel físico como químico comprende cantidades de nutriente, materia orgánica y una estructura altamente funcional que comprende una permeabilidad, filtración y retención de agua, y la gran presencia de especies en macrofauna, organismos que se encargan de mantener el equilibrio biológico, esto es impresionante todo a que no son suelos altamente usados para fines agrícolas y ganaderos como los de la parte de bosque intervenido, principalmente de las áreas media, y baja, presentando suelos arenosos.



Vista de la piedra del cacique, desde la parte media del área de Tumbé.

Cerro punta tumbé sin duda es uno de los lugares con valores naturales excepcional e importantes de la sierra de Amerrique, un sitio abierto a estudios sobre la fauna y flora.



Juigalpa con la meseta de Hato Grande, la fecha señala al fondo la vista del volcán Mombacho en Granada.

Esta parte de la reserva cuenta con vigilancia y monitoreo por parte de guardabosques de la alcaldía municipal de la Libertad Chontales, quienes han venido dando resguardo ante la extracción de madera preciosa y animales silvestres, así también se evitan las quemas en el verano disminuyendo los incendios forestales



*Tumbe al fondo, Izquierda a Derecha, Dixon Díaz, Santos Téllez, Lizamarieth Gonzales, Luis Borge, **Juan Pablo Urbina**, y **Barnis Espinoza**, los remarcados en negro son los tres guardabosques*

Los guardabosques tienen registros de entrada y salida hacia la zona, cuando llegan turistas tanto nacionales como extranjeros, se encargan de llevarlos sobre los diferentes senderos y mostrar el área. Tienen además la tarea de acondicionar y buscar nuevos sitios para que el visitante pueda explorar aún más sitios que son de difícil acceso y contemplar la naturaleza que aun ofrece el lugar.

Biodiversidad de otras especies encontradas en el estudio

Nombre Científico:
Nombre Común: Mono araña



Foto web

Taxonomía

Clase: Mammalia Orden: Primates

Familia: Atelidae Género: ateles

Nombre Científico: *Trachycephalus typhonius*
Nombre Común: *Rana arborícola lechosa*



Taxonomía

Clase: *Amphibia* **Orden:** *Anura*

Familia: *Hylidae* **Género:** *Trachycephalus*

Nombre Científico: *Rhinella marina*
Nombre Común: *Sapo de caña*



Taxonomía

Clase: *Amphibia* **Orden:** *Anura*

Familia: *Bufoidea* **Género:** *Rhinella*

Nombre Científico: *Morpho peleides*



Morpho peleides, female

Foto web

Taxonomía

Clase: *Insecta* **Orden:** *Lepidoptera*

Familia: *Nymphalidae* **Género:** *Morpho*

Nombre Científico: *Lycorea albescens*



Foto en el sitio

Taxonomía

Clase: *Insecta* **Orden:** *Lepidoptera*

Familia: *Nymphalidae* **Género:** *Lycorea*

Nombre Científico: *Siproeta stelenes*
Nombre común: Camuflada verde o malaquita



Foto en el sitio

Taxonomía

Clase: *Insecta* **Orden:** *Lepidoptera*

Familia: *Nymphalidae* **Género:** *Siproeta*

Cerro Punta Tumba “El vigilante eterno de la Libertad Chontales”



El suelo y la Macrofauna en Cerro Punta Tumba. Guía II

Facultad Regional Multidisciplinaria de Chontales
Recinto Universitario “Cornelio Silva Arguello”
FAREM-CHONTALES

“2020: Año de la Educación con Calidad y Pertinencia”

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS, TECNOLOGIA Y SALUD

Autores:

Br. Borge Peña Luis Eliezer.

Br. Díaz López Dixon.

Br. González de los Ángeles Lizamarieth.

Tutor:

MSc. Indiana Ramona Montoya Dompé

Asesora: *MSc.* Yorlis Gabriela Luna Delgado

¡A la libertad por la Universidad!

El suelo generador de vida

El suelo es un recurso natural no renovable, un medio vivo y dinámico que proporciona sustento a toda criatura viviente y donde ocurren procesos fundamentales de los ecosistemas como los ciclos del agua, carbono, nitrógeno y fósforo. La selección y aplicación de indicadores para reflejar su calidad, responden a la necesidad de preservar este medio debido a su deterioro creciente y a su valor para la vida en el planeta.



Muestreo de suelo, en cerro punta Tumba, parte baja.

El suelo proporciona nutrientes, agua y minerales para las plantas, almacena mucho carbono y es el hogar de miles de millones de pequeños animales, bacterias y muchos otros microorganismos.

Una vez que se pierde parte del suelo, este no es recuperable en el marco de tiempo de una vida humana. Un centímetro de suelo puede tardar cientos de miles de años en formarse desde la roca madre, pero este centímetro de suelo puede desaparecer en el plazo de un año a través de la erosión.

Alguna vez ha excavado y has llegado a la parte más profunda o has visto en algún cerro, alguna excavación, ese gran manto rocoso es la roca madre, y durante mucho tiempo se ha ido desintegrando poco a poco, hasta convertirse en diminutas partículas y es lo que conocemos como suelo. ´



Roca madre en la parte media, área del bosque.

Al mirar el gran monolito de tumbe, se deja entrever una parte que es roca, proceso talvez de erupciones desde la antigüedad, como resultado quedo una larga cordillera, y ahí este cerro, luego comenzaron a llegar plantas y luego con la lluvia, el agua, el viento, se fue formando lo que hoy vemos, y aun así aún está en proceso. Así se formó parte del suelo a los alrededores, un momento para pensar por que el suelo es importante.

La pérdida de suelo

Nos centraremos solo en tres causas principales, iniciaremos con algo muy común, ***la quema del suelo***, esta es una práctica bastante común en algunas regiones del país y se aplica, primordialmente, como medida de control de malezas.

A causa de las quemas provoca que el suelo se erosione si muy próximo a la quema, empieza a llover. Hay que recordar que, al quemar el terreno, éste queda sin vegetación, o sea, totalmente desprotegido, y de los materiales quemados, únicamente persisten las cenizas, que son los minerales que las plantas requieren, pero eso durara poco tiempo.

Si se da la circunstancia de que empieza a llover muy próximo a haber quemado el suelo, no habrá nada que impida que esas cenizas sean lavadas y todos los minerales liberados, se perderán. Además, si la lluvia es muy fuerte provocará que el agua escurra por la

superficie del terreno y como el suelo está descubierto, empezará a arrastrarlo ocasionando erosión y con ella la pérdida del suelo.



Recolección de muestras, al fondo se logra observar como los potreros van bordeando el área de bosque. Parte media intervenida.

Por Otro lado, tenemos **las malas prácticas agrícolas**, como laboreo intensivo, irrigación excesiva utilizando agua de mala calidad y el uso excesivo de fertilizantes, herbicidas y pesticidas; agotan los nutrientes del suelo más rápido de lo que son capaces de formarse, lo que lleva a la pérdida de la fertilidad del suelo y a su degradación de los suelos.

Y por último tenemos **la ganadería**, la presencia de animales grandes genera daños como compactación y contaminación del suelo, provocando la pérdida de la capacidad de almacenamiento de

agua y la erosión. Estos procesos de compactación afectan el desarrollo de las plantas al igual a los animalitos que viven en él.



Potrero de la finca África, ubicada a 4km aproximadamente, de la cima de punta tumba, parte alta.

La biodiversidad del suelo

La biodiversidad del suelo refleja la variedad de organismos vivos, comprendidos los innumerables microorganismos invisibles (por ej. bacterias y hongos), la micro fauna (por ej. protozoarios y nematodos), la meso fauna (por ej. ácaros y tisanuros) y la macro fauna, mejor conocida (por ej. lombrices y termitas).



Recolección de muestra de suelo para identificar macro fauna en parte alta de punta Tumbé.

Estos últimos son los que nos interesan y son **la macro fauna del suelo**. La macro fauna es el grupo de organismos de mayor tamaño, entre 2 y 20 mm. Comprende una gran variedad de organismos que viven en la superficie del suelo, en los espacios del suelo (poros) y en la zona del suelo cerca de las raíces.

La macro fauna constituye uno de los factores formadores del suelo, interviniendo en los ciclos de los nutrientes, en la regulación de la dinámica de la materia orgánica, Estos procesos mejoran las propiedades funcionales del suelo, promoviendo el crecimiento de las plantas, mejorando la distribución del agua en el perfil y disminuyendo la contaminación ambiental.



Recolección de macro fauna en suelo donde pastorea el ganado, al fondo Tumbé

Sin embargo, todos los beneficios se ven disminuidos por la aplicación de prácticas inadecuadas que son generados por esquemas tradicionales de monocultivos, el uso de implementos inapropiados y excesivo número de laboreo para preparar el suelo, sin tener en cuenta prácticas de conservación, lo que acelera procesos de erosión y degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas.

La macro fauna también es conocida como los ingenieros del suelo o del ecosistema constituyen una clasificación relacionada especialmente con los cambios físicos que provocan en el medio edáfico. Los ingenieros existen mayormente en el interior del suelo

y son responsables de la formación de poros, de la oxigenación y de la infiltración de agua, producto de las redes de galerías que construyen.



Excavación para determinar análisis físico del suelo por medio de calicatas, en Tumbé hay mucha materia orgánica.

En la investigación sobre la macrofauna en Cerro punta Tumbé, se demostró que aún hay diversidad y presencia de estos animales, indicando que el suelo está estable, principalmente en las partes donde hay bosque. A continuación, se muestra fotografías de los individuos encontrados e identificados en esta área de Amerrique, con la información de su papel en el suelo:

Macro fauna encontrada en Cerro Punta Tumbé

Orden de los Aranae.

Las arañas constituyen uno de los grupos de artrópodos terrestres más comunes, pertenecen al orden Aránea tienen el cuerpo dividido en dos regiones: el cefalotórax y el abdomen.

Nombre Científico:
Tetragnathidae



Taxonomía

Clase: Arachnida

Orden: Aranae

Familia: Araneomorfas

“En la región del cefalotórax se ubican de dos a cuatro pares de ojos, un par de quelíceros, un par de pedipalpos, usadas para capturar y dar muerte a sus presas y cuatro pares de patas.

El abdomen es liso, no segmentado y generalmente de forma globosa “ (Chiri., 1989). Las arañas pueden indicar la calidad del hábitat ya que requieren de recursos alimenticios y de refugio disponibles en el ecosistema.

Nombre Científico: ***Euoplos***



Taxonomía

Clase: Arachnida

Orden: Aranae

Familia: Idiopidae

Su importancia en el suelo es que son esenciales para el equilibrio natural, ya que son unas voraces depredadoras dentro de la escala alimentaria en la naturaleza. Y a la vez son indicadoras de cambios ambientales, ya que si surge un incendio las especies autóctonas mueren, pero reaparecen otras y empiezan sus funcionalidades en el área afectada.

Nombre Científico: *Scytodes globula*



Taxonomía

Clase: Arachnida

Orden: Araneae

Familia: Scytodidae

Orden Blattodea

Las cucarachas son comunes, frecuentemente despreciadas, sin embargo, de las 4.600 especies conocidas en el mundo solo el 1% son consideradas plagas domiciliarias.

Nombre Científico: *Blaptica dubia*



Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Blattodea

Familia: Blattidae

Esto significa que la mayoría viven en hábitats silvestres.

“Las cucarachas consumen con mayor frecuencia todo tipo de material muerto, ya sea de origen animal o vegetal (omnívoros y detritívoros).

Algunas pueden consumir material vegetal vivo (herbívoros). Son de actividad nocturna fundamentalmente y se

encuentran en un amplio rango de ecosistemas” (Noguera, 2014).

Por lo general son excelentes indicadores biológicos, porque nos ayudan a determinar de un modo muy somero la cantidad de humedad y luz que puede poseer un bosque.

Orden de los Coleópteros.

Los escarabajos, ya sean en estado larval o adulto, tienen una gran variedad de formas, tamaños y sitios de refugio y alimentación. Esta diversidad de hábitats es un reflejo de las diferentes dietas que poseen, por lo que podemos encontrar familias detritívoras, herbívoras y depredadoras.

Nombre Científico:
Oryzaephilus
Surinamensis



Taxonomía

Clase: Insecta
Orden: Coleóptera
Familia: Silvanidae

Las familias Elateridae, Scarabaeidae, Curculionidae y Chrysomelidae son fundamentalmente herbívoras, ya sea de hojas, tallos o raíces.

Las dos primeras familias viven en el interior del suelo, entre las raíces de las plantas, y el resto pueden ser encontradas entre la hojarasca superficial.

Por su parte, Tenebrionidae es detritívora y Carabidae depredadora de otros escarabajos, de larvas de

Nombre Científico: *Phyllophaga spp*




Taxonomía

Clases: Insecta
Orden: Coleópteros
Familia: Scarabaeidae

moscas y de mariposas, de chinches, de caracoles y de micro artrópodos como los colémbolos.



Los escarabajos son el orden con mayor número de especies, no solo de clase de los insectos, sino también del Reyni animal.



En el caso de Staphylinidae tiene especies herbívoras, detritívoras y también depredadoras de otros insectos y de micro artrópodos como los ácaros Oribátidos. Tenebrionidae, Carabidae y Staphylinidae pueden ser halladas en la superficie o en el interior del suelo.

Nombre Científico: <i>Acrocinus longimanus</i>

<u>Taxonomía</u>
Clase: Insecta Orden: Coleópteros Familia: Cerambycidae

Algunas de estas familias son muy sensibles a cambios en las prácticas agrícolas que afectan los recursos

disponibles, ya sea por la aplicación de fertilizantes, plaguicidas o laboreo intenso. Estos son indicadores de la calidad de la materia orgánica, ya que ellos mismos la degradan y la transforman en material fértil.

<p>Nombre Científico: <i>Psyllobora Vigintiduopunctata</i></p>	<p>Nombre Científico: <i>Agrotis SSP(larva)</i></p>
	
<p><u>Taxonomía</u></p>	<p><u>Taxonomía</u></p>
<p>Clase: Insecta Orden: Coleópteros Familia: Coccinellidae</p>	<p>Clase: Insecta Orden: Coleóptero Familia: Eateridae</p>

<p>Nombre Científico: <i>Sitophilus granarius (pulpa)</i></p>	<p>Nombre Científico: <i>Agriotes lineatus</i></p>
	
<p><u>Taxonomía</u></p>	<p><u>Taxonomía</u></p>
<p>Clase: Insecta Orden: coleópteros Familia: Curculionidae</p>	<p>Clase: Insecta Orden: coleóptera Familia: Elaeridae</p>

Orden Crassicitellata.

Desde el punto de vista funcional, las lombrices de tierra son considerados ingenieros del ecosistema ya que su acción fundamental es la transformación de las propiedades físicas del suelo (regulan la compactación, la porosidad, las condiciones

**Nombre Científico: *lumbricus*
*terrestres***



hídricas y la macro agregación).

La mayoría de las especies son detritívora, pues consumen materia orgánica con alto grado de descomposición junto a material mineral del suelo.

Taxonomía

Clase: Clitellata
Orden: Crassicitellata
Familia: lumbricidae

Pueden ser buenas indicadoras ante situaciones como la contaminación por

plaguicidas y metales pesados*, compactación, contenido de materia orgánica y condiciones hídricas en el medio edáfico.

Orden Dermáptera.

Estos insectos son conocidos vulgarmente como “pica culos” y pueden ser confundidos con los escarabajos. Son insectos alargados y con boca masticadora. La mayoría de las especies presentan el primer par de alas como élitros y el segundo en forma de abanico. Se diferencian de otros insectos por la presencia, al final del cuerpo, de un par de estructuras a modo de fórceps, cercos o pinzas.

Nombre Científico: *Canarilabis máxima*



Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Dermaptera

Familia: Anisolabidae

Son principalmente de actividad nocturna y su función es detritívora y depredadora.

Realizan todo su ciclo de vida en el suelo, cavando y viviendo en túneles profundos en muchas ocasiones. Estos insectos

también son indicadores de humedad, ya que no les gusta la luz y socaban lo más profundo que puedan.

Orden Himenópteras.

Las Hormigas y zompopos hacen nidos que pueden ser simples o altamente complejos, formados en la superficie o en el interior del suelo, para lo cual remueven los diferentes estratos de este medio,

Nombre Científico: *Lasius niger*



Taxonomía

Clase: Insecta

Orden: Himenóptera

Familia: Formicidae

contribuyendo así a la dinámica de descomposición y mineralización de la materia orgánica.

De esta manera, también crean sitios de refugio y alimentación para otros organismos descomponedores.

Al igual que las lombrices de tierra, su acción fundamental es como ingenieros del suelo en la modificación de su estructura física. Las hormigas son organismos omnívoros, poco selectivos, que

consumen todo tipo de material vegetal o animal.

También pueden ser efectivos depredadores de otros invertebrados, controlando sobre todo la población de herbívoros y la producción vegetal. Algunos especialistas han registrado un aumento de su abundancia, diversidad.

Son insectos de comportamiento gregario, parientes de las avispas y las abejas. En sus colonias existen diferentes miembros o castas que cumplen con funciones distintas, por ejemplo, los soldados que protegen el nido, y las obreras que cuidan la colonia y alimentan a

sus integrantes. Las hormigas se identifican fácilmente por sus antenas en ángulo recto o de forma acodada y por la presencia de una constricción entre el tórax y el abdomen, llamada pedicelo o cinturita.

Nombre Científico: Atta.



Taxonomía

Clases: Insecta

Orden: Himenópteras

Familia: Formicidae

Orden de los Hemípteros

Chinches, salta hojas y pulgones, tienen caracteres que distinguen a este grupo son la forma de la boca y la posición de las alas cuando se encuentran en reposo.

Todos los integrantes de Hemíptera, que habitan en el suelo, tienen hábito herbívoro pues atacan raíces u hojas.

Se pueden encontrar en la hojarasca, dentro del suelo, debajo de la corteza de árboles caídos y en todo tipo de ecosistemas naturales o antropizados. Sus poblaciones son susceptibles a la aplicación de plaguicidas.

Nombre Científico:
Dichelops furcatus



Taxonomía

Clase: Insecta
Orden: Hemíptero
Familia: Pentatomidae

Es decir, indican que son susceptibles a las variaciones ambientales que intervienen en la formación de la estructura del suelo, (entre mayor actividad antropogénicas menor será la presencia de esto) y composición de comunidades de insectos.

Clase Chilopoda.

Usualmente azulados, amarillos pálidos y naranjas o con otras combinaciones de colores. A diferencia de los milpiés, poseen un

Nombre Científico: *Scolopendra*
Morsitans



par de patas por segmento del cuerpo, y pueden llegar a medir desde unos mm hasta varios cm. Conocidos popularmente como ciempiés y escolopendras.

Taxonomía

Clase: Chilopoda

Orden: Scolopendromorpha

Familia: scolopendridae

Cuerpo segmentado, alargado y plano,

dividido en cabeza y tronco. Tienen un par de antenas, por lo general de considerable longitud, localizadas en el margen anterior de la cabeza. Al final del cuerpo presentan el telson, del cual se extienden un par de apéndices a modo de patas.

La presencia de estos insectos demuestran que son indicadores de húmeda, ya que su habitat son las selvas tropicales húmedas, además si dieta incluye, murciélagos ratones, y demás insectos que los pueda casar.

Orden Isópoda

Los isópodos o cochinillas se alimentan de material vegetal muerto, por lo que ayudan en la descomposición de la hojarasca, y en algunas situaciones pueden ingerir excrementos, restos animales y material vegetal vivo.

La mayoría son altamente susceptibles a la pérdida de agua, debido a lo cual están restringidos a hábitats húmedos.

Por su permanencia en la superficie del suelo, pueden ser afectados

Nombre Científico: *Armadillidium vulgare*



Taxonomía

Clase: Malacostraca

Orden: Isópoda

Familia: Armadilídiidae

por el intenso laboreo y la adición de plaguicidas, fundamentalmente.

En conclusión, se recomienda la Siembra al contorno o en curvas a nivel.

También se le llama siembra en contra de la pendiente o siembra

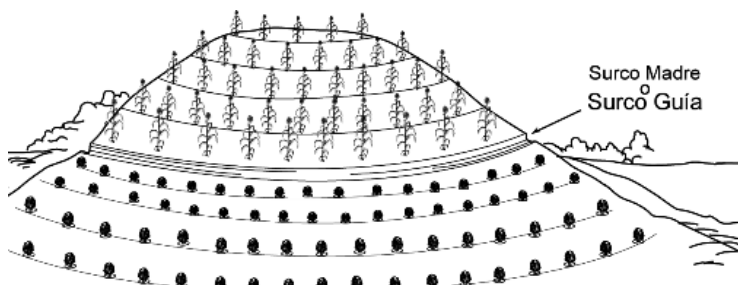
atravesada a la pendiente. Esta práctica consiste en hacer las hileras del cultivo en contra de la pendiente siguiendo las curvas a nivel. Se recomienda para cualquier clase de cultivo cuando la pendiente del terreno es mayor al 5%.

La importancia de esta práctica es que, al sembrar las hileras del cultivo en contra de la pendiente, las demás labores del cultivo como limpieza y aporques, se hacen de la misma manera. Además, cada surco o hilera del cultivo se oponen al paso del agua de lluvia que no se logra filtrar en el suelo, disminuyendo su velocidad, y así hay menos arrastre del suelo y nutrientes.

Una forma sencilla de hacer la siembra en contra de la pendiente del terreno es trazando en el centro de la parcela una curva a nivel con el agro-nivel o nivel "A".

Esta curva trazada será el surco o hilera madre que servirá de línea guía para trazar las demás hileras del cultivo paralelas a este surco madre, tanto hacia arriba como hacia abajo del terreno hasta que quede cubierta toda la parcela

Para proteger mejor los suelos inclinados, se recomienda combinar esta práctica con otras de mayor eficiencia para el



control de la erosión como las barreras vivas, barreras de piedras y zanjas de ladera.

Una curva a nivel es el trazo de una línea perpendicular a la pendiente, en la cual, todos los puntos están alineados al mismo nivel. Las acequias, terrazas, mini terrazas y barreras vivas se construyen sobre curvas a nivel. Cultivando en curvas a nivel se reduce la erosión y aumenta la retención de agua.