

**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE  
DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



**“EFECTOS DE LA COBERTURA VEGETAL EN LAS  
CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS DE  
LOS SUELOS DEGRADADOS POR MINERÍA AURÍFERA EN  
LA COMUNIDAD NATIVA SAN JACINTO, TAMBOPATA -  
MADRE DE DIOS 2019”**

**TESIS, PRESENTADO POR :**

**Bachiller:** PIÉROLA PÉREZ, Leydi

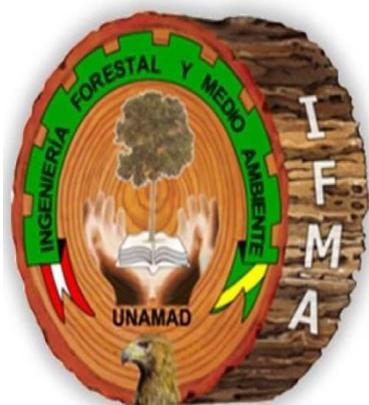
**Bachiller:** CACERES AMPUERO, Luis  
Aurelio

PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO  
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

**Asesor:** Dr. PEÑA VALDEIGLESIAS,  
Joel



**UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE  
DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE**



**“EFECTOS DE LA COBERTURA VEGETAL EN LAS  
CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS DE  
LOS SUELOS DEGRADADOS POR MINERÍA AURÍFERA EN  
LA COMUNIDAD NATIVA SAN JACINTO, TAMBOPATA -  
MADRE DE DIOS 2019”**

**TESIS, PRESENTADO POR :**

**Bachiller:** PIÉROLA PÉREZ, Leydi

**Bachiller:** CACERES AMPUERO, Luis  
Aurelio

PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO  
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

**Asesor:** Dr. PEÑA VALDEIGLESIAS,  
Joel

Puerto Maldonado, Octubre de 2022

## DEDICATORIA

En primer lugar, doy gracias a Dios por permitirme tener tan buena experiencia en las aulas de mi universidad, y a su vez llegar a ser un buen profesional en lo que me apasiona, de igual manera agradecer a cada docente que integro parte de este proceso de formación.

A mis queridos padres, por ser los promotores de mis metas, la dedicación, paciencia, por su apoyo incondicional, creyendo en mí y mis expectativas.

**Atte. Piérola Pérez, Leydi**

A mis queridos abuelos por darme su apoyo y consejos infinitos, asimismo ser un ejemplo de superación y sacrificio.

A mis padres y hermanas por estar siempre conmigo, por darme ánimos de salir adelante y su cariño incondicional.

A Dios por cuidar de mis seres queridos y haberme dado una familia tan maravillosa.

**Atte. Caceres Ampuero, Luis Aurelio**

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos un profundo agradecimiento:

Al Señor todo poderoso por habernos permitido llegar hasta este punto de nuestra vida académica, darnos impulsos para seguir avanzando y no desalentar en los problemas que se presentaron.

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, al ente financiero y a la Comunidad nativa "San Jacinto", por permitirnos realizar esta investigación y brindarnos todas las facilidades en cada evaluación de campo.

A la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, que, a través de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, por permitirnos ser parte de su gran familia estudiantil, a nuestros docentes por transmitir sus conocimientos y por darnos una excelente formación académica y profesional.

A nuestro Asesor de tesis, el Dr. Joel Peña Valdeiglesias, por sus recomendaciones y guía durante la elaboración y ejecución de esta tesis, sin duda fue un privilegio poder contar con su guía.

A nuestros jurados, por su interés en brindar las correspondientes observaciones sobre nuestro proyecto y las oportunas sugerencias para su mejora.

Finalmente, un gran agradecimiento a nuestra familia y amigos por sus aportes y el apoyo que nos brindaron en el desarrollo de nuestra investigación

## **PRESENTACIÓN**

Este estudio fue elaborado como requisito para obtener el título profesional, pero su objetivo más que nada es apoyar la conservación y restauración forestal brindando mayores datos en la toma de decisiones informadas y así ampliar el conocimiento sobre el estado de la macrofauna y las propiedades fisicoquímicas de suelos en terrenos degradados por la actividad minera aurífera aluvial, mediante el manejo de cobertura vegetal.

Por otro lado, está comprobado que la macrofauna del suelo está estrechamente relacionado con la fertilidad de los suelos. En este contexto, se han probado estudios sobre el efecto positivo del aprovechamiento vegetativo del suelo y más sobre en la restauración de suelos degradados., son insuficientes en la literatura científica. Por ende, la presente investigación procura cubrir parte de este vacío de información, siguiendo el método científico.

Los resultados proporcionan una descripción detallada de la abundancia, biomasa y diversidad de macrofauna, el análisis de las propiedades fisicoquímicas de suelos degradados por minería aurífera, así como el efecto de los períodos de estación seca y lluviosa en la macrofauna de estos suelos, finalmente establecer la relación entre la macrofauna y las propiedades fisicoquímicas de estos suelos mediante el uso de cultivos vegetales en el distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región de Madre de Dios.

## RESUMEN

El propósito del presente estudio fue la evaluación del impacto de seis especies de cobertura vegetal en las propiedades biológicas (macrofauna) y fisicoquímicas de suelos degradados por la actividad minera aurífera, ubicados en el distrito y provincia de Tambopata, Madre de Dios. El diseño experimental consistió en seis repeticiones con ocho tratamientos (seis leguminosas y dos testigos). La macrofauna se recolectó utilizando el método del programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), recopilando datos sobre abundancia, biomasa, abundancia y diversidad.

Los resultados de abundancia en periodo seco mostraron 17 órdenes con 94 ind/m<sup>2</sup>, su orden más abundante fue Hymenóptera (112 ind/m<sup>2</sup>), mientras, en periodo lluvioso fueron 14 órdenes con 35 ind/m<sup>2</sup>, siendo más abundante Hymenóptera (53 ind/m<sup>2</sup>). La orden con mayor biomasa en periodo seco fue Spirobólida (0,51 g/m<sup>2</sup>), mientras, en periodo lluvioso fue Haplotáxida (0,67 g/m<sup>2</sup>) ambos en bosque de referencia. Se halló mayor índice de dominancia en periodo lluvioso (0,94) frente al periodo seco (0,79). Hubo mayor diversidad en bosque de referencia que en área intervenida, sin embargo, el tratamiento con *Stylosanthes guianensis* en periodo lluvioso mostró valores cercanos al bosque con índice de 1,7. Los análisis de suelo mostraron pH moderadamente ácidos, bajos en materia orgánica, fósforo y potasio. En ambos períodos, las poblaciones de Coleópteros fueron afectadas por materia orgánica, limo, arcilla, C.I.C., Ca y Mg (correlación positiva), mientras que arena y pH (correlación negativa). Finalmente, en los tratamientos con *Stylosanthes guianensis* y *Pueraria phaseoloides* se hallaron mejores propiedades biológicas y fisicoquímicas.

### **Palabras clave:**

Degradación, diversidad, fisicoquímica, leguminosa, macrofauna y minería.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the impact of six plant cover species on the biological (macrofauna) and physicochemical properties of soils degraded by gold mining activity, located in the district and province of Tambopata, Madre de Dios. The experimental design consisted of six repetitions with eight treatments (six legumes and two controls). The macrofauna was collected using the method of the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) program, collecting data on abundance, biomass, abundance and diversity.

The results of abundance in the dry period showed 17 orders with 94 ind/m<sup>2</sup>, its most abundant order was Hymenoptera (112 ind/m<sup>2</sup>), while in the rainy period there were 14 orders with 35 ind/m<sup>2</sup>, being more abundant Hymenoptera (53 ind/m<sup>2</sup>). The order with the highest biomass in the dry period was Spirobolida (0,51 g/m<sup>2</sup>), while in the rainy period it was Haplotaxida (0,67 g/m<sup>2</sup>), both in the reference forest. A higher dominance index was found in the rainy period (0,94) compared to the dry period (0,79). There was greater diversity in the reference forest than in the intervened area, however, the treatment with *Stylosanthes guianensis* in the rainy season showed values close to the forest with an index of 1,7. Soil analyzes showed moderately acidic pH, low in organic matter, phosphorus and potassium. In both periods, Coleopteran populations were affected by organic matter, silt, clay, C.I.C., Ca and Mg (positive correlation), while sand and pH (negative correlation). Finally, in the treatments with *Stylosanthes guianensis* and *Pueraria phaseoloides*, better biological and physicochemical properties were found.

### **Keywords:**

Degradation, diversity, physicochemical, legume, macrofauna and mining.

## INTRODUCCIÓN

Las actividades mineras se consideran uno de los usos de la tierra responsable de la mayor degradación ambiental en todo el mundo y de un drástico cambio en el paisaje como resultado del proceso de explotación. Entre estos cambios, se destacan la pérdida de vegetación, pérdida de recursos bióticos, cambio de la estructura del suelo, así como contaminación del aire, agua y suelo (Dias *et al.* 1995). La minería aurífera, en particular, es una de las actividades mineras que amenazan la integridad de los ecosistemas. Los depósitos de relaves auríferos son fuentes potenciales de contaminación ambiental, esto a causa de la presencia de metales pesados, conteniendo minerales sulfurados y otros (Salomons 1995).

La Amazonía Peruana, viene sufriendo pérdidas inmensas de áreas de bosques primarios; en el periodo 2001-2017 se deforestaron 2 130 123 ha, de ahí en la región Madre de Dios se deforestaron 186 242 ha (8,7%), siendo Ucayali y Madre de Dios (23 669 ha) las regiones más deforestadas en el 2017 (MINAM 2017), desafortunadamente, la minería aurífera representa el 38% de esta deforestación en Madre de Dios en 2017 (9 860 ha). Cabe señalar que en el período 2009-2017, debido a las actividades anteriores, se despejaron 64 586 hectáreas de bosque, lo que equivale a 90 456 canchas de fútbol (CINCIA 2018).

Entre los contaminantes provenientes de la minería aurífera se destaca el arsénico, que es altamente tóxico para las plantas, animales y humanos, pudiendo afectar la abundancia y riqueza de una especie (Hoffmann y Andersen 2003). Además, desde hace varios años, obtener indicadores que puedan ayudar a conocer sobre la calidad del suelo ha sido un problema mundial; generalmente se determina mediante el estado de sus propiedades fisicoquímicas y/o biológicas (Cabrera 2012). La degradación y pérdida de fertilidad del suelo están directamente relacionadas con la alteración en la abundancia y diversidad de la macrofauna del suelo (Laville *et al.* 1992). Estos organismos juegan un papel central en las diversas funciones del ecosistema que sustentan la calidad del suelo y a su vez el crecimiento óptimo de las plantas, como una fuerza que controla el ciclo de nutrientes y las

interacciones con los microorganismos, y la descomposición y mineralización de los residuos vegetales (Yang *et al.* 2007). La macrofauna, dada su diversidad, número y función, responden de diferentes formas a la contaminación de metales pesados como son el cadmio, cobre, plomo y mercurio, por consiguiente, estos pueden ser un indicador de la contaminación del suelo y se utilizan para determinadores de la calidad del suelo (Li *et al.* 2010).

En este contexto, este estudio busca en estudios de la macrofauna del suelo para llenar estos vacíos de información, y el impacto que genera la cobertura vegetal en la macrofauna de los suelos afectados por la minería aurífera, de igual forma, si la precipitación influye en su dinámica de fluctuación. La información resultante permitirá la aplicación de prácticas adecuadas en cuanto a la composición y riqueza de los suelos degradados por la minería aluvial, y con este efecto, en un momento posterior, poder promover la restauración de otras áreas también afectadas por la minería aurífera.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción del problema .....	1
1.2 Formulación del problema .....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.4 Variables.....	3
1.5 Operacionalización de las variables .....	4
1.6 Hipótesis.....	6
1.7 Justificación .....	6
1.8 Consideraciones éticas.....	7
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
2.1 Antecedentes de estudio .....	8
2.2 Marco teórico .....	12
2.3 Definición de términos .....	14
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Tipo de estudio .....	17
3.2 Diseño de estudio .....	17
3.3 Población y muestra .....	19
3.4 Métodos y técnicas .....	19
3.5 Tratamiento de los datos .....	27
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>30</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>SUGERENCIAS .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>63</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre las actividades de la macrofauna, las características edáficas y la productividad vegetal.....	13
Figura 2. Mapa de localización del área experimental y clasificación de cobertura vegetal (Bosques) .....	20
Figura 3. Mapa de distribución de las parcelas experimentales en el área de estudio.....	22
Figura 4. Los pasos a seguir para la colecta de especímenes según el “Programa de Biología y Fertilidad de los Suelos Tropicales(TSBF)” .....	24
Figura 5. Partición de muestras .....	26
Figura 6. Distribución aleatoria de los puntos de submuestras. ....	27
Figura 7. Abundancia de macroinvertebrados en periodo seco .....	31
Figura 8. Abundancia de macroinvertebrados en periodo lluvioso .....	34
Figura 9. Biomasa de macroinvertebrados en periodo seco .....	36
Figura 10. Biomasa de macroinvertebrados en periodo lluvioso.....	37
Figura 11. Riqueza (Índice de dominancia de Simpson) de macroinvertebrados mediante tratamientos en periodo seco y lluvioso .....	39
Figura 12. Diversidad de macroinvertebrados en periodo seco y lluvioso....	40
Figura 13. Escalamiento multidimensional no métrico de la población de macroinvertebrados en periodo seco y lluvioso .....	41
Figura 14. PH y materia orgánica del suelo por tratamiento .....	44
Figura 15. Niveles de Fósforo y Potasio del suelo (ppm) por tratamiento ....	45
Figura 16. Composición de las partículas de arena, limo y arcilla de los suelos.....	46
Figura 17. Cationes cambiables de los suelos .....	47
Figura 18. Efecto del contenido de arena, limo y arcilla del suelo en la población de coleópteros .....	50
Figura 19. Efecto del contenido de materia orgánica (%) y cationes cambiables (meq/100g de suelo) en la población de coleópteros.....	51
Figura 20. Efecto del pH y de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g de suelo) en la población de coleópteros.....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de variables e indicadores.....	5
Tabla 2. Principales grupos taxonómicos de la macrofauna edáfica .....	12
Tabla 3. Descripción de los tratamientos (especies de cobertura vegetal) ..	18
Tabla 4. Descripción de las repeticiones .....	18
Tabla 5. Levantamiento de los datos .....	28
Tabla 6. Coeficientes de correlación (r) entre las características físicoquímicas del suelo y la población de macroinvertebrados .....	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia .....	63
Anexo 2. Instrumento.....	65
Anexo 3. Solicitud de autorización para realización de estudio .....	67
Anexo 4. Ficha de validación.....	68
Anexo 5. Cuadros estadísticos de resultados.....	69
Anexo 6. Fotografías de la investigación .....	77

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Descripción del problema**

A partir de la década de 1970, el auge del oro y su costoso precio cautivó a miles de mineros en la Amazonía peruana e indujo a graves impactos en los ecosistemas del planeta, con grandes costos hacia la salud de las personas y al ambiente (Webb *et al.* 2004). Un reciente estudio de imágenes satelitales empleando un nuevo método innovador ejemplifica que los últimos 32 años (1985-2017), 95 750 (ha) de bosque desaparecieron a raíz de la minería en el sureste de la amazonia peruana, un área más extensa que la metrópoli de Lima (CINCIA 2018). Asimismo, se proyecta que degradaron unas 150 000 ha más; situando en riesgo la salud de los animales, plantas y humanos (Brack *et al.* 2011).

En tierras minadas surgen indudables circunstancias extremas del suelo que imposibilitan el desarrollo de plantas, específicamente a las características físicas, excesiva falta de algunos nutrientes y grados de toxicidad de algunos metales pesados (Bradshaw 1997).

Los seres del suelo contribuyen una cadena de servicios hacia la sustentabilidad del total de ecosistemas. Ellos vienen a ser los indispensables agentes que mantienen la estructura del suelo, eliminando los compuestos tóxicos, desintegrando la materia orgánica y control del crecimiento de las plantas (FAO 2007).

Las coberturas vegetales o leguminosas, quienes son especies especialistas muy agresivas y pioneras, excelentes productores de biomasa y presentes en una amplia escala de condiciones aluviales y edáficas, han tenido un papel importante en la restauración de suelos degradados, ya que están asociados con bacterias fijadoras de nitrógeno y también con hongos micorrízicos,

expresando una capacidad aun mayor de crecimiento (Dias *et al.* 1995). La incorporación de estas leguminosas es una manera económica, eficiente y permanente de recuperar estas áreas degradadas y que además ayuda al sistema suelo, planta y animal. Asegurando de esta forma, que la minería llegue a realizar un cierre y no permanezca en una ruina.

Diversos seres de la macrofauna son significativos en cuanto a la transformación de las características del suelo, dentro de las cuales son: las lombrices de tierra (Orden: Haplotáxida), termitas (Orden: Isóptera) y las hormigas (Orden: Hymenóptera), que manipulan cual arquitectos del ecosistema en la creación de los poros, la filtración de agua, la humificación y también en la mineralización del material orgánico (Cabrera *et al.* 2011)

El desarrollo de esta investigación busca destacar la importancia de recuperar suelos degradados mediante el uso de cobertura vegetal, influyendo positivamente en las propiedades biológicas y fisicoquímicas de estos suelos; por ende, comparar la influencia de la precipitación en la macrofauna de los mismos. Asimismo, determinar relaciones significativas entre la macrofauna y las características físicas y químicas de estos suelos. Por último, esperamos que sirva de base o referencia en posteriores estudios.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general:**

¿Los tratamientos de la cobertura vegetal en suelos degradados por minería aurífera aluvial podrán generar efectos en las características biológicas y fisicoquímicas de estos suelos situados en la Comunidad Nativa de San Jacinto, Tambopata- Madre de Dios?

### **1.2.2 Problemas específicos:**

¿Cuánto es la abundancia y biomasa de la macrofauna de suelos degradados por minería aurífera aluvial, a través del uso de cultivos de cobertura?

¿Cómo será la caracterización con respecto a su diversidad y riqueza de la macrofauna en suelo degradado por minería aurífera aluvial, mediante el uso de cultivos de cobertura?

¿Cuánto será la influencia del periodo seco y lluvioso en la macrofauna del suelo?

¿Cuáles serán las características fisicoquímicas de los suelos afectados por minería aurífera aluvial, mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal?

¿Cuáles serán las relaciones entre la macrofauna del suelo con las características fisicoquímicas del suelo?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar los efectos de la cobertura vegetal en las características biológicas, físicas y químicas de los suelos degradados por minería aurífera en la comunidad nativa San Jacinto, Tambopata - Madre de Dios.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar la abundancia y biomasa de la macrofauna en suelos degradados por minería mediante el uso de seis tipos de cultivos como cobertura vegetal.
- Caracterizar la riqueza y diversidad de la macrofauna en suelos degradados por minería mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal.
- Determinar y evaluar la influencia del periodo seco y lluvioso en la macrofauna del suelo mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal.
- Analizar las características fisicoquímicas de los suelos degradados por minería mediante el uso de cultivos como cobertura vegetal.
- Determinar y evaluar las relaciones entre la macrofauna del suelo con las características fisicoquímicas de los mismos mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal.

### **1.4 Variables**

#### **1.4.1 Variables independientes:**

- a) Cobertura vegetal: Son las especies de los cultivos de cobertura vegetal.
- b) Periodo: Son las estaciones o temporadas de precipitación

(condiciones de temperatura, lluvia, humedad, etc.) de una región en cierto periodo de tiempo.

#### **1.4.2. Variables dependientes**

##### a) Macrofauna

- Abundancia: En cada muestreo se establecerá la abundancia o densidad de la macrofauna del suelo.
- Biomasa: En cada muestreo se establecerá la biomasa, calculando los gramos de peso en fresco de los individuos.
- Riqueza: Se medirá de acuerdo al índice de dominancia de Simpson que se manipula para cuantificar la dominancia específica.
- Diversidad: Se medirá de acuerdo al índice de diversidad de Shannon, empleado para cuantificar la biodiversidad específica.
- Distribución vertical: Son los cuatro estratos del suelo: Mantillo, de 0 - 10, de 10 - 20 y de 20 - 30 cm.

##### b) Características fisicoquímicas:

- PH (1:1)
- Materia Orgánica (%)
- Fósforo (ppm)
- Potasio (ppm)
- Análisis mecánico (arena, limo y arcilla en %)
- Capacidad del intercambio catiónico (CIC) (meq/100g)
- Cationes Cambiables (meq/100g): Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, Aluminio + Hidrógeno o más conocido como acidez intercambiable.

#### **1.5 Operacionalización de variables**

Para este estudio se elaboró la tabla 1, definiendo y explicando el sistema de variables e indicadores que fueron necesarios para lograr los objetivos.

Tabla 1. Sistema de variables e indicadores

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores
<b>1. Variable independiente</b>			
Cobertura vegetal	Son las especies de los cultivos de cobertura vegetal.	Siembra directa en suelo degradado por minería aurífera aluvial.	Sobrevivencia
Periodo	Espacio de tiempo donde ocurre precipitación pluvial (condiciones de lluvia, humedad, etc.) en un determinado lugar.	Periodo seco	Periodo de tiempo entre los meses de mayo a setiembre.
		Periodo lluvioso	Periodo de tiempo entre los meses de noviembre a marzo.
<b>2. Variable dependiente</b>			
Macrofauna	Abundancia: Es la densidad de macroinvertebrados del suelo.	Suelo degradado por minería aurífera aluvial cubierto con cobertura vegetal y testigo (sin cobertura vegetal y otro en bosque de referencia).	Número de individuos por metro cuadrado (individuos/m <sup>2</sup> ).
	Biomasa: Masa de organismos, donde se calculan los gramos de peso en fresco de los individuos.		Peso en gramos por metro cuadrado (g/m <sup>2</sup> ).
	Riqueza: Es la medición de acuerdo al índice de dominancia de Simpson que se utiliza para cuantificar el predominio de una especie sobre otra.		Valores numéricos que varían entre 0 y 1.
	Diversidad: Es la medición de acuerdo al índice de diversidad de Shannon, empleado para cuantificar la variedad o biodiversidad específica.		Valores numéricos que varían entre 0,5 y 5.
Características fisicoquímicas del suelo	Características físicas:	Suelo impactado por minería aurífera aluvial cubierto con cobertura vegetal y testigos (sin cobertura vegetal y otro en área de bosque de referencia).	P.H, materia orgánica (%), Fósforo (ppm), Potasio (ppm), análisis mecánico (arena, limo y arcilla en %), Capacidad del intercambio catiónico (meq/100g), Cationes cambiables como Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio y acidez intercambiable (meq/100g).
	Características químicas:		

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

El uso de cultivos de cobertura vegetal en suelos degradados por minería aurífera aluvial, no influye en la macrofauna y en las características fisicoquímicas de estos suelos ubicados en la Comunidad Nativa San Jacinto, Tambopata, Madre de Dios.

### **1.6.2 Hipótesis específicas**

- Existe menor abundancia y biomasa de la macrofauna en suelos degradados por minería aurífera aluvial, a través del uso de cultivos de cobertura vegetal.
- Existe menor índice de riqueza y diversidad de la macrofauna en suelos degradados por minería aurífera aluvial, a través del uso de cultivos de cobertura vegetal.
- Existe menor influencia del periodo seco y lluvioso en la macrofauna en suelos degradados por minería aurífera aluvial, a través del uso de cultivos de cobertura vegetal.
- Existen suelos con bajas características fisicoquímicas mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal.
- Existen mínimas relaciones entre la macrofauna en suelos degradados por minería aurífera aluvial con las características fisicoquímicas de estos suelos.

## **1.7 Justificación**

La deforestación ha acrecentado en los últimos años, siendo en toda la región, la provincia de Tambopata en donde se concentra la mayor parte de minería aurífera aluvial (OSINFOR 2016). Ante esto, es ineludible adoptar acciones hacia la preservación de cuantiosas áreas con vegetación en el que inclusive existen comunidades nativas, quienes preservan la cultura, las lenguas y los hábitats naturales, por ende, es imperioso dar continuidad al estudio.

Por consiguiente, el presente trabajo de investigación va contribuir como una proposición para instituir una metodología con la misión de concretar la ejecución de los planes de una restauración ecológica de áreas impactadas por la minería aurífera aluvial.

### **1.8 Consideraciones éticas**

El presente estudio fue realizado siguiendo los lineamientos del método científico para la obtención de resultados comparables y replicables, el método utilizado para la evaluación de la macrofauna es el “Tropical Soil Biology and Fertility Program” (TSBF) y el otro método para la caracterización fisicoquímico del suelo es el de Muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente 2014.

Asimismo, la ejecución de las actividades en campo se realizó con previa autorización por la entidad ejecutante del proyecto: “Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana” (IIAP) aliados con la Comunidad nativa San Jacinto, por lo tanto, no hubo ningún tipo de riesgo para los tesisistas ni para las personas que colaboraron en la ejecución de la misma.

Con relación a la Ley Forestal N° 29763 y con la Ley General del Ambiente N° 28611 se tuvo las siguientes atenciones éticas: Se llevó a cabo con responsabilidad y respeto por el medio ambiente, tomando las medidas necesarias para evitar cualquier deterioro e impacto negativo durante la realización de las actividades de campo.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de estudio

#### 2.1.1 Estudios Internacionales

En Nariño, Colombia, Navia *et al.* (2021) evaluaron la macrofauna en dos sistemas: *Coffea arabica* y café de bosque nativo, durante épocas de invierno y verano. Se reportó que la mayor densidad se presentó en invierno en el sistema bosque, con 10 órdenes/m<sup>2</sup>. El mayor número de densidad de individuos se encontró en invierno, en el sistema bosque (1 808 ind/m<sup>2</sup>) y café (1 368 ind/m<sup>2</sup>). Para la biomasa, el mayor aporte se obtuvo en la época de invierno en el bosque con 205,74 g/m<sup>2</sup>, siendo la orden Haplotáxida de gran valor por el aporte de biomasa.

Según un estudio desarrollado en Caquetá, Colombia, titulado “Macrofauna edáfica asociada con sistemas agroforestales en la Amazonía Colombiana”, al determinar los resultados reveló que la densidad de macroinvertebrados es superior en el periodo lluvioso. Además, indicó que los sistemas agroforestales interceden en la apariencia y ausencia de órdenes como Homóptera y Raphidióptera (Suárez *et al.* 2015).

Al sureste de Brasil, en Minas Gerais, Ribas *et al.* (2011) evaluaron la macrofauna de hormigas para conocer la eficacia de los esfuerzos de rehabilitación después de la extracción de oro. Concluyeron que *Camponotus fastigatus* puede utilizarse como un buen indicador de rehabilitación ambiental en áreas impactadas por minería. Además, *Ectatomma edentatum*, *Dorymyrmex brunneus* y *Crematogaster evallans* pueden indicar que el proceso de rehabilitación aún no se ha completado.

Por otro lado, en Uruguay, Zerbino (2010) evaluó el resultado de cinco intensidades edáficas (rotación larga, rotación corta, mejora de calidad de

pasturas, cultivo continuo y área natural) en la macrofauna. El área natural tenía buena abundancia y riqueza de Coleópteros. La intensificación del suelo causó variaciones, indicando que la macrofauna al poseer una relación con el suelo es una herramienta para evaluar la sostenibilidad de recientes tecnologías para un uso apropiado de suelos y cultivos.

En Barcelona, España, Andrés y Mateos (2006) evaluaron la macrofauna del suelo utilizando cuatro tratamientos de restauración post-minería. Doce años después de la restauración ninguno de los tratamientos había logrado la restauración de las condiciones del suelo. La aplicación del suelo + plantación provocó una estructura inicial del suelo forestal. El número de taxones, la diversidad de colémbolos y oribátidos y la estructura de las comunidades fueron parámetros faunísticos más sensibles para evaluar los tratamientos de restauración de suelos.

En Sao Paulo, Brasil, De Oliveira (2005) evaluó los cambios de macrofauna resultantes del manejo y acción del fuego en bosques con Araucaria, en época seca y lluviosa. La ocurrencia del incendio repercutió en una baja calidad de la hojarasca, que se empeoró en la estación seca. Las características del suelo químicas y la hojarasca, junto con las condiciones climáticas, favorecieron a los cambios en la macrofauna. Los coleópteros fueron eficientes en señalar las diferencias entre los bosques. Donde en bosques con Araucaria e impactada por la acción del fuego hallaron en época seca 454 ind/m<sup>2</sup> y en época lluviosa 789 ind/m<sup>2</sup>.

### **2.1.1 Estudios Nacionales**

Sánchez (2018), en su estudio "Evaluación de la macrofauna del suelo en cuatro diferentes sistemas de uso, Las Piedras, Madre de Dios", evaluó en periodo lluvioso (diciembre a mayo). En los sistemas agroforestales hallaron máxima abundancia (415 ind/m<sup>2</sup>), y en el pastizal (*Brachiaria sp.*) tuvieron una mayoría en la cantidad de biomasa (20,26 g/m<sup>2</sup>). Hubo mayor diversidad en el pastizal y en el sistema agroforestal. La abundancia de macroinvertebrados se ve afectada directamente por las partículas de potasio y por la capacidad de intercambio catiónico. Se encontró

correlación lineal entre la diversidad y la biomasa, demostrando que a mayor diversidad de órdenes es menor la biomasa.

Ccoycca (2018), en su trabajo de tesis titulado “Estudio de la macrofauna del suelo en sistemas agroforestales en los distritos de Laberinto e Inambari, Madre de Dios”, halló una abundancia de 163 ind/m<sup>2</sup> con 20 órdenes y biomasa de 17,09 g/m<sup>2</sup>. Las órdenes más abundantes fueron Haplotáxida (70 ind/m<sup>2</sup>, 42,90%), Hymenoptera (28 ind/m<sup>2</sup>, 16,88%) e Isóptera (27 ind/m<sup>2</sup>, 16,48%). Sin embargo, en la biomasa, sólo Haplotáxida (12,71 g/m<sup>2</sup>, 74,41%) y Coleóptera (1,5 g/m<sup>2</sup>, 8,87%) estuvieron más significativas. El índice de diversidad estuvo bajo con un valor de 2,6. En general, la variación de las características del suelo, no influenciaron en la densidad, biomasa, riqueza y diversidad.

Gonzáles y Vera (2018), en Tambopata, Madre de Dios, en sus estudios de desarrollo sostenible en sistemas agroforestales, indicó que el 29% de los encuestados (propietarios de parcelas agroforestales) utilizaron la especie “kudzú” (*Pueraria phaseoloides*) con el fin de recuperar sus áreas degradadas por minería y agricultura.

Huauya y Huamaní (2014), evaluaron el efecto del cadmio y plomo sobre la abundancia y diversidad de macroinvertebrados del suelo en el cultivo de cacao en las regiones de Huánuco y Ucayali. Las concentraciones de cadmio y plomo en el suelo fueron de 0,53 ppm y 3,02 ppm, correspondientemente. La abundancia de macrofauna fue de 443 ind/m<sup>2</sup>, siendo mayoría las ordenes Hymenóptera y Haplotáxida. La disponibilidad de plomo y cadmio en el suelo afectó negativamente la diversidad de macrofauna, teniendo el cadmio un efecto mayor. Concluyeron que la abundancia de Isóptera muestra una correlación directa con el cadmio del suelo, lo que significa que estos macroinvertebrados no tienen problemas de toxicidad con el aumento del contenido de cadmio en el suelo.

Gárate y Usca (2013), evaluaron macrofauna de dos sistemas de uso de suelo en el “Fundo San Antonio”, Madre de Dios. No encontraron significancia entre el bosque primario y bosque deforestado. La orden

Himenóptera fue la más abundante en ambos sistemas. El bosque primario presenta una mayor abundancia (392 ind/m<sup>2</sup>) que el bosque deforestado (200 ind/m<sup>2</sup>).

Tapia-Coral *et al.* (2002), estudiaron los macroinvertebrados del suelo en lugares como “Varillales y Chamizales” de la Amazonía peruana, ubicada en Iquitos. Se encontró mayor diversidad en “Varillales”, con abundancia de 768 y 10 209 ind/m<sup>2</sup>, biomasa 96,2 y 236,9 g/m<sup>2</sup>, en periodo seco y lluvioso, respectivamente. Por otro lado, en chamizales la abundancia fue de 1 728 y 4 205 ind/m<sup>2</sup> y una biomasa de 42 y 31,3 g/m<sup>2</sup>. Los resultados demostraron la sensibilidad de los macroinvertebrados a las variaciones bruscas de humedad y temperatura. Así mismo, se puede encontrar humedad a favor de la acción de los macroinvertebrados del suelo.

Pashanasi (2001), en Yurimaguas y Pucallpa, evaluó 22 sistemas de uso del suelo durante la estación lluviosa. En el bosque primario de muy alta densidad, halló 560 ind/m<sup>2</sup>, la biomasa alcanzó los 78 g/m<sup>2</sup>, en los campos de maíz, yuca, secano y arroz fue aportada por 454 ind/m<sup>2</sup> y su biomasa es de 21 g/m<sup>2</sup> peso húmedo. Los sistemas agroforestales que contienen leguminosas presentan mayor diversidad, con biomasa de 82 g/m<sup>2</sup>, debido a la preservación de una parte importante de fauna del bosque primario que es invadido por especies oportunistas. Estos resultados muestran, el efecto negativo de la instalación de cultivos sobre la macrofauna del suelo.

Tapia-Coral *et al.* (2001), en un estudio realizado en Iquitos-Perú, evaluaron los macroinvertebrados con las características químicas de suelos en plantaciones de Marupá y Tornillo. La abundancia fue mayor en las plantaciones de *Simarouba amara* (3 702 ind/m<sup>2</sup>) y *Cedrelinga catenaeformis* (2 176 ind/m<sup>2</sup>), que, en los bosques, mostrando un efecto positivo en la recuperación del suelo. Sin embargo, éstas tuvieron menor diversidad y biomasa, lo que indica que las plantaciones aún están en proceso de recuperación. Las concentraciones de potasio, calcio y magnesio fueron muy bajas en todos los sistemas que reflejan pobreza química natural de los suelos ya que, en general, se necesita una fertilización de P, K y Mg.

## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 Macrofauna del suelo

Brown *et al.* (2001), mencionan que los macroinvertebrados "incluyen a los invertebrados más notables, con una longitud igual o superior a 10 mm y un diámetro superior a 2 mm", siendo fácilmente visibles en la superficie y dentro del suelo.

Ruiz y Lavelle (2008), indican que son una gran cantidad de organismos diversos que habitan en la superficie del suelo, en espacios porosos y áreas cercanas a las raíces. Sus condiciones de vida, hábitos alimentarios, movimientos, excrementos y muerte tienen una influencia directa e indirecta en su hábitat. Entre estos organismos, los escarabajos son generalmente los más diversos, sin embargo, las termitas y las hormigas en general predominan en abundancia y la biomasa de las lombrices. Estos organismos son clasificados en distintos grupos taxonómicos (Tabla 2).

Tabla 2. *Principales grupos taxonómicos de la macrofauna edáfica*

Filo	Clase	Orden	Nombre común
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Lombrices de tierra
Arthropoda	Arachnida	Araneae	Arañas
	Insecta	Coleóptera	Escarabajos
		Dictyoptera	Cucarachas
		Hemiptera	Chinches
		Himenóptera	Hormigas
		Isóptera	Termitas
		Isópoda	Cochinillas
		Orthoptera	Grillos y saltamontes
	Diplopoda		Milpiés
Chilopoda		Ciempíes	
Mollusca	Gasterópoda		Babosas y caracoles

Fuente: (Zerbino 2005).

#### a) La macrofauna como indicador biológico

Se puede emplear como indicador de la calidad del suelo y el grado de conservación, ya que éstos están involucrados en diferentes procesos del ciclo de nutrientes. Asimismo, son uno de los importantes componentes biológicos que ayudan a evaluar los suelos sujetos a las

actividades humanas. Su riqueza, abundancia, biomasa y diversidad dependen de los variados usos del suelo por ser sensibles a escenarios desfavorables en su hábitat, entre sus diversas actividades en el suelo están la incorporación de material orgánico, aireación, retención del agua e infiltración. De igual forma, el hecho de que son fáciles de identificar y manejar en condiciones de campo, siendo otro aspecto efectivo en su elección para análisis biológico (Cabrera 2012).

Al erigir estructuras biológicas (como corredores, nidos, cavidades y bolos de estiércol), imparten propiedades hidráulicas a la base mineral, afectando a las características físicas del suelo. Las lombrices de tierra, termitas y las hormigas actúan como arquitectos de ecosistemas en la formación de poros e hidratación (Cabrera *et al.* 2011).

Además, el corto intervalo intergeneracional permite que la población responda rápidamente a las variaciones ambientales, permitiendo un muestreo sin causar trastornos en la comunidad (Figura 1) (Brown 1997).

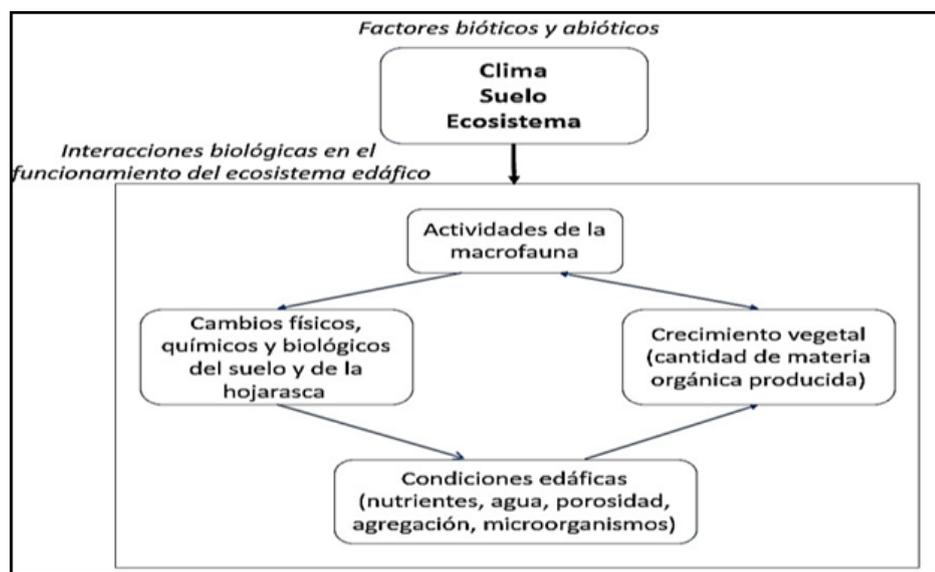


Figura 1. Relación entre las actividades de la macrofauna, las características edáficas y la productividad vegetal (Syers 1983).

## b) Consecuencia en la riqueza, diversidad y abundancia

Kamau *et al.* (2017), afirma que cualquier actividad humana o natural tiene un efecto positivo o negativo en cuanto a la dinámica de los organismos, ya que son los organismos más grandes del suelo, con diversas estrategias de alimentación tanto dentro como fuera de la

superficie terrestre, siendo más sensible a las variaciones ambientales. Negrete-Yankelevich *et al.* (2007), señala que la vegetación en descomposición profunda y el dosel del bosque bloquean el viento y la radiación solar, evitando cambios repentinos en la temperatura y la humedad del suelo, creando así un microclima no volátil, favorable para el crecimiento de macrofauna. Incluso puede ocurrir que, tanto en los sistemas agroforestales como en los bosques secundarios, la abundancia y diversidad de macroinvertebrados sea mayor que en bosques naturales. Esto se debe a que las etapas intermedias de la perturbación favorecen la coexistencia de distintas variedades de plantas primitivas y otras oportunistas e invasoras, que toleran las duras condiciones.

### **2.2.2 Características químicas del suelo**

Estas propiedades como indicadores de la calidad del suelo afectan la relación suelo-planta, así como la disposición de nutrientes para las plantas. Los indicadores que reflejan los parámetros de fertilidad son: pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio trascendentales para la producción de cultivos; las concentraciones potencialmente tóxicas tal como el aluminio y el magnesio también son significativas (Jackson 1992).

## **2.3 Definición de términos**

### **2.3.1 Suelo**

El suelo es hogar de una gran cantidad de especies de invertebrados, desde colémbolos, isópteros, ácaros, formícidos y haplotáxidos, que dominan en cuanto a abundancia y biomasa en la Amazonía peruana (Lavelle *et al.* 1992).

### **2.3.2 Biodiversidad del suelo**

La biodiversidad del suelo refleja la diversidad de organismos que proporcionan una gama de servicios esenciales para la sostenibilidad de todos los ecosistemas. Son actores clave en el ciclo de los nutrientes, regulan la dinámica de la materia orgánica del suelo, secuestran las emisiones de carbono y gases de efecto invernadero, alteran la estructura

de los materiales del suelo y los sistemas de agua y mejoran la cantidad y la eficiencia de la materia orgánica del suelo y sanidad vegetal. Estos servicios no solo son esenciales para los ecosistemas naturales, sino que también son recursos importantes para la gestión sostenible de las técnicas agrícolas (Ibáñez 2007).

### **2.3.3 Fertilidad del suelo**

Destreza del suelo para proveer los nutrientes fundamentales para el crecimiento de vegetaciones (Ortiz 1979).

### **2.3.4 Leguminosas forestales y/o cultivos de cobertura: uso en la recuperación de suelos**

Considerada una especie progenitora y agresiva, con destacada producción de biomasa y presencia en una amplia gama de condiciones climáticas y aluviales, éstas coberturas han jugado un papel importante en los trabajos e investigaciones de restauración de suelos infértiles. Las especies mencionadas muestran una alta capacidad de utilización de nutrientes y la capacidad de crecer especialmente en condiciones de suelo desfavorables cuando se combinan con bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrízicos. Investigaciones en viveros explicaron que estas especies demuestran una buena tolerancia a la presencia de  $Al^{3+}$  en el suelo y eficacia en el uso de K, Ca y Mg (Ancco 2017).

### **2.3.5 Macroinvertebrados**

Son aquellos invertebrados que constituyen la macrofauna del suelo, con diámetros corporales mayores de 2 mm, entre ellas las lombrices de tierra, los insectos y los caracoles.

### **2.3.6 Materia orgánica**

Es definido como el elemento heterogéneo del suelo, que envuelve restos orgánicos de las plantas, aéreos o subterráneos, en múltiples fases de descomposición, desechos del dinamismo de los organismos del suelo y sus restos.

### **2.3.7 Hojarasca**

Estrato exterior del suelo surtido por residuos vegetales y animales recién acumulados o con alguna cota de descomposición.

### **2.3.8 Clima**

Oñate (2005), manifiesta que el componente climático es de primer orden desde el punto de vista de agente de creación del suelo. Los primeros expertos llamaron al clima un factor muy confuso porque sus componentes interfieren con la formación del suelo, como la humedad (precipitación), la temperatura, la radiación solar, la presión, la luz y otros, son los componentes fundamentales.

### **2.3.9 Precipitación**

Representa parte transcendental del ciclo hidrológico, transportando agua dulce al fragmento emergido de la corteza terrestre, beneficiando a la vida. Es compuesto en las nubes, alcanzando un punto de saturación; llegado a este proceso las gotas de agua acrecientan de tamaño hasta adquirir un volumen, desde el cual se precipitan por la fuerza de gravedad (Aguilar 2017).

### **2.3.10 Minería Aurífera**

En la región de Madre de Dios se intensifica esencialmente en las provincias de Manu y Tambopata, en base a la Ley 27 651: "Formalización e impulso de la pequeña minería y minería artesanal y su reglamento el Decreto Supremo N° 013-2002-EM", a los estratos de la reducida minería y minería artesanal.

A causa de los costosos precios del oro, la minería aurífera en suelos aluviales se está propagando en estos años precipitadamente más que en cualquier periodo histórico, con formidables costos para la salud de las personas y al ambiente. En Perú la mencionada "minería artesanal" o "pequeña minería" son característicamente significativos en la región Madre de Dios (Baca 2013).

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### 3.1 Tipo de estudio

Esta investigación es de tipo descriptiva y correlacional; pues en primera instancia se buscó recolectar datos, medir y evaluar para describir lo que se investigaba. Así mismo es correlacional puesto que buscó medir el nivel de relación entre dos o más variables. Los tipos de sus variables fueron cuantitativas continuas (peso y/o biomasa) y discretas (abundancia) (De Simone 2011).

### 3.2 Diseño de estudio

Este diseño experimental constó de 6 repeticiones y 8 tratamientos con especies de cobertura vegetal al azar (*Crotalaria spectabilis*, *Pueraria phaseoloides*, *Crotalaria juncea*, *Centrosema macrocarpum*, *Stylosanthes guianensis* y *Canavalia ensiformis*) haciendo un total de 48 parcelas instaladas, dentro de los tratamientos se tuvo 2 testigos (sin cobertura vegetal y el otro en área no intervenida o bosque), el área de cada parcela variaron entre (1 840 – 6 820 m<sup>2</sup>) debido a que limitaban con cuerpos de agua y se trató de cubrir todo el área intervenida por la minería (IIAP 2019).

Para este estudio se evaluaron la macrofauna del suelo con el método TSBF (Anderson e Ingram 1993) que consistió en la colecta mediante monolitos (divididos por estratos: hojarasca de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm), en cada parcela o unidad experimental se levantaron 6 monolitos. También se analizó las características fisicoquímicas del suelo de acuerdo a los estándares de muestreo del MINAM (2014). Se obtuvo 30 submuestras para luego obtener una muestra definitiva por cada tratamiento con especies de cultivo de cobertura al igual que los respectivos testigos que posteriormente fueron analizadas.

Cabe resaltar que la evaluación de la macrofauna se realizó en 2 periodos

estacionales del año (periodo seco y lluvioso). Posteriormente, con los datos obtenidos se utilizó diferentes técnicas estadísticas de cálculo y generación de gráficos, como fue el programa estadístico R Studio versión 1.4.17. Finalmente, para la generación de los diferentes coeficientes de correlación (r) entre la población de macrofauna del suelo con las características fisicoquímicas del suelo, se utilizó el programa estadístico Past versión 4.09.

Factor 1: Ocho tipos de tratamiento con leguminosas de clima cálido como cobertura vegetal (Tabla 3).

Factor 2: Seis parcelas instaladas aleatoriamente con los tipos de tratamientos de leguminosas (repeticiones) (Tabla 4).

Tabla 3. Descripción de los tratamientos (especies de cobertura vegetal)

<b>Factor 1. Tratamiento con cobertura vegetal</b>	
<b>Niveles</b>	<b>Descripción</b>
T1	<i>Crotalaria spectabilis</i>
T2	<i>Pueraria phaseoloides</i>
T3	<i>Crotalaria juncea</i>
T4	<i>Centrosema macrocarpum</i>
T5	<i>Stylosanthes guianensis</i>
T6	<i>Canavalia ensiformis</i>
T7	Área sin cobertura vegetal
T8	Área no intervenida o bosque

Tabla 4. Descripción de las repeticiones

<b>Factor 2. Seis repeticiones</b>	
<b>Clave</b>	<b>Descripción</b>
R1	Repetición I
R2	Repetición II
R3	Repetición III
R4	Repetición IV
R5	Repetición V
R6	Repetición VI

### 3.2.1 Diseño experimental

Este estudio utilizó un diseño experimental completamente al aleatorio, al azar (DCA), con 8 tratamientos y 6 repeticiones para cada uno. Para ello el coeficiente de correlación (r) se encontró en un nivel de significación > 0,7.

### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Constó de 48 parcelas o unidades experimentales, estas parcelas fueron divididas en 6 bloques o repeticiones, las cuales estaban cubiertos con 8 tratamientos (con cobertura vegetal y 2 testigos). Estas parcelas comprendían un área aproximada de 2,2 ha. intervenidas por minería aurífera aluvial.

#### **3.3.2 Muestra**

La parte o subconjunto de elementos que se seleccionaron fueron:

##### **a. Muestra de Macrofauna**

El muestreo fue de tipo superficial estratificado mediante la colecta manual de acuerdo con el procedimiento del TSBF (Anderson e Ingram, 1993), comprendió la extracción de 6 monolitos por parcela, efectuándose así, el muestreo de 288 monolitos en total.

##### **b. Muestra de Suelo**

El muestreo fue de tipo superficial mediante la aplicación de sondeos manuales. Comprendió un muestreo de 30 submuestras de suelo, para obtener una muestra definitiva por cada tratamiento, que finalmente se enviaron para su respectivo análisis (MINAM 2014).

### **3.4 Métodos y técnicas**

#### **3.4.1 Lugar de estudio**

La investigación se realizó en la Comunidad nativa “San Jacinto”, entre las coordenadas geográficas donde el centroide fue: 12°36'23" latitud sur y 69°25'39" longitud oeste, cuyas parcelas abarcaron un área aproximada de 2,2 ha, el ingreso fue por el sector San Bernardo (Km 29) margen derecho de la carretera Interoceánica Sur, distrito y provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios (Figura 2).

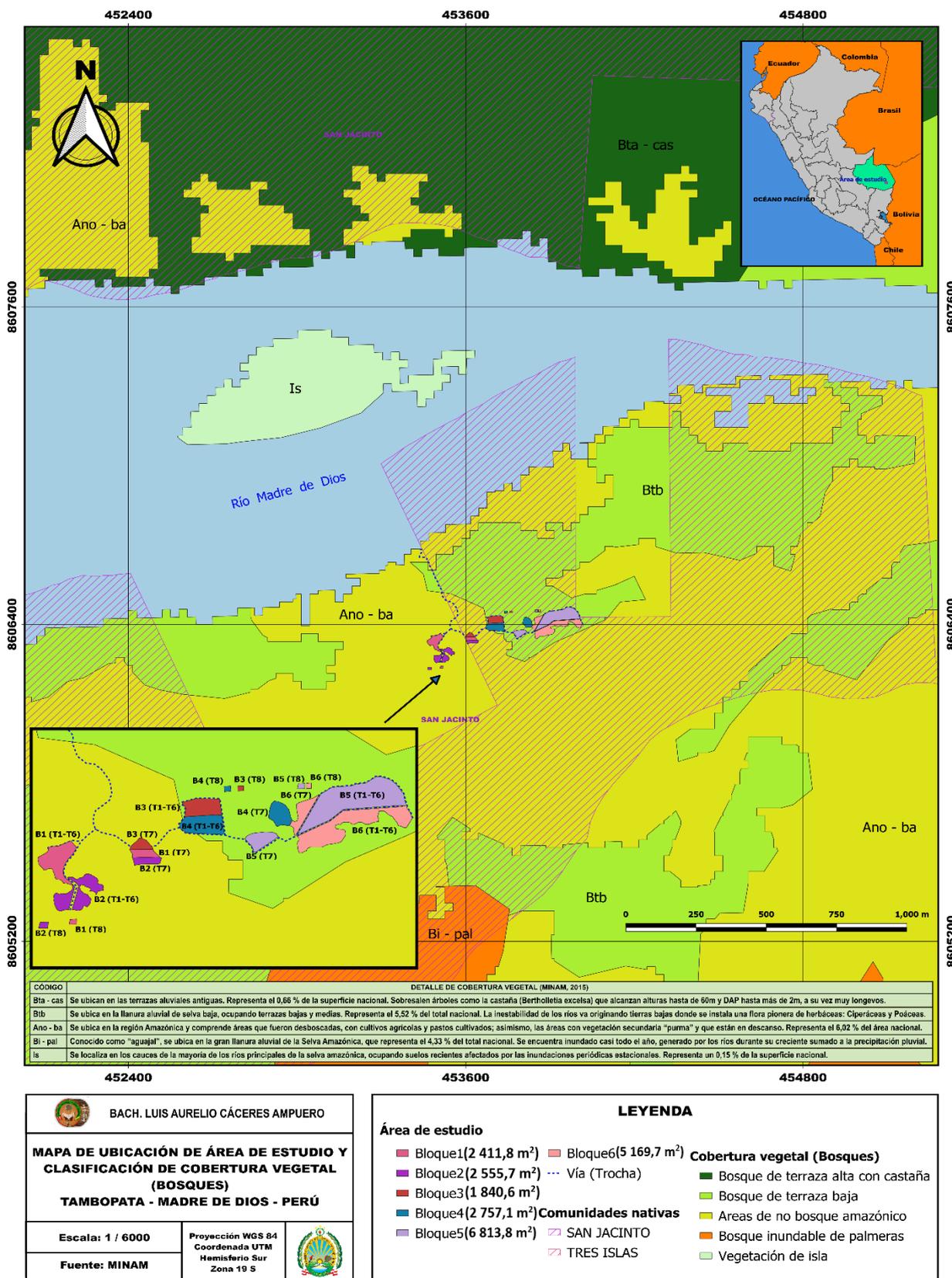


Figura 2. Mapa de localización del área experimental y clasificación de cobertura vegetal (Bosques).

**a) Suelo**

El tipo de suelo que se puede apreciar en el área abandonada, después de haber sido explotado por la minería, presentó características como:

- Deforestación, erosión del suelo, destrucción de ecosistemas, desertificación.
- Formación de pozos artificiales y producción de montículos de cascajo.
- Pérdida de macrofauna, fertilidad y materia orgánica del suelo.
- Formación de grandes agujeros con materia inerte, y un cambio total del paisaje (MINAM 2017).

**b) Periodo de precipitación y temperatura**

El distrito de Tambopata presenta una precipitación anualizada entre 2 200 y 3 000 mm, con un evidente periodo seco de mayo a setiembre, donde se exhiben 2 o 3 meses con menos de 100 mm de precipitación mensual, en el cual agosto es el mes más seco (<50 mm/mes); mientras que, el periodo lluvioso comprende desde noviembre a marzo (>200 mm/mes). La temperatura promedio anual varía de 28 y 30 °C; aunque es habitual en toda la región, la presentación de masas de vientos fríos procedentes del sur dentro de los meses de junio y agosto (GOREMAD 2018).

**3.4.2 Instalación del experimento**

Antes de la instalación de la parcela experimental se determinó un área que cuente con pasivos ambientales a causa de la actividad minera, y a su vez no tenga pugnas socio ambientales. Las unidades experimentales se demarcaron en un área de 2,2 ha, siempre tratando de cubrir la mayor parte del área intervenida por la minería y de acuerdo con la realidad fisiográfica del terreno debido a que limitan con cuerpos de agua y con el bosque secundario (Figura 3).

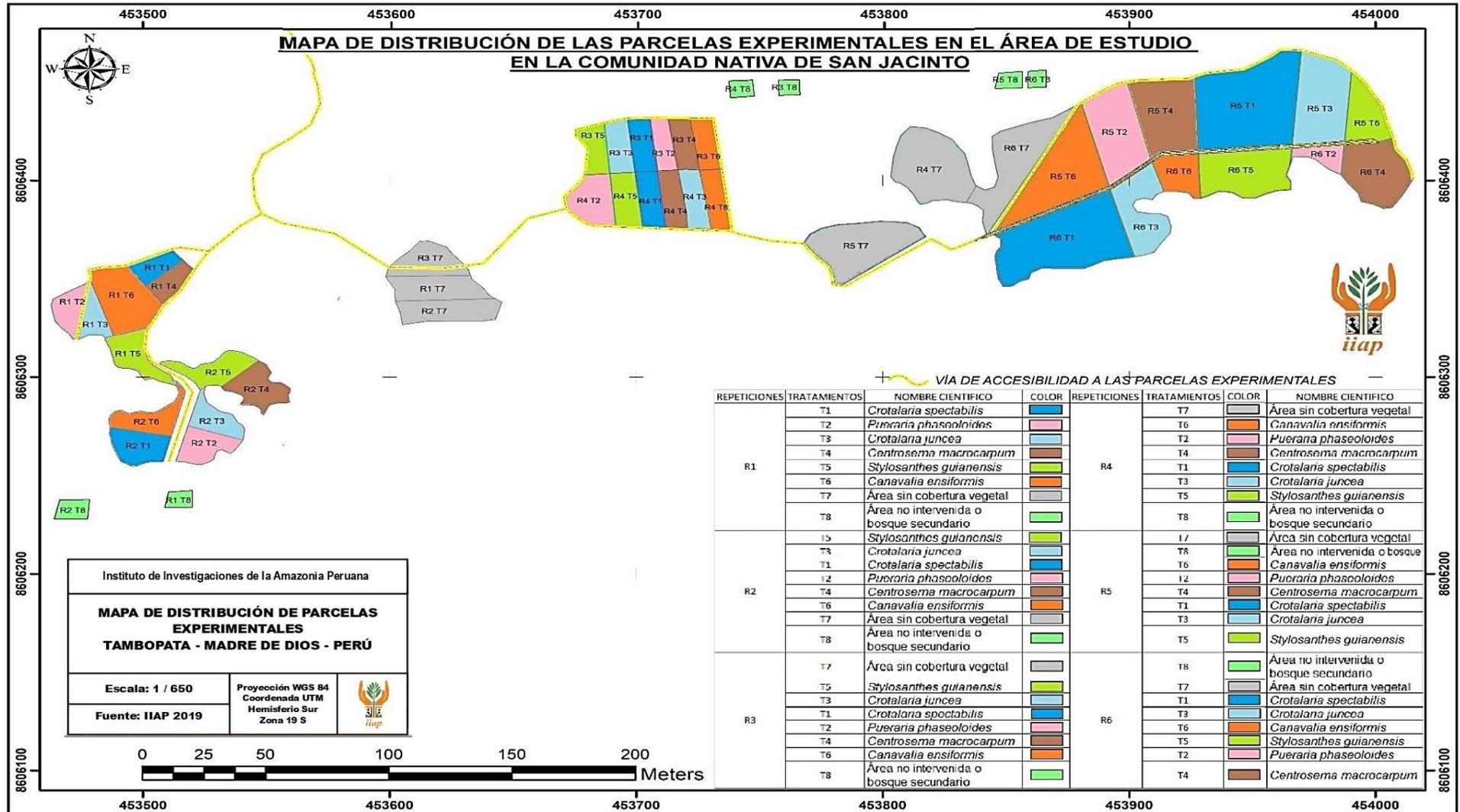


Figura 3. Mapa de distribución de las parcelas experimentales en el área de estudio (IIAP 2019).

Luego se limpió el terreno para retirar los residuos mineros y la vegetación superficial con ayuda de herramientas (palas, picos, rastrillos y machetes) en preparación para la siembra de la cobertura vegetal.

En seguida, con el apoyo de machetes se realizaron pequeños hoyos en el suelo, hasta unos 10 cm de profundidad aproximadamente, a intervalos de 30 x 30 cm.

La siembra se efectuó usando semillas de 6 tipos de cobertura vegetal, siendo colocadas en cada zona de las 6 repeticiones. Estas semillas fueron transportadas desde el vivero del IIAP Madre de Dios, situada a 21,5 km de la localidad de Puerto Maldonado, desde allí el espacio experimental se encuentra a unos 10 km de distancia, donde estuvieron sembradas de forma aleatoria.

Después de haber transcurrido unos 24 meses de instalación de los tratamientos, se procedió a realizar la evaluación.

### **3.4.3 Evaluación de la macrofauna o características biológicas del suelo**

#### **a) Colecta mediante monolitos**

Utilizando la metodología del “Programa de Biología y Fertilidad de los Suelos Tropicales (TSBF)” (Anderson e Ingram 1993). Para cada unidad experimental se evaluaron 6 monolitos de (25 x 25 x 30) cm, cada una de ellos fueron separados por un intervalo de 5 m, donde el inicio y la dirección se eligieron al azar. Las variables evaluadas fueron: abundancia, biomasa, diversidad, riqueza y factores fisicoquímicos del suelo (Figura 4). Las muestras se trasladaron al laboratorio en bolsas de polietileno debidamente codificadas. Cada muestra de macroinvertebrados fue colectada con una pinza, se depositaron en alcohol al 96% y formol al 10% (Decaens *et al.* 2001).

Posteriormente se realizó el conteo y valorización de la biomasa, se identificó los organismos hasta el nivel de orden, con la ayuda de un especialista.

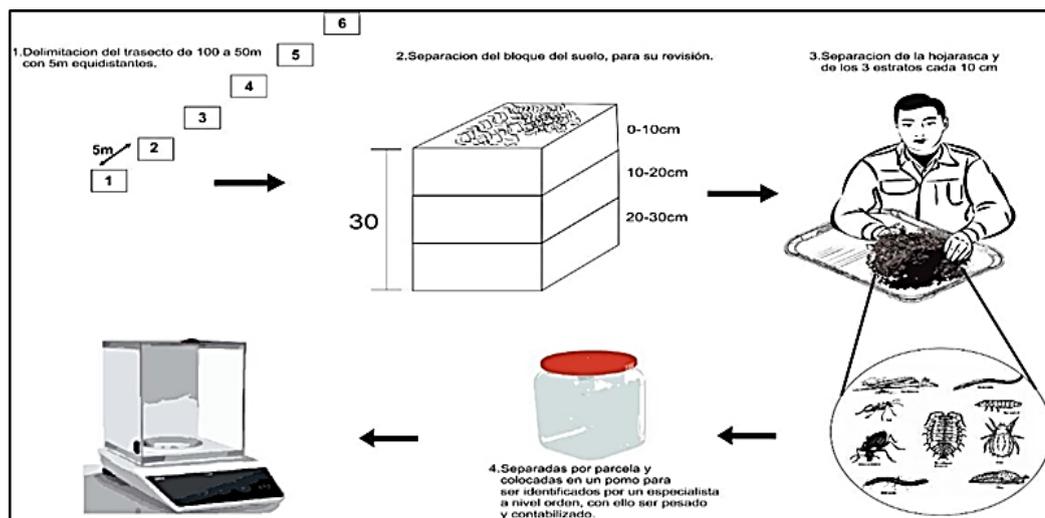


Figura 4. Pasos a seguir para la colecta de especímenes según el “Programa de Biología y Fertilidad de los Suelos Tropicales (TSBF)” (Anderson e Ingram 1993).

### b) Abundancia de macroinvertebrados

Se halló calculando el número de individuos por metro cuadrado (ind/m<sup>2</sup>).

### c) Biomasa de macroinvertebrados

Con la ayuda de una balanza analítica se procedió a pesar en unidades de gramos por m<sup>2</sup>.

### d) Diversidad de macroinvertebrados

#### - Índice de Shannon

Este indicador de diversidad está influenciado por el número de especies y su equidad. Supone que todas las especies se seleccionan al azar y están representadas en la muestra. Su valor es de 0,5 a 5 (Magurran 1988)

Esta fórmula logarítmica presenta la reducción de la influencia de las especies más abundantes (Ramírez *et al.* 2014). Se calculó a través la siguiente fórmula (1):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i \quad \dots (\text{Ecuación 1})$$

Ecuación 1: Índice de Shannon (Ramírez *et al.* 2014).

Donde:

- $S$  – cantidad de especies

- $p_i$  – Relación de individuos de la especie  $i$  con respecto al número total de individuos
- $n_i$  – cantidad de individuos de la especie  $i$
- $N$  – cantidad de todos los individuos de todas las especies
- $H'$  – Se usa el símbolo para representar a este tipo de índice.

Por tanto, el indicador tiene en cuenta el número de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) y el número relativo de individuos de cada una de estas especies (abundancia) (Magurran 1988).

### e) Riqueza

Está representado por el número de órdenes característicos en la comunidad, presentes en cada área, calculando el número de órdenes por metro cuadrado (orden/m<sup>2</sup>). La cantidad de órdenes tomadas en un hábitat es una medida de riqueza. Mientras más órdenes haya en la muestra, la riqueza de la muestra será mucho mayor (Delgado 2010).

#### - Índice de Simpson:

Según Briceño (2020), Parámetro que permite medir la riqueza de organismos en un área o comunidad en particular, este indicador se cuantifica en base a la cantidad de organismos encontrados y su abundancia relativa. Este número tendrá un valor de 0 a 1, entre más cerca del 1 se encuentre el valor obtenido habrá una mayor dominancia y entre más cerca al 0, mayor será la diversidad. Matemáticamente se calculó a través la siguiente fórmula (2):

$$D = \frac{\sum n(n - 1)}{N(N - 1)} \quad \dots (\text{Ecuación 2})$$

Ecuación 2: Índice de Simpson (Briceño 2020).

Donde:

- $D$ = índice de Simpson.
- $n$ = cantidad total de organismos de una especie.
- $N$ = cantidad total de organismos de todas las especies.

### f) Periodos de precipitación

Son espacios de tiempo donde ocurre precipitación pluvial (condiciones

de lluvia, humedad, etc.) en un determinado lugar. En la región de Madre de Dios, el periodo seco se da entre los meses de mayo a setiembre y el periodo lluvioso comprende entre los meses de noviembre a marzo (GOREMAD 2018).

### 3.4.4 Evaluación de las características fisicoquímicas del suelo

#### a) Muestreo de suelos

Para conocer las propiedades fisicoquímicas de la capa de cultivo, fue necesario tomar una muestra representativa de la zona de estudio de al menos 1 kg, hasta una profundidad de 20 cm según el criterio de muestreo (MINAM 2014). Se obtuvo una muestra por cada tratamiento con especies de cultivo de cobertura, y fueron enviadas al Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) que pertenece a la Universidad Nacional Agraria La Molina.

#### b) Procedimiento de muestreo

Para el muestreo superficial se aplicaron sondeos manuales. El sistema es relativamente fácil, rápido de usar y económico, y dado que la cantidad de suelo que se puede extraer con esta técnica es pequeña, será necesario obtener muestras agregadas de varios sondeos. Las muestras requieren que se reduzca el fraccionamiento para obtener una muestra compuesta representativa. Para ello, se recomienda dividir la muestra mezclada en cuatro y repetir el procedimiento hasta obtener la cantidad requerida. (Ver figura 5).

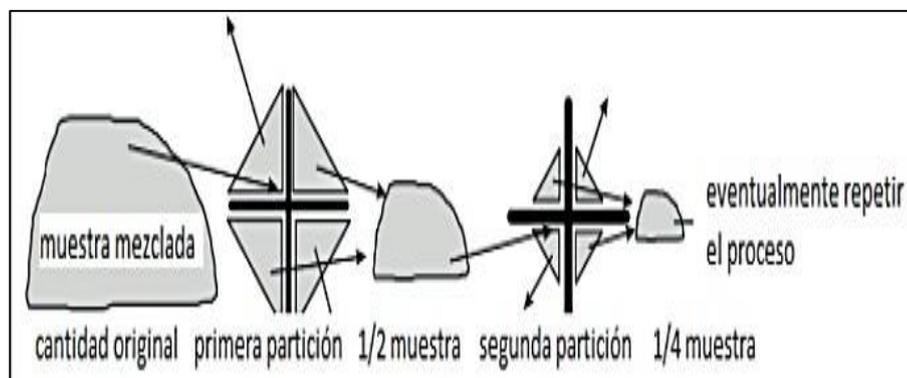
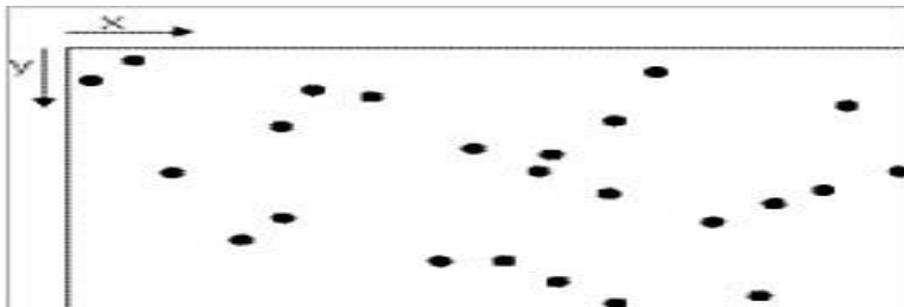


Figura 5. Partición de muestras (MINAM 2014).

El muestreo se realizó de manera aleatoria, ya que “Este método es uno de los patrones empleados en los métodos estadísticos. Los puntos de submuestreo se eligieron al azar, este patrón es muy irregular, no sigue ninguna lógica” (MINAM 2014) (Ver figura 6).



*Figura 6.* Distribución aleatoria de los puntos de submuestras (MINAM 2014).

Según el estándar de muestreo (MINAM 2014), como mínimo se deben tomar 10 puntos de submuestreo, si se pudieran hacer más puntos sería mejor, ya que la muestra representaría con más precisión al área de estudio. Por lo que para la presente investigación se realizó 30 puntos de submuestreo en forma aleatoria.

Posteriormente, según Peña (2011), Después de obtener las submuestras, se procedió a mezclar muy bien, de ahí se tomó al azar 1 kg de suelo (muestra) para luego enviarlo al laboratorio. Es necesario que la muestra del suelo tenga una etiqueta que describa todas las características del lugar de estudio, la ubicación, las especies de cobertura, el nombre del proyecto, también fecha y hora en el que se realizó el muestreo y las iniciales del muestreador.

### **3.5 Tratamiento de los datos**

Dado que su correcta realización da origen a los resultados, como último paso del diseño metodológico tenemos la planificación de los tres pasos más importantes en el tratamiento de los datos:

#### **3.5.1 Levantamiento de los datos**

En relación a esta etapa se realizó la tabla 5, explicando los objetivos específicos, los instrumentos que se utilizaron y los datos que se obtuvieron al final de la evaluación.

Tabla 5. Levantamiento de los datos

Objetivos específicos	Instrumentos	Datos
Determinar la abundancia y biomasa de la macrofauna en suelos degradados por minería mediante el uso de seis tipos de cultivos como cobertura vegetal.	Conteo y pesaje respectivo de individuos colectados por área de estudio de cultivo de cobertura vegetal.	Número de individuos por metro cuadrado (ind/m <sup>2</sup> )
		Peso en gramos por metro cuadrado (g/m <sup>2</sup> )
Caracterizar la riqueza y diversidad de la macrofauna en suelos degradados por minería mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal.	Se identificó a nivel de Orden en el Laboratorio especializado de Entomología de la UNSAAC. La diversidad se midió de acuerdo al Índice de Shannon.	Valores que se encuentran entre 0 y 1. Indica la dominancia presente en el área de estudio.
		Valores que se encuentran entre 0,5 y 5. Indica la diversidad presente en el área.
Determinar y evaluar la influencia del periodo seco y lluvioso en la macrofauna del suelo mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal.	Se utilizó la técnica estadística del escalamiento multidimensional no métrico para ver si existen diferencias significativas.	Valores numéricos positivos que permiten demostrar que existen diferencias entre las muestras.
Analizar las características físicas y químicas de los suelos degradados por minería mediante el uso de cultivos como cobertura vegetal.	Para el análisis se envió las muestras de suelo al Laboratorio de Análisis de Suelo (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria La Molina.	Características físicas: Contenido de arena, arcilla y limo, contenido de materia orgánica (%).
		Características químicas: pH, K, P, cationes cambiabiles, capacidad de intercambio catiónico (ppm, mg, kg).
Determinar y evaluar la relación entre la macrofauna del suelo con sus características físicas y químicas de los mismos mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal.	Se utilizó el análisis estadístico utilizando el programa Past versión 4.09 para determinar el coeficiente de correlación entre las variables estudiadas.	Los coeficientes de correlación toman valores numéricos entre -1 y 1. Mientras mayor sea el valor absoluto del coeficiente, más fuerte es la relación entre las variables.

### **3.5.2 Ordenamiento de datos**

En esta etapa debemos señalar cómo se sistematizó, señalando los criterios a utilizar, ya sea por orden cronológico, por individuos o sucesos. Los datos se ordenaron dependiendo del instrumento que se utilizó para recogerlos:

- a. Conteo de individuos
- b. Pesaje de individuos
- c. Identificación taxonómica de los individuos
- d. Análisis de las características físicas y químicas del suelo
- e. Sumatoria y comparación de promedios con valores obtenidos de abundancia, biomasa, riqueza y diversidad de los macroinvertebrados por repeticiones, tratamientos de cobertura vegetal y estratos de suelo.
- f. Análisis estadístico con la ayuda de programas estadísticos para representar gráficos y correlaciones entre las variables de estudio.

Todos los datos obtenidos se tabulan de acuerdo a la siguiente jerarquía:

- a. Tipo de evaluación de la macrofauna (abundancia, biomasa, riqueza y diversidad)
- b. Periodo o temporada climatológica (Seco y lluvioso)
- c. Tratamiento de cobertura vegetal (T)
- d. Repetición o bloque (R)
- e. Tipo de macrofauna a nivel de orden
- f. Estrato del suelo (hojarasca, 0-10, 10-20, 20-30 cm).

### **3.5.3 Análisis de los datos**

Respecto a esta etapa nosotros como investigadores hemos decidido utilizar ciertos métodos de análisis y comparación empleando el uso de programas estadísticos informáticos. Para el registro de nuestros datos cuantitativos y representar algunos gráficos utilizamos el programa Microsoft Excel versión 2016, asimismo para el cálculo estadístico y la generación de más técnicas de gráficos usamos el software estadístico R Studio versión 1.4.17, por último, para la generación de los diferentes coeficientes de correlación ( $r$ ) entre 2 variables para ello utilizamos el software estadístico Past versión 4.09.

## CAPITULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 4.1 Abundancia y biomasa de macroinvertebrados

#### 4.1.1 Abundancia en periodo seco

Se encontraron 17 órdenes de macrofauna, con una abundancia promedio de 94 ind/m<sup>2</sup> en áreas con cobertura, en bosque de referencia 139 ind/m<sup>2</sup>, asimismo sin cobertura vegetal se halló 37 ind/m<sup>2</sup>. Comparando con De Oliveira (2005) en bosque con Araucaria e impactada por la acción del fuego, encontró en época seca 454 ind/m<sup>2</sup> y en bosque con Araucaria nativa 1 317 ind/m<sup>2</sup>. También, Ccoyca (2018) en sistemas agroforestales y en periodo seco, reportó 20 órdenes y 163 ind/m<sup>2</sup>. Prach y Walker (2011) indicaron que “puede resultar una mayor población de macrofauna en los bosques, comparados con los sitios recién revegetados”. debido a que “una mayor abundancia en las etapas intermedias de la perturbación facilita la coexistencia de plantas primitivas e invasoras”.

En la figura 7 se muestran las cantidades de macrofauna por tratamiento, donde el orden más abundante fue Hymenóptera (112 ind/m<sup>2</sup>) mediante el T5 (*Stylosanthes guianensis*), de igual manera esta población predominó en los demás tratamientos. Por lo tanto, esperábamos que esta área tuviera más Hymenópteras, tal como lo observaron Prach y Walker (2011), ya que algunas especies de hormigas de esta área pueden ser un indicador de hábitats en procesos de restauración en comparación con otras. Igualmente, Ribas *et al.* (2011), han reportado que la población de Hymenóptera es indicador apropiado de la rehabilitación de áreas impactadas por actividades mineras. De Oliveira (2005) reportó que, en bosques con Araucaria nativa en época seca, las órdenes con más densidades fueron Hymenóptera (756 ind/m<sup>2</sup> y Coleóptera (180 ind/m<sup>2</sup>). La segunda orden más abundante fue Coleóptera con 30 ind/m<sup>2</sup>,

encontrados en el bosque de referencia, y en T2 (*Pueraria phaseoloides*) se encontró (11 ind/m<sup>2</sup>).

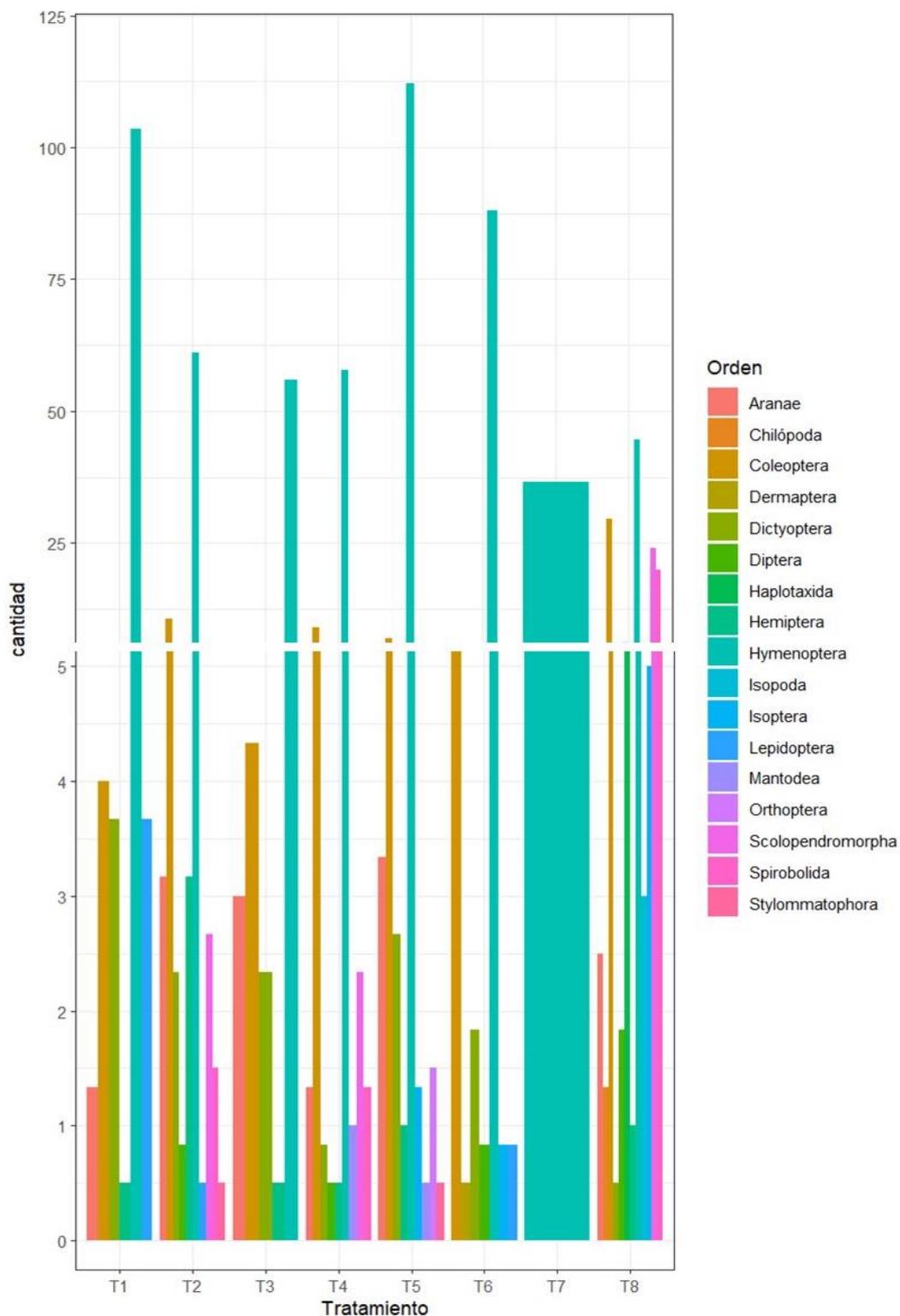


Figura 7. Abundancia de macroinvertebrados en periodo seco.

**T1** = *Crotalaria spectabilis*; **T2** = *Pueraria phaseoloides*; **T3** = *Crotalaria juncea*;  
**T4** = *Centrosema macrocarpum*; **T5** = *Stylosanthes guianensis*; **T6** = *Canavalia ensiformis*  
**T7** = Área sin cobertura vegetal; **T8** = Área no intervenida o bosque.

Estudios similares por De Oliveira (2005) en bosques impactados por la acción del fuego, reportó que las ordenes en época seca con más densidades fueron Coleóptera (31 ind/m<sup>2</sup>) e Himenóptera (28 ind/m<sup>2</sup>). Además, Tizado y Núñez-Pérez (2016), indican que los coleópteros pueden ser indicativos rentables de etapas de restauración sucesional y para evaluar cambios ambientales a corto plazo.

Por el contrario, las órdenes menos abundantes fueron Dermáptera, Mantodea, Dycyóptera y Stylommatóphora (1 ind/m<sup>2</sup>) por cada orden, esto se halló en la mitad de los tratamientos (T2, T5, T6 y T8). Los resultados son similares a lo obtenido en Irlanda por Courtney *et al.* (2010) quienes muestran que la población de Dermáptera indica etapas posteriores de sucesión, ya que se desarrollan en áreas de restauración minera con residuos de bauxita.

#### **4.1.2 Abundancia en periodo lluvioso**

Se encontraron 14 órdenes de macrofauna, con una abundancia promedio de 36 ind/m<sup>2</sup> en áreas post-actividad minera, mientras que en el bosque de referencia 51 ind/m<sup>2</sup>, asimismo sin cobertura vegetal se halló 7 ind/m<sup>2</sup>. Comparando con estudios similares, Navia *et al.* (2021) reportaron que la mayor densidad se presentó en periodo lluvioso en el bosque (10 órdenes) y en cuanto a la población encontró en el bosque (1 808 ind/m<sup>2</sup>) y café (1 368 ind/m<sup>2</sup>). Por otro lado, De Oliveira (2005) en bosques con Araucaria nativa, halló en época lluviosa 856 ind/m<sup>2</sup> y en bosques impactados por la acción del fuego encontró 789 ind/m<sup>2</sup>. En sistemas agroforestales, Sánchez (2018) en Madre de Dios, reportó 16 órdenes y 414 ind/m<sup>2</sup>, además, Pashanasi (2001) en Yurimaguas y Pucallpa, reportó 454 ind/m<sup>2</sup> en sistemas agroforestales. De igual manera, Tapia-Coral *et al.* (2001) en Iquitos-Perú, hallaron en plantaciones de *Cedrelinga catenaeformis* (2 176 ind/m<sup>2</sup>) y en el 2002, en lugares como varillales halló 768 ind/m<sup>2</sup>. Estos valores, manifiestan el efecto negativo que dejó la minería aurífera en el pasado, sin embargo, a diferencia de los tratamientos testigos, al menos ya se encuentra en una etapa o proceso de restauración del resto de áreas.

En la figura 8, se muestra que la orden más abundante fue Hymenóptera

(53 ind/m<sup>2</sup>) mediante el T2 (*Pueraria phaseoloides*), de igual manera esta población predominó en los demás tratamientos en áreas post-actividad minera, excepto en el bosque de referencia. De forma similar, De Oliveira (2005) reportó que, en bosques con *Araucaria* nativa en época lluviosa, la orden con mayor densidad fue Himenóptera (75 ind/m<sup>2</sup>). También, Sánchez (2011) en sistema agroforestal, halló mayor abundancia en la orden Hymenóptera con 176 ind/m<sup>2</sup>. Además, Aquino *et al.* (2005) sostienen que esta orden es uno de los invertebrados más abundantes en los trópicos húmedos y es una parte importante de la cadena trófica.

La segunda orden más abundante fue Haplotáxida con 17 ind/m<sup>2</sup> en bosque de referencia, seguida por la orden Coleóptera que predomina en éstas mismas áreas con 6 ind/m<sup>2</sup>. El mismo patrón de resultados encontró Sánchez (2011) en áreas de pastizales teniendo a esta orden como uno de los más abundantes con 10 ind/m<sup>2</sup>. Marashi y Scullion (2003) reportaron que las lombrices de tierra, en la zona de las raíces de las plantas, inician la agregación en áreas severamente degradadas. Del mismo modo, De Oliveira (2005) en bosques impactados por la acción del fuego, reportó que la orden con mayor abundancia fue Coleóptera (215 ind/m<sup>2</sup>).

Por otro lado, las órdenes menos abundantes fueron Lepidóptera (1 ind/m<sup>2</sup>) en T1 (*Crotalaria spectabilis*), al igual que Hemíptera y Orthóptera en T3 (*Crotalaria juncea*). Estos resultados son similares a lo reportado por Sánchez (2018) en áreas de pastizales, teniendo a esta orden como uno de los menos abundantes (1 ind/m<sup>2</sup>), indicando así que estas órdenes fueron favorecidas por la perturbación del bosque, debido a la entrada de una gran cantidad de materia orgánica en el suelo (en los cultivos agroforestales casi siempre se podan ramitas, brotes y hojas frescas).

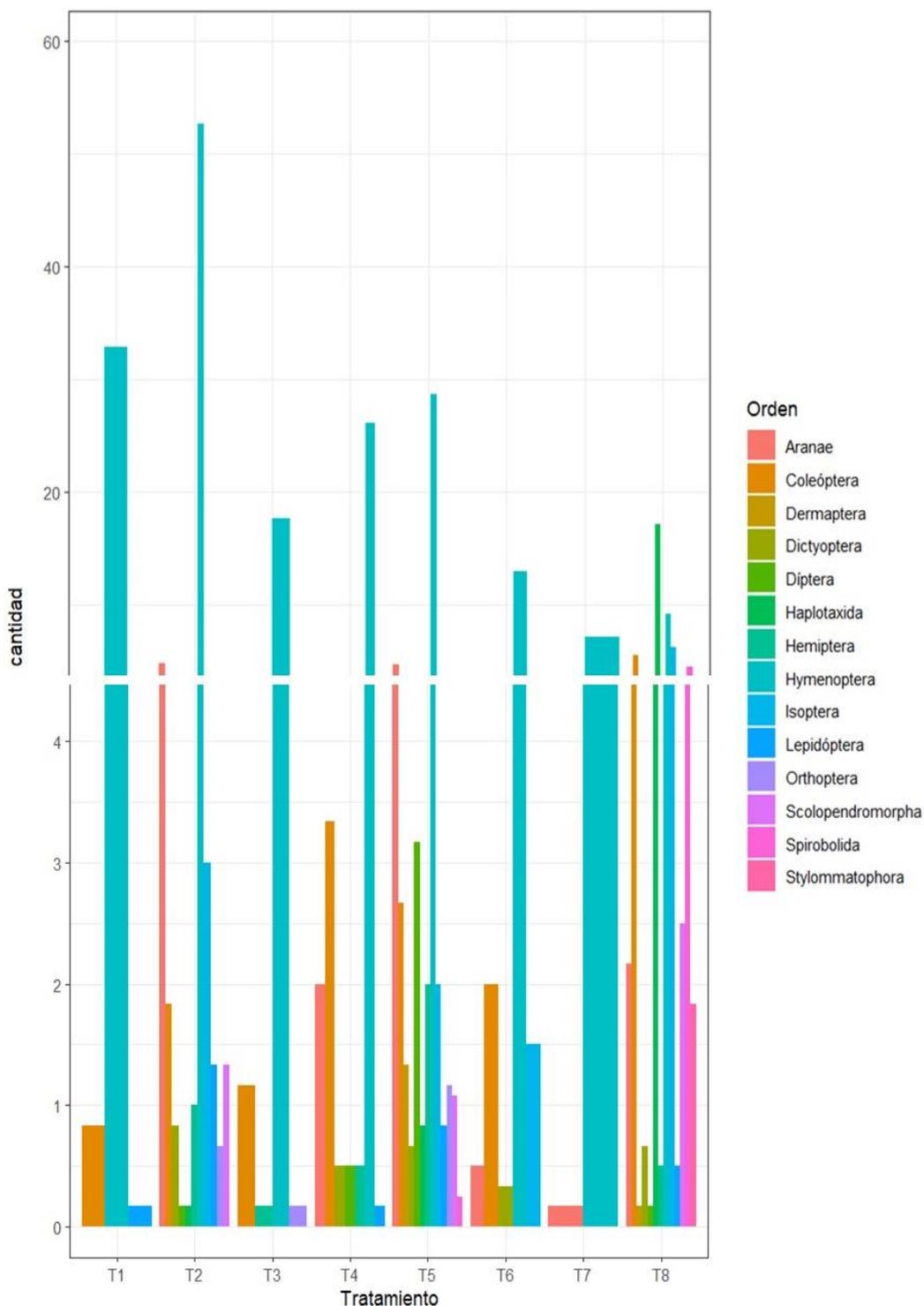


Figura 8. Abundancia de macroinvertebrados en periodo lluvioso.

**T1** = *Crotalaria spectabilis*; **T2** = *Pueraria phaseoloides*; **T3** = *Crotalaria juncea*;  
**T4** = *Centrosema macrocarpum*; **T5** = *Stylosanthes guianensis*; **T6** = *Canavalia ensiformis*  
**T7** = Área sin cobertura vegetal; **T8** = Área no intervenida o bosque.

#### 4.1.3 Biomasa en periodo seco

La figura 9 muestra la biomasa de macroinvertebrados por tratamiento. En áreas con cultivos de cobertura se encontraron valores muy bajos,

resaltando la orden Coleóptera (0,01 g/m<sup>2</sup>) e Hymenóptera (0,01 g/m<sup>2</sup>), estos valores se encontraron en la mayoría de tratamientos, excepto con *Crotalaria juncea* (T3). En el bosque de referencia se halló mayor biomasa en la orden Spirobólida (0,51 g/m<sup>2</sup>), seguido de Scolopendromorpha (0,3 g/m<sup>2</sup>), Haplotáxida (0,21 g/m<sup>2</sup>) y Coleóptera (0,05 g/m<sup>2</sup>).

Sin embargo, nuestros valores difieren con lo reportado por Ccoycca (2018), en sistemas agroforestales encontró mayores cantidades en órdenes como Haplotáxida (12,71 g/m<sup>2</sup>) y Coleóptera (1,5 g/m<sup>2</sup>). Similarmente, Gárate y Usca (2013), indicaron que la zona deforestada tiene mayor biomasa de macrofauna del suelo que los bosques primarios (27,36 y 6,4 g/m<sup>2</sup>), respectivamente.

#### **4.1.4 Biomasa en periodo lluvioso**

La figura 10 muestra la biomasa de aquellos macroinvertebrados evaluados en el periodo lluvioso, donde podemos encontrar que la orden Haplotáxida obtuvo la mayor biomasa con respecto a las otras órdenes con un 0,68 g/m<sup>2</sup> en bosque de referencia (T8), seguido de la orden Spirobólida con 0,34 g/m<sup>2</sup>. Asimismo, podemos divisar que en la especie *Pueraria Phaseoloides* (T2) la orden que obtuvo mayor biomasa es Scolopendromorpha con 0,12 g/m<sup>2</sup>. Seguido por Hemíptera (0,04 g/m<sup>2</sup>) y Aranae (0,03 g/m<sup>2</sup>) mediante el cultivo *Stylosanthes guianensis* (T5). Por otro lado, también podemos observar a los menos representativos, como sucede en el bosque de referencia (T8) teniendo a la orden Dermáptera, muy por debajo de lo representativo.

De igual manera, Pashanasi (2001) en el periodo lluvioso, el bosque primario no intervenido e intervenido encontraron una biomasa dominada por Haplotáxidas e Isópteras (57,8 y 91,1 g/m<sup>2</sup>), la cual fue muy alta. En cultivos, la más representada fue las Hymenópteras (5,1 g/m<sup>2</sup>) y Haplotáxidas (30,5 g/m<sup>2</sup>). Las Haplotáxidas fueron los componentes de la biomasa más destacados. Igualmente, Sánchez (2018) en bosque de referencia halló mayor biomasa de Hymenópteros, en monocultivos con mayor biomasa de Orthópteros y Diplópodos, en pastizal obtuvo más biomasa de Hemípteros y Haplotáxidos, y en el sistema agroforestal halló mayor biomasa de Coleópteros.

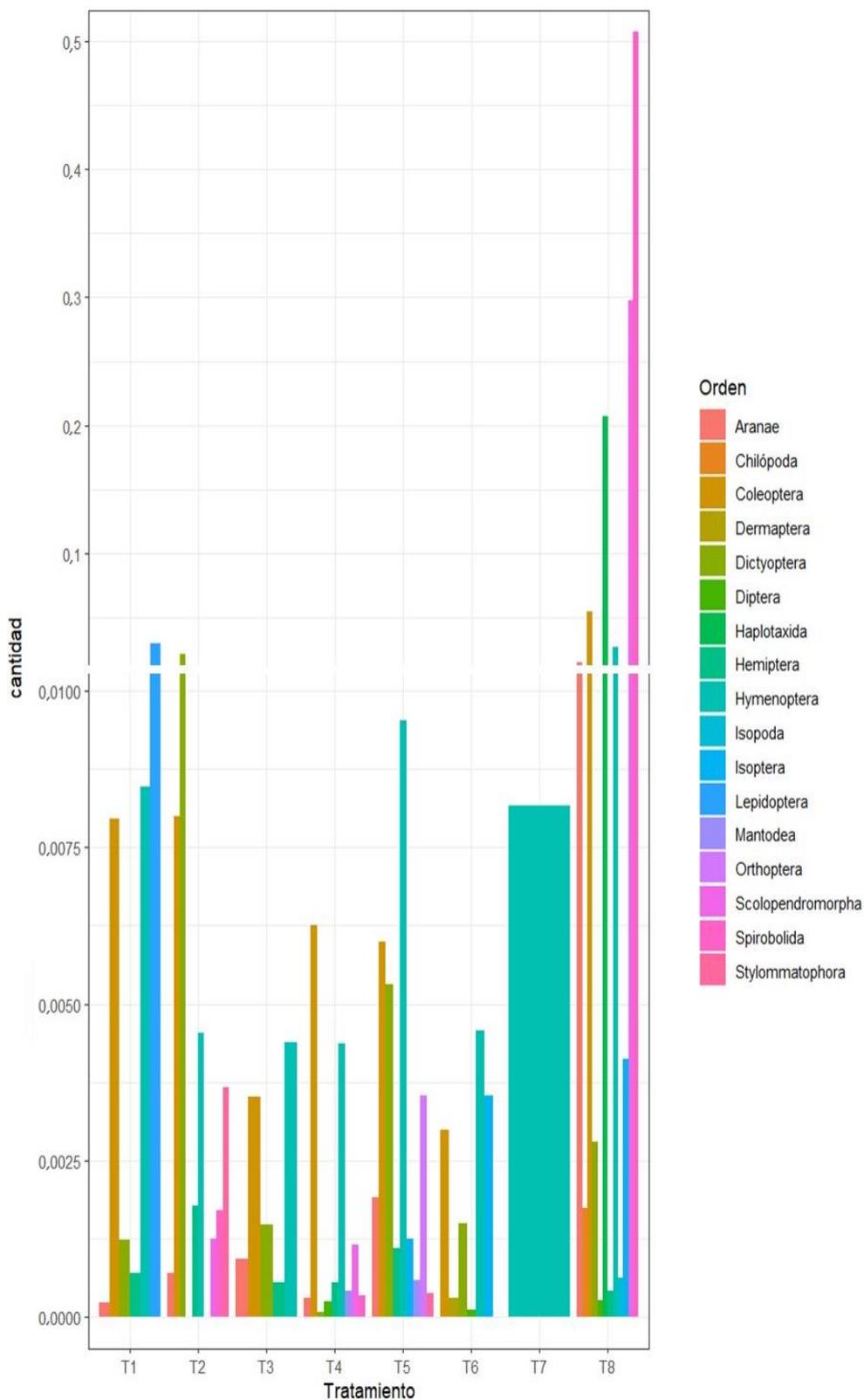


Figura 9. Biomasa de macroinvertebrados en periodo seco.

**T1** = *Crotalaria spectabilis*; **T2** = *Pueraria phaseoloides*; **T3** = *Crotalaria juncea*;  
**T4** = *Centrosema macrocarpum*; **T5** = *Stylosanthes guianensis*; **T6** = *Canavalia ensiformis*  
**T7** = Área sin cobertura vegetal; **T8** = Área no intervenida o bosque.

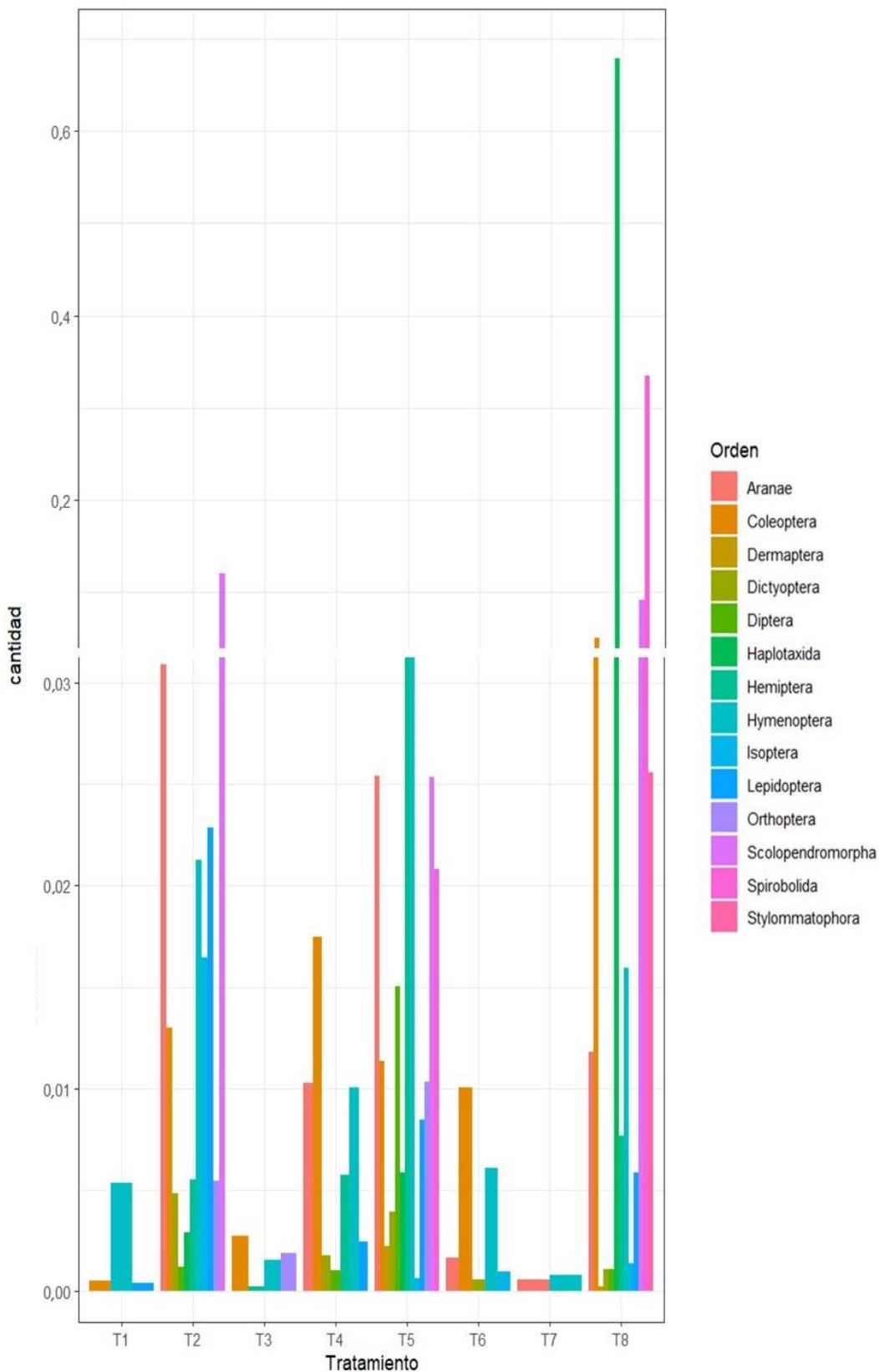


Figura 10. Biomasa de macroinvertebrados en periodo lluvioso.

**T1** = *Crotalaria spectabilis*; **T2** = *Pueraria phaseoloides*; **T3** = *Crotalaria juncea*;  
**T4** = *Centrosema macrocarpum*; **T5** = *Stylosanthes guianensis*; **T6** = *Canavalia ensiformis*  
**T7** = Área sin cobertura vegetal; **T8** = Área no intervenida o bosque.

## 4.2 Riqueza y diversidad de macroinvertebrados

### 4.2.1 Riqueza o dominancia en periodo seco y lluvioso

En la figura 11 se muestran los índices de riqueza o dominancia de los macroinvertebrados por cada tratamiento en periodo seco y lluvioso, estos fueron obtenidos mediante los datos de abundancia que luego fueron sometidos a la fórmula del índice de dominancia de Simpson.

De esta manera, podemos reportar que en el tratamiento testigo sin cobertura vegetal, existe una dominancia alta del orden Hymenóptera (con índices de 1 y 0,96) en periodo seco y lluvioso respectivamente, por lo tanto, eso afecta a la diversidad biológica, ya que se acercan al valor de la unidad. Asimismo, Pashanasi (2001) reportó valores similares en pastizales, teniendo una dominancia alta, debido a que estas áreas fueron quemadas anualmente en el periodo seco, alterando negativamente en la diversidad biológica.

En el tratamiento T1 (*Crotalaria spectabilis*), observamos que posee las más altas dominancias en áreas post-minería (índices de 0,79 y 0,94) en periodo seco y lluvioso respectivamente, donde en el periodo lluvioso los invertebrados Hymenóptera, Coleóptera y Lepidóptera ejercieron mayor dominancia respecto a la otra temporada. Como esperábamos, estos resultados son diferentes a lo reportado por Ccoyca (2018) en áreas de sistemas agroforestales reportando una dominancia moderada (0,41). Por consiguiente, se muestra que, la mayor dominancia se encuentra en suelos impactados, y la más baja en bosque secundario (Pashanasi 2001).

Seguidamente, tenemos al tratamiento T3 (*Crotalaria juncea*), cuyos índices son de 0,72 y 0,85 en ambos periodos, podemos reportar que en periodo lluvioso los invertebrados Hymenóptera, Coleóptera, Hemíptera y Orthóptera ejercieron mayor dominancia.

Luego, en el bosque secundario o de referencia se observó una baja dominancia (índices de 0,2 y 0,19), por ende, es más diverso; es decir, no hay un orden que domine sobre el resto ya que la macrofauna está muy equilibrada. De esta manera, Negrete-Yankelevich (2007) indica que el bosque de referencia muestra menor dominancia debido a la variedad de especies, y gracias a un microclima no volátil que se crea allí.

Pashanasi (2001) sostiene que el bosque primario tiene una riqueza similar a la de las plantaciones con cobertura vegetal. Lo que sugiere que esta similitud de dominancias puede ser indicativa de ambientes conservados o restaurados.

Finalmente, en relación a la comparación en ambos periodos estacionales, se reportó una diferencia favorable en periodo lluvioso. Asimismo, estudios similares por Tapia-Coral *et al.* (2002), tuvieron una dominancia alta en el periodo lluvioso, esto puede deberse a que la macrofauna del suelo es sensible a cambios abruptos de temperatura y de humedad. Así también, cuando la dominancia es moderada es debida a que la humedad podría estar favoreciendo en la actividad y diversidad de la macrofauna del suelo.

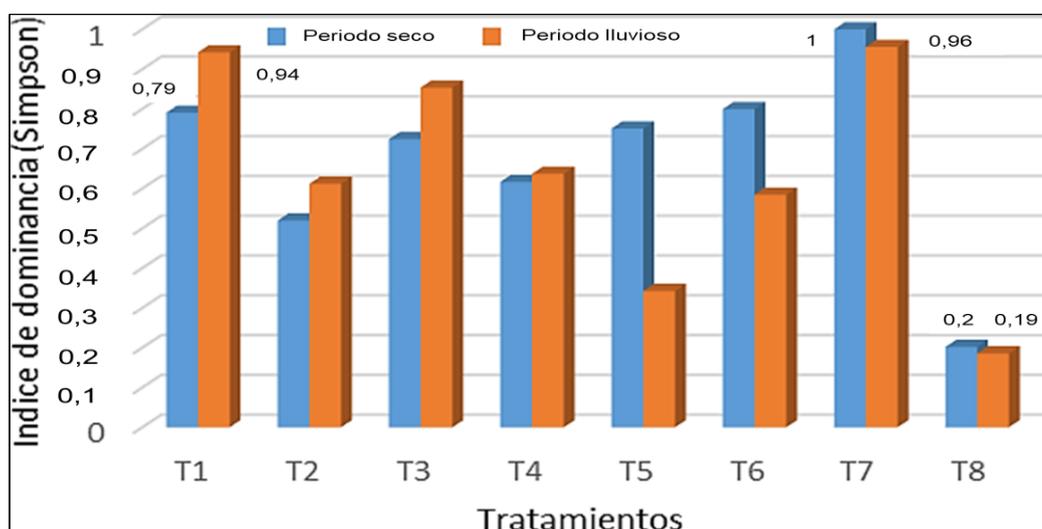


Figura 11. Riqueza (Índice de dominancia de Simpson) de macroinvertebrados mediante tratamientos en periodo seco y lluvioso.

**T1** = *Crotalaria spectabilis*; **T2** = *Pueraria phaseoloides*; **T3** = *Crotalaria juncea*;

**T4** = *Centrosema macrocarpum*; **T5** = *Stylosanthes guianensis*; **T6** = *Canavalia ensiformis*

**T7** = Área sin cobertura vegetal; **T8** = Área no intervenida o bosque.

#### 4.2.3 Diversidad en periodo seco y lluvioso

En la figura 12 podemos observar que, como se esperaba se halló una mayor diversidad en bosque de referencia que en el área intervenida, donde en el periodo lluvioso se halló un índice de diversidad de 2 y en periodo seco (1,8). Estos valores son similares a lo hallado por De Oliveira (2005), obteniendo en bosques impactados por la acción del fuego, un mayor índice en época lluviosa de 1,91, mientras que en los bosques con

Araucaria nativa en época seca (1,64). Sin embargo, Sánchez (2018) halló menor diversidad en el área de bosque (1,48) en periodo lluvioso.

Por otro lado, en áreas intervenidas por minería, con el tratamiento de *Stylosanthes guianensis* en periodo lluvioso mostró valores cercanos al bosque de referencia (1,7), lo que demostraría la influencia positiva de esta cobertura vegetal en este periodo sobre la diversidad de macrofauna; sin embargo, en la estación seca se obtuvo una muy baja diversidad con 0,6. Seguidamente, mediante el uso de la cobertura *Pueraria Phaseoloides*, se observa que la diferencia entre ambos periodos no es muy distanciada, obteniéndose en periodo seco 1,1 y en lluvioso 1, lo que significa que en ambos periodos se obtuvo una baja diversidad.

Ccoycca (2018) en sistemas agroforestales, halló un índice de 2,6, similar a los estudios de Da Silva Moço *et al.* (2009) en Brasil, donde hallaron índices de 2,94 en Bahía y 2,26 en Acre y Rondônia, los cuales mostrarían una diversidad comúnmente encontrado en sistemas agroforestales de la Amazonía. En ese sentido, Pashanasi (2001), indica que las áreas intervenidas en un principio poseen menor diversidad que los bosques, debido a que aún no reúne las condiciones para ser invadidas por especies oportunistas". Tapia-Coral *et al.* (2001), también, concluyeron que las áreas en proceso de recuperación poseen menor diversidad, lo que indica que éstas aún están en proceso de recuperación".

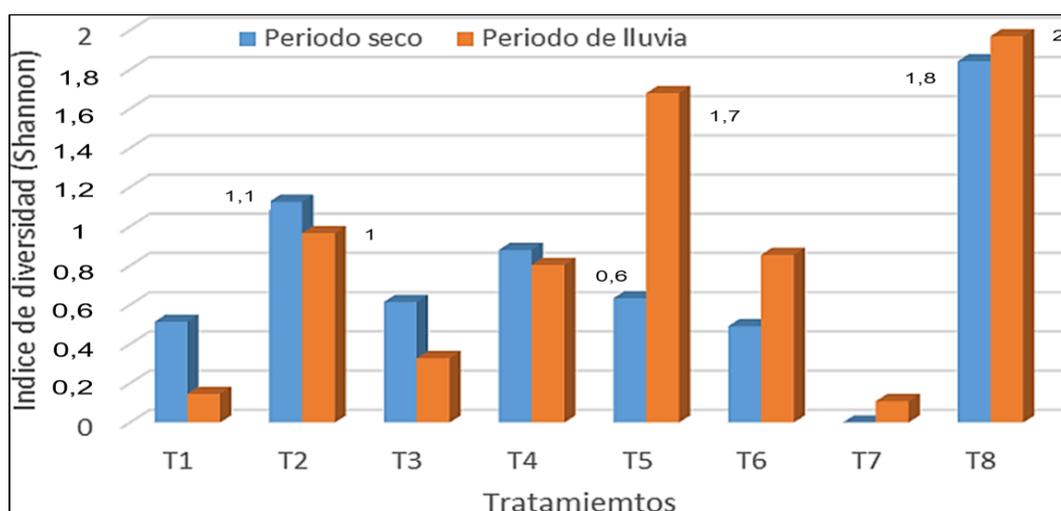


Figura 12. Diversidad de macroinvertebrados en periodo seco y lluvioso.

**T1** = *Crotalaria spectabilis*; **T2** = *Pueraria phaseoloides*; **T3** = *Crotalaria juncea*;  
**T4** = *Centrosema macrocarpum*; **T5** = *Stylosanthes guianensis*; **T6** = *Canavalia ensiformis*  
**T7** = Área sin cobertura vegetal; **T8** = Área no intervenida o bosque.

### 4.3 Efecto de los periodos en la población de macroinvertebrados

Se puede decir que no obtenemos mucha diferencia en los efectos de los períodos seco y lluvioso en la macrofauna, tanto que la mayor parte de la población se comparte en los dos períodos. (Figura 13), con algunas excepciones que describimos a continuación:

Los estilomatóforos (*Stylommatophora*), que son gasterópodos pulmonados como los caracoles terrestres, fueron hallados únicamente en el periodo lluvioso y en el bosque de referencia (T8).

Las lombrices (del orden Haplotáxida) fueron encontradas en los tratamientos con *Pueraria phaseoloides* (T2), *Stylosanthes guianensis* (T5) y en el bosque de referencia (T8), con más intensidad durante el periodo lluvioso. La misma tendencia se observa con el orden Dermáptera en los tratamientos con *Stylosanthes guianensis* (T5) y en el bosque de referencia (T8), encontrándose una mayor población durante el periodo lluvioso.

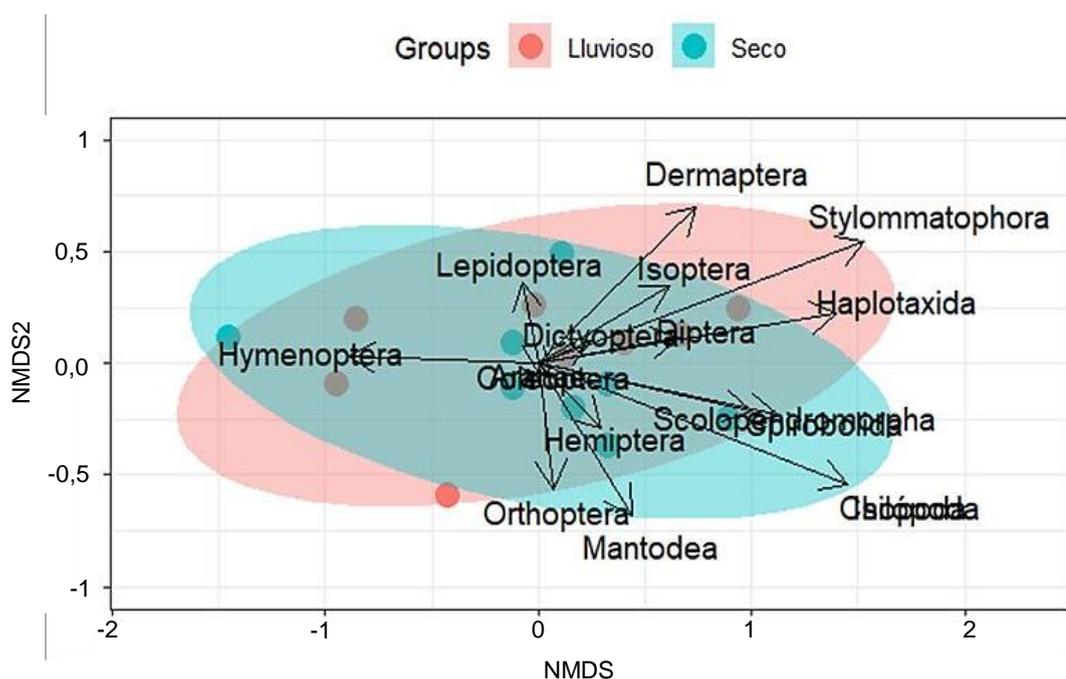


Figura 13. Escalamiento multidimensional no métrico de la población de macroinvertebrados en periodo seco y lluvioso.

### 4.4 Características fisicoquímicas de los suelos degradados

En las características fisicoquímicas del suelo muestreado, se obtuvo los siguientes resultados: El pH más elevado en los tratamientos con cobertura vegetal fue T5 (*Stylosanthes guianensis*) con 5,88 y T3 (*Crotalaria juncea*) con

5,84. En cuanto a materia orgánica, el tratamiento con *Stylosanthes guianensis* se reportó 0,11%, mientras que en el bosque de referencia un 0,93%. En cuanto al nivel de fósforo se obtuvo en el bosque de referencia (6,1 ppm), sin embargo; en suelos de los T1 (*Crotalaria spectabilis*) mostró 11,9 ppm y en el T4 (*Centrosema macrocarpum*) 14 ppm. En el T5 (*Stylosanthes guianensis*) el nivel de potasio fue (116 ppm) seguido del bosque de referencia (102 ppm); el T7 (área sin cobertura) obtuvo un 92% de arena, 59% de arcilla en el T8 (bosque de referencia) y un 35% de arcilla en el mismo. Los cationes calcio y magnesio fueron los que se perdieron en los tratamientos (1 –7), y en el T8 se obtuvo (6,6 meq/100g) y (2,08 meq/100g) respectivamente (ver anexo 04).

#### 4.4.1 PH

En la figura 14 podemos observar que los suelos degradados por la minería tienen un pH más elevado (en promedio pH = 5,81) que el suelo de bosque de referencia (5,53), esta condición de “aparente mejora” podría contribuir al establecimiento inicial de algunas especies, tal como mencionan Amores *et al.* (2009), ya que con el pH de 6 y 7, elementos como el N son más disponibles para las plantas, estos niveles de pH son los mejores para el cultivo de cacao y la mayoría de los cultivos. De la misma forma, (Casallenas *et al.* 2003) informaron que valores cercanos a 6, simboliza que es “Ligeramente ácido”, lo cual no generaría la variación de minerales y su estructura. En ese sentido, los suelos de la zona referenciada e intervenida oscilan entre valores de 5,53 a 6,03 en todos los procesos, no presentando diferencias significativas entre estos.

Por otro lado, estudios similares realizados dentro de la región como el de Lipa (2017) observó en suelos de áreas intervenidas por minería con fines de restauración vegetal un pH ligeramente ácido de 6,6. Sánchez (2018), muestra el mismo patrón de resultados, en suelos de bosque ha reportado pH fuertemente ácidos (4,35) mientras que sus demás tratamientos en sistemas de uso de suelo, también reportan pH más elevados, es decir; suelos menos ácidos (Pastizales = 5,24). Igualmente, Aróstegui (2017) en estudios similares realizados en áreas abandonadas por minería con

cobertura de cultivos agrícolas, reportó suelos con pH similares (5,1) de ello podemos deducir que a medida que las áreas son degradadas o impactadas, se eleva el pH. Sin embargo, utilizando coberturas vegetales como pastos, herbáceas e incluso cultivos se lograría en menor escala bajar el valor del pH, volviendo así, poco a poco a su valor original.

#### **4.4.2 Materia orgánica**

Por efecto de la actividad minera, los suelos degradados perdieron casi todo su contenido de materia orgánica, presentando una situación inversa al pH (Ver figura 14). Esto concuerda con lo indicado por Navarro *et al.* (1995) en el cual la apariencia de materia orgánica en suelos normalmente es insuficiente y son contadas las peculiaridades en que sobresale del 2%, sin embargo, si estos suelos son impactados estos valores disminuyen aún más. Tal como muestra nuestro trabajo con bajos niveles en suelos donde hubo actividad minera y ahora con cobertura vegetal de *Stylosanthes guianensis* (T5) con 0,11% de materia orgánica, mientras que en el bosque de referencia (T8) se reporta un 0,93 %. Este valor constituye un porcentaje de materia orgánica “bajo”. Por el cual se exhorta ejecutar un aporte de la misma hasta obtener un nivel inmejorable de 2% (Casallenas *et al.* 2003).

Desde esta perspectiva, varios autores observaron diferentes resultados al de nuestro trabajo pero sin diferencias significativas; Aróstegui (2017) con similares estudios en áreas abandonadas por minería con cobertura de cultivos agrícolas, cuyos suelos tienen valores de 1,43 %, no obstante, se indica que los suelos que conservan diferencias o excelsos contenidos de materia orgánica o arcillas habitualmente muestran elevadas cantidades de mercurio, debido a su capacidad de absorción, pero los organismos del suelo pueden dispersar y así degradarlo. Similarmente, Lipa (2017) observó en suelos de áreas intervenidas por minería con fines de restauración vegetal un valor de 1,37 % y en áreas con vegetación un valor de 1,2 %. Asimismo, Sánchez (2018) reportó en suelos de bosque un valor de 1,01 %, mientras que en suelos de monocultivos poseen un valor de 0,64 %. Igualmente, Ccoyca (2018) en suelos de sistemas agroforestales observó baja cantidad de materia orgánica con promedio de 1,66 %.

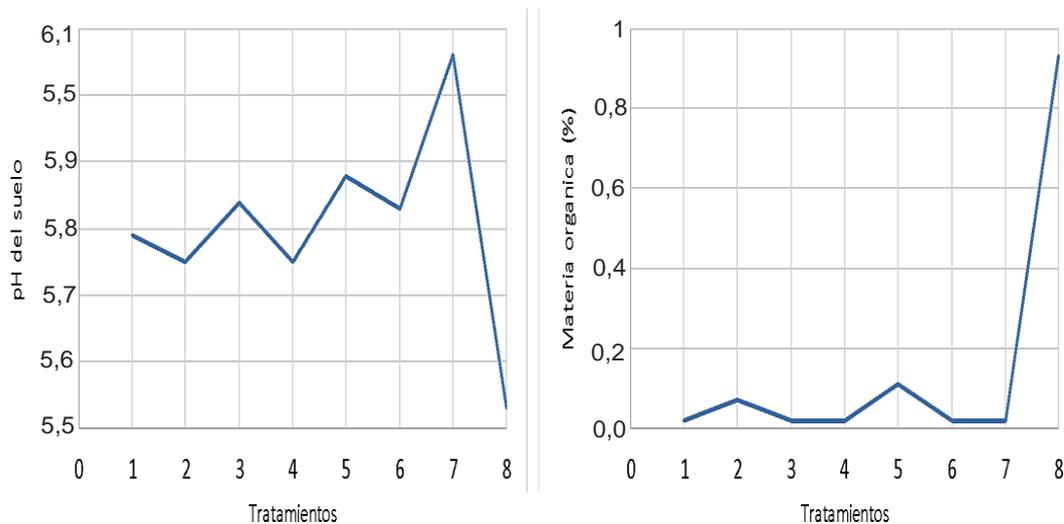


Figura 14. PH y materia orgánica del suelo por tratamiento.

**T1** = *Crotalaria spectabilis*; **T2** = *Pueraria phaseoloides*; **T3** = *Crotalaria juncea*;  
**T4** = *Centrosema macrocarpum*; **T5** = *Stylosanthes guianensis*; **T6** = *Canavalia ensiformis*  
**T7** = Área sin cobertura vegetal; **T8** = Área no intervenida o bosque.

#### 4.4.3 Fósforo

En la figura 15 podemos observar que el nivel de fósforo en el bosque de referencia (6,1 ppm) como lo esperado es uno de los más bajos, ya que en forma natural en los bosques de la amazonia no hay mucha disponibilidad de este elemento, sin embargo; en los suelos de los tratamientos 1 y 4 (áreas post-actividad minera con fines de fitoremediación) los niveles son más altos (en promedio 12,95 ppm), ya que al parecer en estas condiciones se puso disponible el fósforo en el suelo.

Desde esta perspectiva, varios autores observaron similares resultados en suelos de bosque, que representan suelos “muy bajos” en fósforo, pero en suelos post-actividad minera reportaron diferentes resultados al de nuestro trabajo. En ese sentido, Lipa (2017) en suelos de áreas intervenidas por minería con fines de restauración vegetal, observó bajas concentraciones con promedio de 2,67 ppm y en áreas con vegetación de referencia un valor de 3 ppm. Asimismo, Sánchez (2018) reportó en suelos de bosque concentraciones de 3,73 ppm, mientras que en suelos de sistemas agroforestales poseen un valor de 4,4 ppm. Igualmente, Ccoyca (2018) en suelos de sistemas agroforestales observó bajas concentraciones con promedio de 4,32 ppm. De ello podemos sugerir que

utilizando coberturas vegetales herbáceas como *Crotalaria spectabilis* y *Centrosema macrocarpum* se lograría aumentar las concentraciones de fósforo en suelos de áreas intervenidas por minería.

#### 4.4.4 Potasio

En el tratamiento 5, los niveles de potasio (116 ppm) son casi similares al de bosque de referencia (102 ppm), posiblemente por efecto de la actividad minera este elemento quedó más disponible en estas condiciones (Ver figura 15).

Sin embargo, Sánchez (2018) mediante su investigación de determinación presenta en promedio que los suelos ensayados tienen el nivel de potasio bajo, en el caso de bosque (31 ppm), monocultivos (34 ppm), pastizal (57 ppm) y en sistema agroforestal (62 ppm). Igualmente, según análisis ejecutados por INADE (2007) revelan similares patrones de suelos, pobres en nutrientes incluido el potasio, con suelos considerablemente ácidos y tóxicos en aluminio.

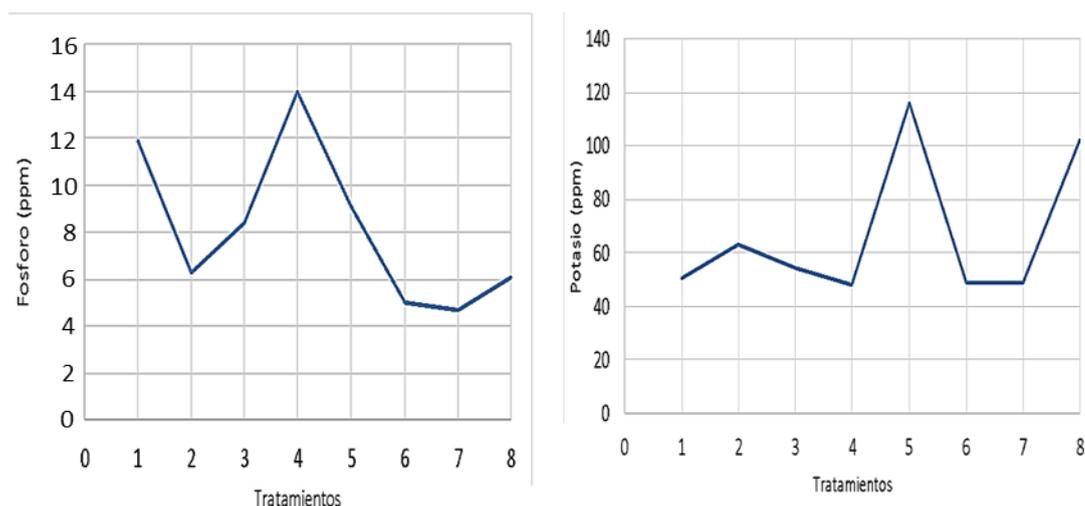


Figura 15. Niveles de Fósforo y Potasio del suelo (ppm) por tratamiento.

**T1** = *Crotalaria spectabilis*; **T2** = *Pueraria phaseoloides*; **T3** = *Crotalaria juncea*;  
**T4** = *Centrosema macrocarpum*; **T5** = *Stylosanthes guianensis*; **T6** = *Canavalia ensiformis*  
**T7** = Área sin cobertura vegetal; **T8** = Área no intervenida o bosque.

#### 4.4.5 Arena, Limo y Arcilla

En la figura 16, los suelos degradados por minería han sufrido la pérdida (por erosión hídrica) de sus partículas más finas, tales como el limo y la arcilla (tratamientos 1-7) con promedios de 88% de arena, 6% de limo y 6%

arcilla. Bajo condiciones naturales, y en el bosque de referencia se observa que normalmente, las proporciones de las partículas son similares a los del tratamiento 8, los cuales son (6%) de arena, (59%) de limo y (35%) arcilla.

A diferencia de otros autores como Lipa (2017) que consiguió como efecto dos tipologías de clases texturales, el sitio de referencia enseñó dos tipos de suelo (franco limoso y limoso), el área intervenida exhibió el suelo franco limoso, con 30% de arena y limo 65%, arcilla 5% de clase textural franco limoso y del sitio de referencia fue con 23% de arena, limo 72%, arcilla 5% de clase textural franco limoso. Sin embargo, Sánchez (2018) su investigación de caracterización presenta en promedio que los suelos experimentados de bosques obtuvieron de arena (78%), limo (11%) y arcilla (10%).

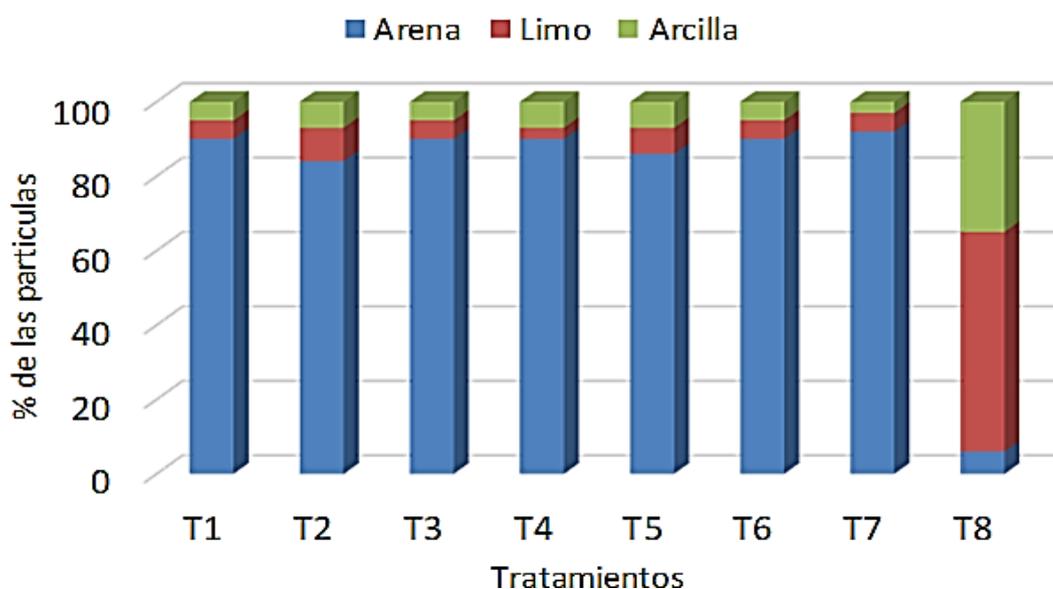


Figura 16. Composición de las partículas de arena, limo y arcilla de los suelos.

T1 = *Crotalaria spectabilis*; T2 = *Pueraria phaseoloides*; T3 = *Crotalaria juncea*;  
 T4 = *Centrosema macrocarpum*; T5 = *Stylosanthes guianensis*; T6 = *Canavalia ensiformis*  
 T7 = Área sin cobertura vegetal; T8 = Área no intervenida o bosque.

#### 4.4.6 Cationes cambiabiles

La capacidad intercambiable de catiónico del suelo para sostener e comerciar incomparables elementos minerales, es esta capacidad la que acrecienta claramente con la apariencia de materia orgánica, podría decirse que es la raíz de lo que mencionamos fertilidad del suelo. Por efectos de la actividad minera, los suelos redujeron sus niveles de cationes

cambiables, observándose que al igual que la Capacidad de intercambio catiónico (CIC), en todos los tratamientos los cationes cambiables como calcio y magnesio (1,59 y 0,67 meq/100g respectivamente) fueron los que se perdieron más fácilmente, donde sus valores fueron superados en el bosque de referencia (6,6 y 2,08 meq/100g respectivamente) e incluso por las áreas sin cobertura vegetal (2,61 y 0,67 meq/100g respectivamente). Sin embargo, los demás cationes como Potasio, Sodio y la Acidez intercambiable lograron aumentar sus niveles respecto a los suelos sin cobertura vegetal (Ver figura 17).

Mientras tanto, Lipa (2017) reportó que la capacidad intercambiable de cationes en el suelo exhibe un rango desde 6 meq/100 a 10 meq/100 en el área referenciada e intervenida, estando esta diferencia no significativa entre ello y con rango de tipos “Muy bajo” a “Bajo”. A su vez Aróstegui (2017), sobre el intercambio catiónico obtenidos en las parcelas de Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia muestran valores de 8,15; 3,57 y 22,24 meq/100g correspondientemente.

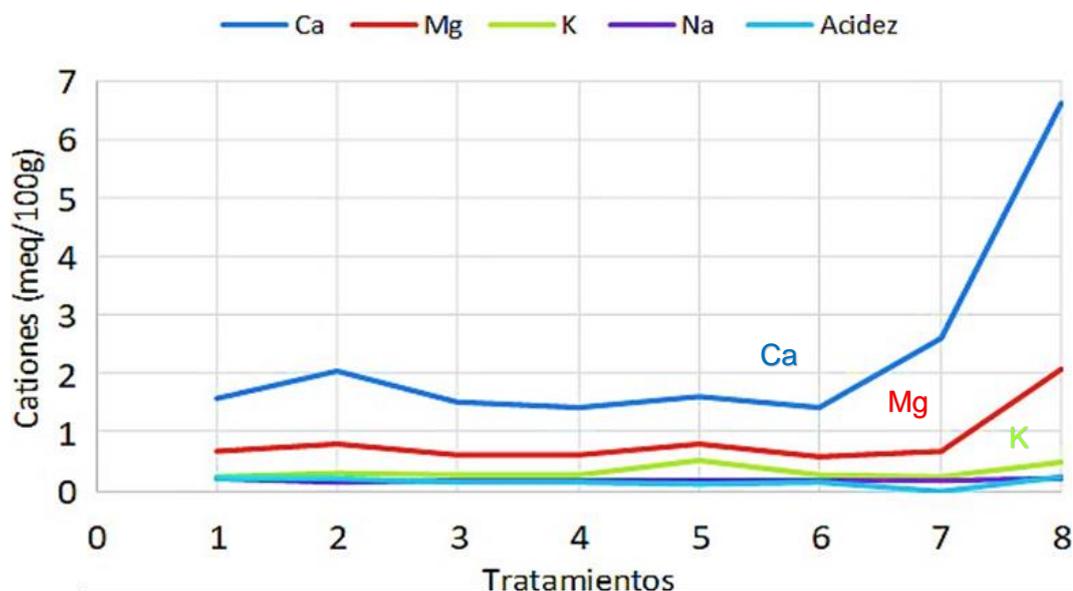


Figura 17. Cationes cambiables de los suelos.

**T1** = *Crotalaria spectabilis*; **T2** = *Pueraria phaseoloides*; **T3** = *Crotalaria juncea*;  
**T4** = *Centrosema macrocarpum*; **T5** = *Stylosanthes guianensis*; **T6** = *Canavalia ensiformis*  
**T7** = Área sin cobertura vegetal; **T8** = Área no intervenida o bosque.

#### 4.5 Efecto de las características fisicoquímicas del suelo en la población de macroinvertebrados

El análisis de correlación entre las características fisicoquímicas del suelo con las órdenes de macroinvertebrados, en forma individual, mostró que hay un alto nivel de correlación (coeficiente de correlación  $>0,7$ ) con algunas características del suelo y las órdenes Coleóptera, Isoptera, Díptera, Lepidóptera y Aranae (Figura 18); es decir, las variaciones de las características del suelo tanto de la actividad minera como del bosque de referencia si afectaron en la población de macrofauna.

Tabla 6. *Coefficientes de correlación (r) entre las características fisicoquímicas del suelo y la población de macroinvertebrados.*

Característica del suelo	Periodo lluvioso				Periodo seco	
	Isoptera	Diptera	Lepidóptera	Coleóptera	Coleóptera	Aranae
pH	-0,97	0,73	--	-0,79	-0,94	--
M.O	0,96	--	--	0,86	0,97	--
Arena	-0,97	--	--	-0,85	-0,97	--
Limo	0,97	--	--	0,83	0,97	--
Arcilla	0,97	--	--	0,88	0,98	--
CIC	0,96	--	--	0,83	0,96	--
Ca+2	0,98	--	--	0,83	0,97	--
Mg+2	0,98	--	--	0,84	0,97	--
Al+3 + H	0,86	-0,83	--	--	0,70	--
P	--	--	-0,74	--	--	-0,79

##### 4.5.1 Correlación entre las características Fisicoquímicas del suelo en la población de Coleópteras

En la figura 19, en forma individual se encontró correlaciones positivas y negativas altas ( $r > 0,7$ ), entre los efectos a nivel de contenido de arena, limo y arcilla del suelo en la población de coleópteros en ambos períodos estacionales. Cabe resaltar, que la línea de tendencia del contenido de arcilla del periodo seco refleja mejor los datos ( $r = 0,98$ ), de forma similar ocurre con los demás datos en el periodo seco, donde muestra que hay un mejor nivel de correlación; es decir, con valores menos dispersos, reflejando así correctamente la tendencia de los datos.

Así mismo en este periodo seco se encontró mayor población de Coleópteros tanto en la actividad minera 6,8 ind/m<sup>2</sup> como en el bosque de referencia 29,5 ind/m<sup>2</sup>.

Respecto al porcentaje de arena, tanto en periodo seco y lluvioso muestra una correlación negativa, es decir; a medida que el porcentaje de arena disminuye la población de Coleópteros es mayor ( $r = -0,97$  y  $r = -0,85$  respectivamente). Del mismo modo, según los estudios de Sánchez (2018) realizado en periodo lluvioso con macrofauna en general, muestra también una correlación negativa en sus valores, sin embargo sus datos muestran una correlación muy baja ( $r = -0,2$ ), esta diferencia de datos posiblemente debido a que fueron evaluados en suelos no tan áridos y lejanos de la actividad minera, por otro lado, quizá a pesar del alto porcentaje de arena de la actividad minera registrado (88,8 %) estas especies de cobertura vegetal demuestran su cualidad de crecimiento en condiciones edáficas desfavorables, así como su rol fitorremediador, tal como indican (Dias *et al.* 1995).

En cuanto al porcentaje de limo, en ambas temporadas, a medida que su porcentaje disminuye la población de Coleópteros aumenta ( $r = 0,97$  y  $r = 0,83$  respectivamente). Igualmente, Sánchez (2018) quien realizó estudios con esta orden de Coleópteros, muestra el mismo patrón de correlación positiva pero moderada ( $r = 0,57$ ), con diferentes sistemas de uso de suelo, lejanos de la actividad minera. Esto quizá debido a que a pesar del bajo porcentaje de limo registrado en la actividad minera (5,6 %), éste es vital para el desarrollo de las especies de cobertura vegetal y por ende de los Coleópteros.

En cuanto al porcentaje de arcilla, en ambos periodos muestran una correlación positiva muy alta ( $r = 0,98$  y  $r = 0,88$  respectivamente). De forma similar, según lo reportado por Ccoyca (2018) realizado en ambos periodos con macrofauna en general, muestra una correlación positiva pero baja ( $r = 0,3$ ), en suelos de sistemas agroforestales. Esta diferencia de resultados es quizá debido a que a pesar del bajo porcentaje de arcilla registrado en la actividad minera (5,6 %), ésta influye para el desarrollo de las especies de cobertura vegetal y por ende de los Coleópteros.

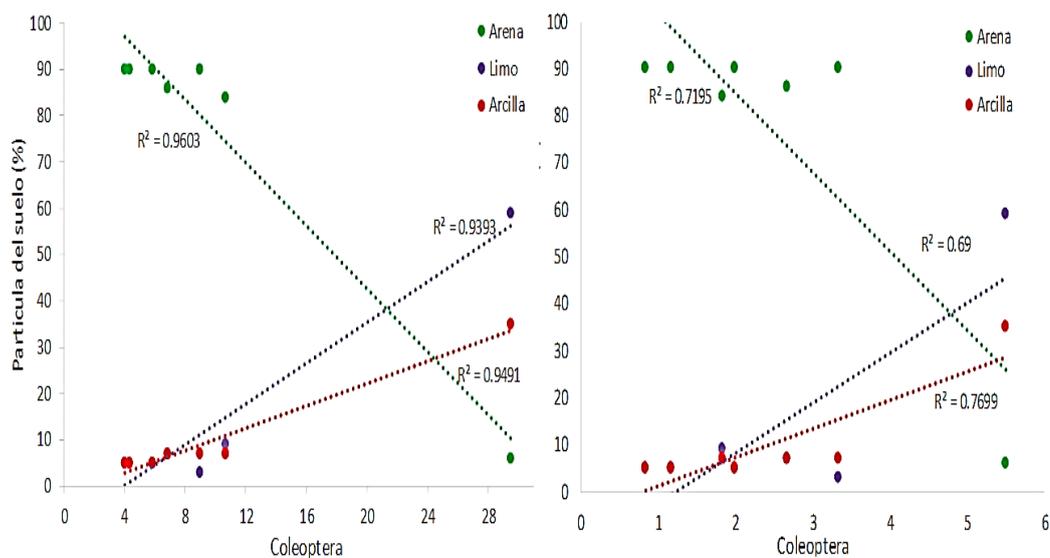


Figura 18. Efecto del contenido de arena, limo y arcilla del suelo en la población de coleópteros. Izquierdo= periodo seco, derecho= periodo lluvioso.

En la figura 20, en forma individual se encontró correlaciones positivas y elevadas ( $r > 0,7$ ), entre los efectos a nivel de contenido de materia orgánica (%), cationes cambiabes como Calcio y Magnesio (meq/100g de suelo) en la población de coleópteros del suelo en ambos periodos, cabe destacar, que en el periodo seco las líneas de tendencia de estas 3 características del suelo mencionados, reflejan con mejor precisión la tendencia de los datos ( $r = 0,97$ ), por el contrario en este periodo seco, el contenido de los cationes cambiabes como la acidez intercambiable refleja con menor precisión la tendencia de estos datos ( $r = 0,7$ ), sin embargo, en ambos periodos a medida que el porcentaje de materia orgánica y los contenidos de cationes como Calcio y Magnesio es mayor, la población de Coleópteros aumenta. Igualmente, los resultados se muestran diferentes en cotejo a los obtenidos por Ccoyca (2018) y Sánchez (2018) en el cual mostraron correlaciones negativas y bajas con ( $r < -0,3$ ).

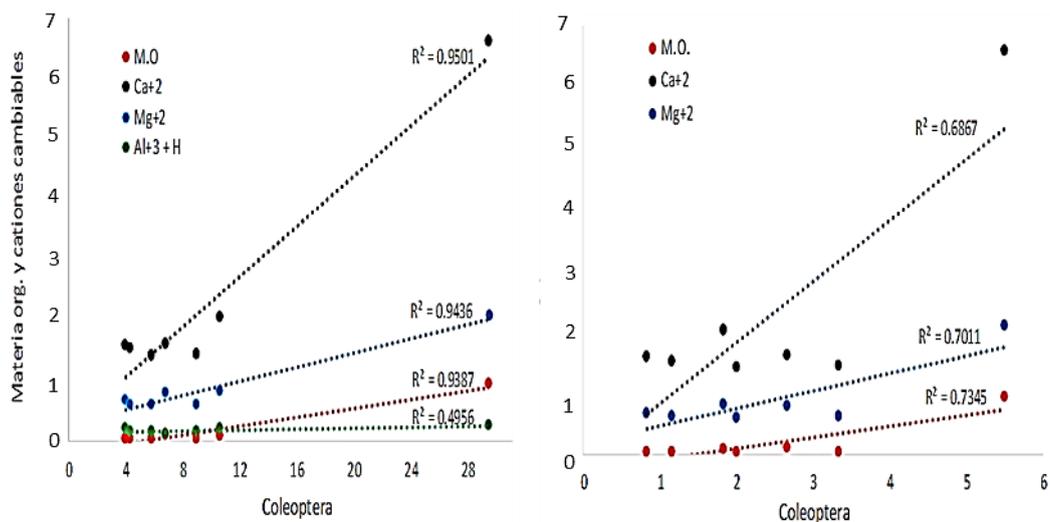


Figura 19. Efecto del contenido de materia orgánica (%) y cationes cambiabiles (meq/100g de suelo) en la población de coleópteros. Izquierda= periodo seco, derecha= periodo lluvioso.

En la figura 21 en forma individual se encontró correlación directa e indirecta ( $r > 0,7$ ), entre los efectos del pH y de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en la población de coleópteros. Cabe resaltar que el CIC muestra una correlación directa en el periodo seco ( $r = 0,96$ ) y en el periodo lluvioso ( $r = 0,83$ ). Asimismo, según lo reportado por (Sánchez 2018), a mayor aumento de la capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC) la población de coleópteros será más numerosa en el suelo ( $r = 0,68$ ).

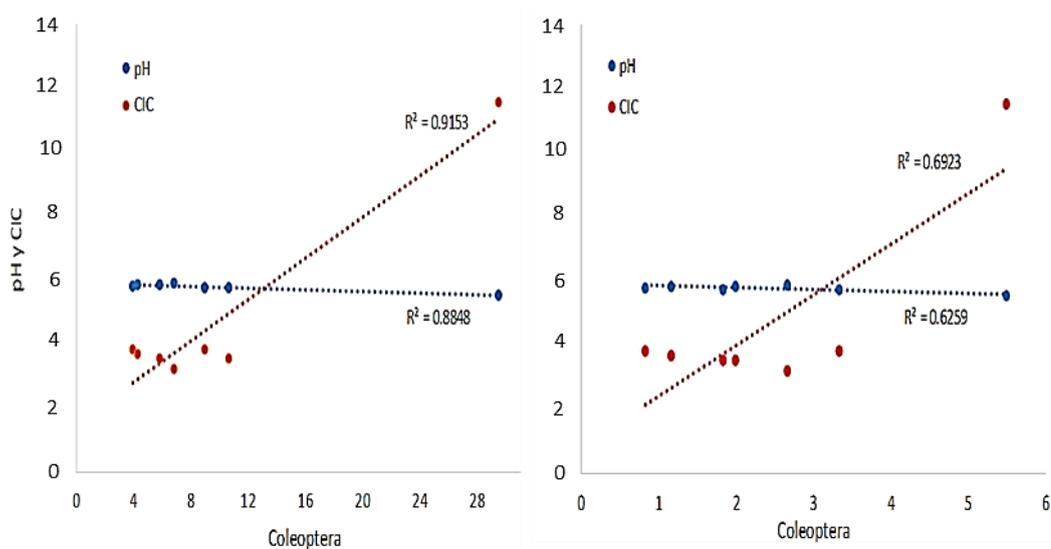


Figura 20. Efecto del pH y de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g de suelo) en la población de coleópteros. Izquierda= periodo seco, derecha= periodo lluvioso.

## CONCLUSIONES

- En general, concluimos que se rechazan las hipótesis, por ende, mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal hubo más abundancia y biomasa de la macrofauna, que, en áreas sin cobertura vegetal; sin embargo, en comparación con otras áreas, los valores fueron muy bajos, indicándonos que el área impactada se encuentra en una etapa de recuperación. Cabe resaltar que las órdenes más abundantes fueron Hymenóptera, Coleóptera y Haplotáxida en ambos periodos de precipitación, mientras que en la biomasa fueron Haplotáxida, Spirobólida y Scolopendromorpha.
- Se caracterizó el índice de riqueza de macrofauna mediante cultivos de cobertura, siendo muy parejos en ambos periodos, donde, el bosque de referencia muestra menor dominancia debido a la variedad de especies, y gracias a un microclima no volátil que se produce allí. Sin embargo, en el área sin cobertura vegetal hubo alta dominancia por parte las Hymenópteras. En cuanto a la diversidad, también fueron muy parejos en ambos periodos, pero con bajos valores, demostrándose que estas áreas que poseen menor diversidad, aún están en proceso de recuperación. Así mismo fue en el bosque de referencia donde se halló mayor diversidad.
- No se encontró influencia del periodo seco y lluvioso en la macrofauna, ya que dichas poblaciones se compartieron en ambos periodos. Sin embargo, sólo la orden Stylommatophora fue hallado en periodo lluvioso. Cabe destacar que, en este periodo hubo mayor intensidad de Haplotáxida y Dermáptera en tratamientos con *Pueraria phaseoloides*, *Stylosanthes guianensis* y el bosque de referencia.
- Los análisis fisicoquímicos de los suelos mostraron algunas diferencias mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal, llegando en algunos casos a superar valores obtenidos del bosque de referencia que fueron superiores. Como fue en el caso de los tratamientos con *Centrosema macrocarpum* (14 ppm) y *Crotalaria spectabilis* (11,9 ppm), ya que al

parecer en estas condiciones se puso disponible el Fósforo en el suelo, lo propio mostró el Potasio en el tratamiento con *Stylosanthes guianensis* (116 ppm). Respecto a los datos mostrados en suelos, excluyendo a los testigos, se concluye que a pesar de que tuvieron baja fertilidad con mínima materia orgánica (0,04), ligeramente ácidos (5,81) y con bajos niveles de cationes cambiables; todas las proporciones fueron aumentando ligeramente en favor de los suelos con cobertura vegetal, demostrándose así inicio de recuperación de todas estas características en los suelos degradados por minería.

- Finalmente, los diversos análisis de correlación determinaron algunas relaciones entre las características fisicoquímicas de los suelos con la población de macrofauna (Coleóptera), donde se pudo encontrar correlaciones directas en el contenido de materia orgánica, limo, arcilla, capacidad de intercambio catiónico, calcio y magnesio; mientras que, en el contenido de arena y pH con correlaciones indirectas. Igualmente, la orden Isóptera también se vio influenciada por estas características del suelo, aunque sólo en periodo lluvioso.

## SUGERENCIAS

Recomendamos realizar más estudios con diversas metodologías de muestreo y en distintas áreas degradadas por la minería, a causa de que se vive actualmente una necesidad inaplazable de recuperar estas áreas degradadas

Se recomienda efectuar investigaciones complementarias a mayor detalle, donde incluya el uso de las especies *Stylosanthes guianensis* y *Pueraria phaseoloides* por haber logrado tener buena abundancia, biomasa y diversidad de macrofauna. Así también, por haber contenido las mejores características fisicoquímicas en los suelos.

Se demostró que es posible recuperar estos suelos, mediante el uso de estas leguminosas. Asimismo, se puede utilizar a los macroinvertebrados como indicadores para evaluar la calidad de suelos.

Para futuros estudios se recomienda un análisis de contenido de metales pesados (Mercurio, Arsénico, Cadmio y Plomo) tanto en suelos como en los cultivos de cobertura vegetal con el fin de determinar la presencia y la capacidad de estos cultivos de extracción de metales pesados.

Con fines de seguir mejorando la calidad del suelo y realizar seguimientos con fines de investigación para conocer su evolución es recomendable plantar árboles maderables, debido a que este tipo de vegetación incrementa la diversidad de macrofauna, relacionada directamente con el aumento de la materia orgánica y fertilidad de los suelos e incluso por su capacidad extractora de metales pesados.

Se recomienda para futuros estudios de recuperación de suelos degradados con la ayuda de cobertura, no instalar las parcelas de muestreo en lugares circundantes a zonas ribereñas, puesto que estas, están expuestas a posibles inundaciones, lo que hace que puedan eliminar todo el trabajo que se viene evaluando.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR LIMA, J.C., 2017. Análisis de tendencias de temperatura y precipitación pluvial en la cuenca del río Ilave. *Universidad Nacional del Altiplano* [en línea], pp. 87. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5108>.
- AMORES, F., AGAMA, J., MITE, F., JIMÉNEZ, J., LOOR, G. y QUIROZ, J., 2009. Nuevos clones de cacao nacional para la producción bajo riego en la Península de Sta. Elena. *Boletín técnico*. Quevedo, Ecuador:
- ANCCO, C.N., 2017. *Sobrevivencia y producción de biomasa de especies de flora en diferentes modelos de siembra en suelos degradados por la Minería en el Sector la Pampa - comunidad "Nueva Arequipa", Distrito Inambari - Provincia Tambopata - Madre de Dios*. S.l.: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- ANDERSON, J.M. y INGRAM, J.S., 1993. *Biología y fertilidad del suelo tropical: un manual de métodos*. 2nd ed. Wallingford, UK: s.n. ISBN 0851988210.
- ANDRÉS, P. y MATEOS, E., 2006. *Respuestas de la mesofauna del suelo a los tratamientos de restauración post-minería*. S.l.: Universidad Autónoma de Barcelona.
- AQUINO, A.M., RIBEIRO DA SILVA, E.M., SAGGIN, J.O., RUMJANEK, N. y DEPOLLI, H., 2005. Biota del suelo y procesos relevantes en un nuevo contexto de la agricultura. *Embrapa*, pp. 121-174.
- AROSTEGUI, S. V., 2017. *"Determinación de los niveles de concentración de Mercurio en suelos y plátano Musa cultivar AAB, en Sarayacu, Punkiri Chico e Iberia- Madre de Dios"*. S.l.: s.n.
- BACA, E.T., 2013. *Grupo propuesta ciudadana estudio sobre marco normativo minero en Perú*. Lima, Perú: s.n.

- BRACK, A., IPENZA, C., ALVAREZ, J. y SOTERO, V., 2011. *Minería Aurífera en Madre de Dios y Contaminación con Mercurio - Una Bomba de Tiempo*, Ministerio del Ambiente. Primera Ed. Lima: s.n. ISBN 978-612-45818-7-8.
- BRADSHAW, A., 1997. Restauración de terrenos minados - Utilizando procesos naturales. *Ingeniería Ecológica*, vol. 8, no. 4, pp. 255-269. ISSN 09258574. DOI 10.1016/S0925-8574(97)00022-0.
- BRICEÑO, K., 2020. Índice de Simpson: Fórmula, Interpretación y Ejemplo. *Equipo editorial lifeder* [en línea], Disponible en: <https://www.lifeder.com/indice-simpson/>.
- BROWN, G., FRAGOSO, C., BAROIS, I., ROJAS, P., PATRÓN, J., BUENO, J., MORENO, A., LAVELLE, P. y ORDAZ, V., 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta zoológica Mexicana (n.s)*, vol. 1, pp. 79-110.
- BROWN, K.S., 1997. Diversidad, perturbación y uso sustentable de los bosques Neotropicales: Insectos como indicadores para el monitoreo de la conservación. *Revista de conservación de insectos*, vol. 1, no. 1, pp. 25-42. ISSN 1366638X. DOI 10.1023/A:1018422807610.
- CABRERA, G., 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, vol. 35, no. 4, pp. 349-363. ISSN 0864-0394.
- CABRERA, G., ROBAINA, N. y PONCE DE LEÓN, D., 2011. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*, vol. 34, no. 1. ISSN 0864-0394.
- CASALLENAS, J., LÓPEZ-ACEVEDO, R.M. y ROQUERO, C., 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3a. edición. Madrid, España: s.n. ISBN 84-8476-148-7.
- CCOYCCA, S.L., 2018. *Estudio de la macrofauna del suelo en sistemas*

*agroforestales en los distritos de Laberinto e Inambari del departamento de Madre de Dios* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Disponible en:  
<http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/353>.

CINCIA (CENTRO DE INNOVACIÓN CIENTÍFICA AMAZÓNICA), 2018. Tres décadas de deforestación por minería aurífera en la Amazonía suroriental peruana. Resumen de investigación No. 1. [en línea], Primera. pp. 5. Disponible en:  
<https://cincia.wfu.edu/wp-content/uploads/CINCIA-Research-Brief-1-Three-Decades-of-Deforestation.pdf>.

COURTNEY, R., O'NEILL, N., HARRINGTON, T. y BREEN, J., 2010. *Sucesión de macroartrópodos en pastizales que crecen sobre residuos de bauxita*. Dublín, Irlanda: Ingeniería ecológica.

CURRY, J.P., 1987. La fauna de invertebrados de los pastizales y su influencia en la productividad. *Ciencia de pastos y forrajes*, vol. 42, no. 2, pp. 103-120. ISSN 13652494. DOI 10.1111/j.1365-2494.1987.tb02097.x.

DA SILVA, M.K., DA GAMA-RODRIGUES, E.F., DA GAMA-RODRIGUES, A.C., MACHADO, R.C. y BALIGAR, V.C., 2009. *Fauna del suelo y hojarasca de sistemas agroforestales de cacao en Bahía, Brasil*. Bahía, Brasil: s.n. ISBN 01674366.

DE OLIVEIRA, A., 2005. *Macrofauna edáfica en ecosistemas de Araucaria conservados y degradados en el Parque Estadual Campos do Jordão, SP*. [en línea]. S.l.: Universidad de São Paulo. Disponible en:  
<https://pdfs.semanticscholar.org/d071/8487876edc0893203cdcedcd01a957b5a7e0.pdf>.

DE SIMONE MAIMONE, G., 2011. Metodología de la investigación. *Maestría en Tecnología Educativa*. Puebla, México: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, A.C.,

DECAENS, T., GALVIS, J.H. y AMEZQUITA, E., 2001. Propiedades de las

estructuras creadas por ingenieros ecológicos en la superficie del suelo de una sabana colombiana (lombrices, termitas, hormigas, ecología del suelo). *Informes de la Academia de Ciencias Serie 3 Ciencias de la vida*, vol. 324, pp. 465-478.

DELGADO, G., 2010. Evaluación de la Macrofauna del suelo Asociada a diferentes sistemas. *Revista de ciencias agrícolas*, vol. XXVIII, no. 1, pp. 91-106.

DIAS, E., FRANCO, L., CAMPELLO, A., DE FARIA, S. y DA SILVA, E., 1995. Leguminosas forestales: aspectos relacionados con su nutrición y uso en la recuperación de suelos degradados. *Bosque*, vol. 16, no. 1, pp. 121-127.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION), 2007. La biota del suelo y la biodiversidad. *Los fundamentos del desarrollo sostenible, Perú*.

GONZÁLES SÁNCHEZ, V.J. y VERA GUEVARA, L.Ú., 2018. Efecto de los sistemas agroforestales en el desarrollo sostenible del ámbito de influencia de la Interoceánica Sur en el distrito de Tambopata, Madre de Dios, Perú, 2018. Repositorio Institucional - UNSAAC, vol. 1, pp. 15.

GOREMAD (GOBIERNO REGIONAL DE MADRE DE DIOS), 2018. Estrategia regional de cambio climático de Madre de Dios. *Dirección General de Cambio Climático y Desertificación*, pp. 23-27.

HOFFMANN, B.D. y ANDERSEN, A.N., 2003. Respuestas de las hormigas a la perturbación en Australia, con especial referencia a los grupos funcionales. *Ecología Austral*, pp. 444 – 464.

HUAUYA, M. y HUAMANÍ, H., 2014. Macrofauna edáfica y metales pesados en el cultivo de cacao, *Theobroma Cacao L. (Malvaceae)*. *El biólogo*, no. 1, pp. 45-55. ISSN 1816-0719.

IIAP (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA), 2019. Ubicación y distribución de las parcelas experimentales en el área de estudio, Comunidad nativa San Jacinto, distrito y provincia de

Tambopata, departamento de Madre de Dios, Perú. *El IIAP*.

- INADE (INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO), 2007. Estudio de meso-zonificación ecológica-económica del corredor interoceánico sur. *Proyecto especial Madre de Dios*, pp. 400.
- JACKSON, L., 1992. El papel de la restauración ecológica en la biología de la conservación. *Fielder y Jain*.
- KAMAU, S., BARRIOS, E., KARANJA, N., AYUKE, F. y LEHMANN, J., 2017. Variación espacial de la macrofauna del suelo y los nutrientes en los sistemas agrícolas tropicales influenciados por la producción histórica de carbón vegetal en el sur de Nandi, Kenia. *Ecología aplicada al suelo*, pp. 286-296.
- LAVELLE, P., BLANCHART, E., MARTIN, A. y MARTIN, S., 1992. Impacto de la fauna del suelo en las propiedades de los suelos en los trópicos húmedos. *Escuela Normal Superior*, vol. 9, pp. 157-185.
- LI, J., HONG, M., YING, X. y LIU, J., 2010. Efectos de la acumulación de elementos de tierras raras en la comunidad de macrofauna del suelo. *Revista de Tierras Raras*, pp. 957-964.
- MAGURRAN, A.E., 1988. *Diversidad ecológica y su medición*. Dordrecht: Springer Netherlands. ISBN 978-94-015-7360-3.
- MINAM (MINISTERIO DEL AMBIENTE), 2014. Guía para el muestreo de suelos. *Gestión Ambiental*, vol. 1, pp. 72.
- MINAM (MINISTERIO DEL AMBIENTE), 2017. Manual de buenas prácticas en minería aurífera aluvial para facilitar una adecuada recuperación de áreas. *Programa Contribución a las Metas Ambientales del Perú (ProAmbiente)*, pp. 28.
- NAVIA, J.F., DELGADO, W.L. y LAGOS-BURBANO, T.C., 2021. Evaluación de la macrofauna en dos sistemas ambientales de la zona cafetera del departamento de Nariño, Colombia. *Revista De Ciencias Agrícolas*, vol. 38, pp. 89-98. DOI <https://doi.org/10.22267/rcia.213802.159>.
- NEGRETE-YANKELEVICH, S., FRAGOSO, C., NEWTON, A.C. y HEAL, O.,

2007. Cambios sucesivos en los parámetros del suelo, la hojarasca y los macroinvertebrados después de la tala selectiva en un bosque nuboso mexicano. *Ecología de suelo aplicada*, vol. 35, pp. 340-355.
- OÑATE, M., 2005. Génesis y morfologías de los suelos, Riobamba - Ecuador. *Biblioteca Recursos Naturales*, pp. 4-51.
- ORTIZ, V.B., 1979. *Fertilidad de suelos*. S.I.: Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México.
- OSINFOR (ORGANISMO DE SUPERVISIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES Y DE FAUNA SILVESTRE), 2016. *Contribución en el monitoreo de la actividad minera en títulos habilitantes forestales*. Lima, Perú: s.n. ISBN 978-612-47060-1-1.
- PASHANASI, B., 2001. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía Peruana. *Folia amazónica*, vol. 2, pp. 27.
- PEÑA VALDEIGLESIAS, J., 2011. Suelos Forestales. [en línea]. 1. Puerto Maldonado - Perú: Texto universitario, pp. 50-51. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/383336739/Manual-Suelos-Forestales>.
- PRACH, K. y WALKER, L.R., 2011. Cuatro oportunidades para estudios de sucesión ecológica. *Tendencias en Ecología y Evolución*, pp. 119–123.
- RAMÍREZ, W.Y., SÁNCHEZ, S. y LÓPEZ, M., 2014. Caracterización de la macrofauna edáfica en sistemas de producción intensiva de césped. *Pastos y Forrajes*, vol. 37, no. 2.
- RIBAS, C.R., SCHMIDT, F.A., SOLAR, R.R.C., CAMPOS, R.B.F., VALENTIM, C.L. y SCHOEREDER, J.H., 2011. Las hormigas como indicadores del éxito de los esfuerzos de rehabilitación en depósitos de relaves mineros de oro. *Ecología de la restauración*, vol. 20, no. 6, pp. 712-720. ISSN 10612971. DOI 10.1111/j.1526-100X.2011.00831.x.
- ROMÁN-DAÑOBEYTIA, F.J., LEVY-TACHER, S.I., ARONSON, J., RODRIGUES, R.R. y CASTELLANOS-ALBORES, J., 2012. Probando el

- desempeño de catorce especies de árboles tropicales nativos en dos potreros abandonados de la región de la selva Lacandona de Chiapas, México. *Ecología de la Restauración*, vol. 20, no. 3, pp. 378-386. ISSN 10612971. DOI 10.1111/j.1526-100X.2011.00779.x.
- RUIZ, N. y LAVELLE, P., 2008. Manual de campo de macrofauna de suelos. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), vol. 1.
- SALOMONS, W., 1995. Impacto ambiental de los metales derivados de la actividad minera: Procesos, predicciones, prevención. *Revista de exploración geoquímica*, vol. 25, pp. 125-132.
- SANCHEZ, G., 2018. *Evaluación de la macrofauna del suelo en cuatro diferentes sistemas de uso, en Las Piedras, provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/348/004-2-3-074.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- SUÁREZ, J., DURAN, E. y ROSAS, J., 2015. Macrofauna edáfica asociada con sistemas agroforestales en la Amazonía Colombiana. *Acta Agronómica*, vol. 3, pp. 214-220.
- SYERS, J.K., 1983. *Ecología de lombrices en suelos de pastizales*. Nueva York, USA: s.n.
- TAPIA-CORAL, S.C., LUIZÃO, F. y PASHANAZI, B., 2001. Comunidad de macro invertebrados del suelo en plantaciones forestales y sistemas naturales en la amazonía peruana. *Folia amazónica*, vol. 12.
- TAPIA-CORAL, S.C., PASHANASI, B. y DEL CASTILLO, D., 2002. Estudio preliminar de la macrofauna del suelo en áreas de varillales y chamizales de la amazonía peruana. *Folia Amazónica*, vol. 13, no. 1-2, pp. 65. ISSN 1018-5674. DOI 10.24841/fa.v13i1-2.138.
- TIZADO, E.J. y NÚÑEZ-PÉREZ, E., 2016. Los artrópodos terrestres en las etapas iniciales de restauración de las minas de carbón antracita

estropean montones en el noroeste de España. *Degradación de la tierra y desarrollo*, pp. 1131–1140.

WEBB, J., MAINVILLE, N., MERGLER, D., LUCOTTE, M., BETANCOURT, O., DAVIDSON, R., CUEVA, E. y QUIZHPE, E., 2004. Disminución de la fertilidad del suelo y liberación de mercurio luego de la deforestación en la Amazonia Andina, Valle del Río Napo, Ecuador. *EcoHealth*, vol. 1, pp. 59-71.

YANG, X., WARREN, M. y ZOU, X., 2007. Respuestas de fertilización de la fauna de hojarasca del suelo y cantidad, calidad y rotación de hojarasca en bosques de baja y alta elevación de Puerto Rico. *Ecología aplicada del suelo*, vol. 37, no. 1-2, pp. 63-71. ISSN 09291393. DOI 10.1016/j.apsoil.2007.03.012.

ZERBINO, M., 2005. Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción., pp. 91-92.

ZERBINO, M., 2010. Evaluación de la macrofauna del suelo en rotaciones cultivos - pasturas con laboreo convencional. *Acta zoológica mexicana*, vol. 2, pp. 189-202.

## ANEXOS

## Anexo 1: Matriz de Consistencia

<b>TÍTULO:</b> “Efectos de la cobertura vegetal en las características biológicas, físicas y químicas de los suelos degradados por minería aurífera en la comunidad nativa San Jacinto, Tambopata - Madre de Dios 2019”				
<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>Metodología</b>
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>VARIABLES independientes</b>	<b>Tipo de estudio</b>
¿El tratamiento de suelos degradados por minería aurífera aluvial mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal podrá generar efectos en las características biológicas, físicas y químicas de los suelos en la Comunidad Nativa de San Jacinto, Tambopata- Madre de Dios?	Evaluar efectos del tratamiento de suelos degradados por minería aluvial en las características biológicas, físicas y químicas de los suelos en la comunidad nativa san Jacinto, Tambopata-Madre de Dios.	El uso de cultivos de cobertura vegetal en suelos degradados por minería aurífera aluvial, no influye en la macrofauna y en las características fisicoquímicas de estos suelos ubicados en la Comunidad Nativa San Jacinto, Tambopata, Madre de Dios.	Cobertura vegetal	Descriptiva y correlacional
				<b>Diseño de estudio</b>
				El diseño experimental constó de 6 repeticiones con 8 tratamientos con especies de cobertura vegetal al azar, haciendo un total de 48 parcelas, los tratamientos incluyen 2 testigos, el área de cada parcela varían entre (400 -1 700 m <sup>2</sup> ) debido a que limitan con cuerpos de agua.
¿Cuánto es la abundancia y biomasa de la macrofauna del suelo degradado por minería aurífera aluvial, mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal?	Determinar la abundancia y biomasa de la macrofauna en suelos degradados por minería mediante el uso de seis tipos de cultivos como cobertura vegetal.	Existe menor abundancia y biomasa de la macrofauna en suelos degradados por minería aurífera aluvial, a través del uso de cultivos de cobertura vegetal.	macrofauna	Se trató de cubrir toda el área intervenida por la minería. Para este estudio se evaluaron la macrofauna del suelo con el método TSBF que consiste en la colecta mediante monolitos (divididos por estratos: hojarasca, 0-10, 10-20 y 20-30 cm), por

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables independientes	Tipo de estudio
¿Cómo será la caracterización de la diversidad y riqueza de la macrofauna en suelo degradado por minería aurífera aluvial, mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal	Caracterizar la riqueza y diversidad de la macrofauna en suelos degradados por minería mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal.	Existe menor índice de riqueza y diversidad de la macrofauna en suelos degradados por minería aurífera aluvial, a través del uso de cultivos de cobertura vegetal.		cada parcela se levantaron 6 monolitos, de igual manera a los 2 testigos. También se analizó las características fisicoquímicas de los suelos de acuerdo a los estándares de muestreo del MINAM (2014).
¿Cuánto y cómo será la influencia del periodo seco y lluvioso en la macrofauna del suelo?	Determinar y evaluar la influencia del periodo seco y lluvioso en la macrofauna del suelo mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal.	Existe menor influencia del periodo seco y lluvioso en la macrofauna en suelos degradados por minería aurífera aluvial, a través del uso de cultivos de cobertura vegetal.	Periodo (Variable dependiente)	Cabe resaltar que esta evaluación fue realizada en 2 diferentes periodos estacionales del año (seco y lluvioso).
¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del suelo degradado por minería aurífera aluvial, mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal?	Analizar las características fisicoquímicas de los suelos degradados por minería mediante el uso de cultivos como cobertura vegetal.	Existen suelos con bajas características fisicoquímicas mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal.	Características fisicoquímica del suelo	Luego, con los datos obtenidos se procedió a utilizar diferentes técnicas estadísticas para obtener promedios, luego comparar y determinar si existen diferencias significativas entre los valores obtenidos. Finalmente, se realizó un análisis estadístico con programas como "R Studio" y "Past" para determinar relaciones entre las variables de estudio.
¿Cuáles serán las relaciones entre la macrofauna del suelo con las características fisicoquímicas del suelo?	Determinar y evaluar las relaciones entre la macrofauna del suelo con las características fisicoquímicas de los mismos mediante el uso de cultivos de cobertura vegetal.	Existen mínimas relaciones entre la macrofauna en suelos degradados por minería aurífera aluvial con las características fisicoquímicas de estos suelos.		Población y muestra Comprende 6 repeticiones con 8 tratamientos, haciendo un total de 48 parcelas o unidades experimentales. Las 48 muestras de la macrofauna evaluada comprendieron 288 monolitos. De igual manera comprende un total de 8 muestras de suelos que luego se envió para su análisis.

## Anexo 2: Instrumento

## Ficha de datos de campo (Colecta de macrofauna)

Datos de: Colecta de macrofaunaFecha de evaluación: 25/02/2020, 26/02/2020 y 27/02/2020Evaluador: Luis Aurelio Cáceres A. / Leydi Piérola Pérez

	<i>Crotalaria spectabilis</i>	<i>Pueraria phaseoloides</i>	<i>Crotalaria juncea</i>	<i>Centrosema macrocarpum</i>	<i>Stylosanthes guianensis</i>	<i>Canavalia ensiformis</i>	Área sin cobertura vegetal	Área de bosque de referencia
Tratamientos / Repeticiones	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	Colección: ✓ Código de frasco: R1 Cs E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 Pp E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 Cj E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 Cm E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 Sg E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 Ce E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 T1 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 T2 E1 al E4
R2	Colección: ✓ Código de frasco: R2 Cs E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 Pp E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 Cm E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 Sg E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 Ce E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 T1 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 T2 E1 al E4
R3	Colección: ✓ Código de frasco: R3 Cs E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 Pp E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 Cj E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 Cm E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 Sg E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 Ce E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 T1 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 T2 E1 al E4
R4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 Cs E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 Pp E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 Cj E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 Cm E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 Sg E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 Ce E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 T1 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 T2 E1 al E4
R5	Colección: ✓ Código de frasco: R5 Cs E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 Pp E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 Cj E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 Cm E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 Sg E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 Ce E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 T1 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 T2 E1 al E4
R6	Colección: ✓ Código de frasco: R6 Cs E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 Pp E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 Cj E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 Cm E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 Sg E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 Ce E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 T1 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 T2 E1 al E4

48 unidades experimentales (parcelas)

Ficha de datos de campo (Colecta de macrofauna)

Datos de: *Colecta de macrofauna*

Fecha de evaluación: *20, 21 y 22 de Junio del 2020*

Evaluador: *Luis A. Cáceres Ampuero / Leydi Pierola Pérez*

	<i>Crotalaria spectabilis</i>	<i>Pueraria phaseoloides</i>	<i>Crotalaria juncea</i>	<i>Centrosema macrocarpum</i>	<i>Stylosanthes guianensis</i>	<i>Canavalia ensiformis</i>	Área sin cobertura vegetal	Área de bosque de referencia
Tratamientos / Repeticiones	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
R1	Colección: ✓ Código de frasco: R1 Cs E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 Pp E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 Cj E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 Cm E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 Sg E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 Ce E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 T1 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R1 T2 E1 al E4
R2	Colección: ✓ Código de frasco: R2 Cs E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 Pp E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 Cm E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 Sg E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 Ce E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 T1 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R2 T2 E1 al E4
R3	Colección: ✓ Código de frasco: R3 Cs E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 Pp E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 Cj E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 Cm E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 Sg E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 Ce E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 T1 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R3 T2 E1 al E4
R4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 Cs E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 Pp E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 Cj E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 Cm E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 Sg E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 Ce E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 T1 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R4 T2 E1 al E4
R5	Colección: ✓ Código de frasco: R5 Cs E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 Pp E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 Cj E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 Cm E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 Sg E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 Ce E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 T1 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R5 T2 E1 al E4
R6	Colección: ✓ Código de frasco: R6 Cs E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 Pp E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 Cj E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 Cm E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 Sg E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 Ce E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 T1 E1 al E4	Colección: ✓ Código de frasco: R6 T2 E1 al E4

48 unidades experimentales (parcelas)

### Anexo 3: Solicitud de autorización para realización de estudio

	PERU	Ministerio del Ambiente	Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-IIAP		EL PERÚ PRIMERO
---	------	-------------------------	--	---	-----------------

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"  
"Madre de Dios Capital de la Biodiversidad del Perú"

Puerto Maldonado, 15 de agosto de 2019.

**CARTA N° 035 -2019-IIAP-MDDYSS/GR.**

Señora.  
Dra. María Isabel Cajo Pinche  
Decana (e) Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios  
Cusco

Universidad Nacional Amazónica de Mdd.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
RECEPCIONADO  
Fecha: 15 AGO 2019  
Reg: ..... Fono: 01 .....  
Hora: 11:49 Firma: .....

**ASUNTO: Aceptación de proyecto de Tesis en la modalidad de voluntariado**

**Ref. : Carta presentación N° 225-2019-UNAMAD-R/DFI**

Es muy grato dirigirme a Ud., expresándole mi más cordial saludo y al mismo tiempo confirmarle la aceptación del Proyecto de Tesis, bajo la modalidad de voluntariado de los alumnos: **Leydi Pierola Pérez y Luis Aurelio Cáceres Ampuero** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de vuestra Universidad.

Cabe indicar que esta Tesis se realizará a partir del 19 de agosto hasta el 31 de Diciembre del 2019, en la Comunidad nativa San Jacinto, distrito y provincia de Tambopata, región Madre de Dios y estará a cargo del Investigador del IIAP, Ing. Gabriel Velásquez Ramírez.

Sin otro en particular, me despido de usted reiterando nuestro compromiso de colaboración interinstitucional en beneficio de la región.

Atentamente,

  
**ING. M. SC. RONALD CORVERA COLLINGGER**  
 GERENTE REGIONAL

---

	OFICINA PUERTO MALDONADO Jr. Ica N° 1662 Telef: (082) 571897 E-mail: <a href="mailto:iiapmd@iiap.org.pe">iiapmd@iiap.org.pe</a> OFICINA IQUITOS Av. Abelardo Quiñones Km 2.5 Telefono: (065) 263451-263461-265516 E-mail: <a href="mailto:preside@iiap.org.pe">preside@iiap.org.pe</a>
---	---

## Anexo 4: Ficha de validación

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION																		
Solicitante		LEYDI PIEROLA PEREZ																
Departamento		MADRE DE DIOS										Provincia					TAMBOPATA	
Distrito		TAMBOPATA																
Referencia		H.R. 69573-0100C-19					Bolt.: 3369					Fecha					27/08/2019	
Número de Muestra		pH ( 1:1 )	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables							
Lab	Tratamientos					Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
											meq/100g							
6799	T1	5,79	0,02	11,9	50	90	5	5	A.	3,84	1,57	0,67	0,25	0,21	0,2			
6803	T2	5,75	0,07	6,3	63	84	9	7	A.Fr.	3,52	2,03	0,8	0,31	0,15	0,2			
6801	T3	5,84	0,02	8,4	54	90	5	5	A.	3,68	1,51	0,6	0,28	0,17	0,15			
6806	T4	5,75	0,02	14	48	90	3	7	A.	3,84	1,43	0,6	0,27	0,17	0,15			
6802	T5	5,88	0,11	9,1	116	86	7	7	A.Fr.	3,2	1,6	0,78	0,52	0,17	0,1			
6800	T6	5,83	0,02	5	49	90	5	5	A.	3,52	1,41	0,58	0,26	0,18	0,15			
6804	T7	6,06	0,02	4,7	49	92	5	3	A.	4,16	2,61	0,67	0,24	0,17	0			
6805	T8	5,53	0,93	6,1	102	6	59	35	Fr.Ar.L.	11,52	6,6	2,08	0,49	0,22	0,25			
T1 = <i>Crotalaria spectabilis</i> ; T2 = <i>Pueraria phaseoloides</i> ; T3 = <i>Crotalaria juncea</i> ; T4 = <i>Centrosema macrocarpum</i> ; T5 = <i>Stylosanthes gulanensis</i> ; T6 = <i>Canavalia ensiformis</i> ; T7 = Área sin cobertura vegetal ; T8 = Bosque de referencia																		
A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso																		
														<b>Ing. Braulio La Torre Martínez</b>				
														<b>Jefe del Laboratorio</b>				

### Anexo 5: Cuadros estadísticos de resultados

Cantidad de macrofauna/m2 por tratamientos y repeticiones en ambos periodos							
Periodo seco				Periodo lluvioso			
Tratamiento	Orden	Repetición	Cantidad	Tratamiento	Orden	Repetición	Cantidad
T1	Aranae	R5	3	T1	Coleóptera	R1	4
T1	Aranae	R6	5	T1	Coleóptera	R3	1
T1	Coleóptera	R4	11	T1	Hymenóptera	R1	42
T1	Coleóptera	R5	5	T1	Hymenóptera	R2	1
T1	Coleóptera	R6	8	T1	Hymenóptera	R3	37
T1	Dictyóptera	R1	11	T1	Hymenóptera	R4	67
T1	Dictyóptera	R2	11	T1	Hymenóptera	R5	29
T1	Hemíptera	R6	3	T1	Hymenóptera	R6	21
T1	Hymenóptera	R1	96	T1	Lepidóptera	R4	1
T1	Hymenóptera	R2	139	T2	Aranae	R1	6
T1	Hymenóptera	R3	67	T2	Aranae	R2	15
T1	Hymenóptera	R4	117	T2	Aranae	R3	1
T1	Hymenóptera	R5	101	T2	Aranae	R4	3
T1	Hymenóptera	R6	101	T2	Aranae	R5	4
T1	Lepidóptera	R4	3	T2	Coleóptera	R1	1
T1	Lepidóptera	R5	8	T2	Coleóptera	R2	3
T1	Lepidóptera	R6	11	T2	Coleóptera	R3	1
T2	Aranae	R1	3	T2	Coleóptera	R4	1
T2	Aranae	R2	3	T2	Coleóptera	R5	5
T2	Aranae	R3	5	T2	Dictyóptera	R1	1
T2	Aranae	R4	3	T2	Dictyóptera	R2	2
T2	Aranae	R6	5	T2	Dictyóptera	R3	1
T2	Coleóptera	R1	3	T2	Dictyóptera	R5	1
T2	Coleóptera	R2	3	T2	Díptera	R2	1
T2	Coleóptera	R3	13	T2	Haplotáxida	R4	1
T2	Coleóptera	R4	37	T2	Hemíptera	R1	3
T2	Coleóptera	R5	5	T2	Hemíptera	R2	1
T2	Coleóptera	R6	3	T2	Hemíptera	R3	2
T2	Dictyóptera	R1	3	T2	Hymenóptera	R1	52
T2	Dictyóptera	R2	3	T2	Hymenóptera	R2	65
T2	Dictyóptera	R3	8	T2	Hymenóptera	R3	79
T2	Díptera	R3	5	T2	Hymenóptera	R4	28
T2	Hemíptera	R3	13	T2	Hymenóptera	R5	32
T2	Hemíptera	R4	3	T2	Hymenóptera	R6	60
T2	Hemíptera	R5	3	T2	Isóptera	R1	11
T2	Hymenóptera	R1	83	T2	Isóptera	R2	2

T2	Hymenóptera	R2	35	T2	Isóptera	R5	5
T2	Hymenóptera	R3	51	T2	Lepidóptera	R1	1
T2	Hymenóptera	R4	149	T2	Lepidóptera	R2	4
T2	Hymenóptera	R5	19	T2	Lepidóptera	R4	2
T2	Hymenóptera	R6	29	T2	Lepidóptera	R5	1
T2	Lepidóptera	R3	3	T2	Orthóptera	R1	2
T2	Scolopendromorpha	R3	16	T2	Orthóptera	R2	1
T2	Spirobólida	R1	3	T2	Orthóptera	R3	1
T2	Spirobólida	R3	3	T2	Scolopendromorpha	R3	3
T2	Spirobólida	R4	3	T2	Scolopendromorpha	R4	5
T2	Stylommatophora	R6	3	T3	Coleóptera	R3	5
T3	Aranae	R1	5	T3	Coleóptera	R5	1
T3	Aranae	R2	5	T3	Coleóptera	R6	1
T3	Aranae	R4	8	T3	Hemíptera	R3	1
T3	Coleóptera	R3	5	T3	Hymenóptera	R1	3
T3	Coleóptera	R4	13	T3	Hymenóptera	R2	3
T3	Coleóptera	R5	5	T3	Hymenóptera	R3	2
T3	Coleóptera	R6	3	T3	Hymenóptera	R4	65
T3	Dictyóptera	R2	3	T3	Hymenóptera	R5	28
T3	Dictyóptera	R3	11	T3	Hymenóptera	R6	5
T3	Hemíptera	R5	3	T3	Orthóptera	R5	1
T3	Hymenóptera	R1	24	T4	Aranae	R1	1
T3	Hymenóptera	R2	48	T4	Aranae	R2	3
T3	Hymenóptera	R3	69	T4	Aranae	R3	2
T3	Hymenóptera	R4	83	T4	Aranae	R4	5
T3	Hymenóptera	R5	37	T4	Aranae	R5	1
T3	Hymenóptera	R6	75	T4	Coleóptera	R2	2
T4	Aranae	R3	8	T4	Coleóptera	R3	4
T4	Coleóptera	R3	29	T4	Coleóptera	R4	7
T4	Coleóptera	R4	19	T4	Coleóptera	R5	4
T4	Coleóptera	R5	3	T4	Coleóptera	R6	3
T4	Coleóptera	R6	3	T4	Dictyóptera	R4	1
T4	Dictyóptera	R1	5	T4	Dictyóptera	R5	1
T4	Díptera	R4	3	T4	Dictyóptera	R6	1
T4	Hemíptera	R4	3	T4	Díptera	R4	1
T4	Hymenóptera	R1	32	T4	Díptera	R5	2
T4	Hymenóptera	R2	21	T4	Hemíptera	R2	1
T4	Hymenóptera	R3	83	T4	Hemíptera	R3	2
T4	Hymenóptera	R4	72	T4	Hymenóptera	R1	4
T4	Hymenóptera	R5	67	T4	Hymenóptera	R2	15
T4	Hymenóptera	R6	72	T4	Hymenóptera	R3	30
T4	Mantodea	R3	3	T4	Hymenóptera	R4	52
T4	Mantodea	R4	3	T4	Hymenóptera	R5	30
T4	Scolopendromorpha	R1	3	T4	Hymenóptera	R6	26

T4	Scolopendromorpha	R3	11	T4	Lepidóptera	R5	1
T4	Spirobólida	R4	8	T5	Aranae	R1	1
T5	Aranae	R1	8	T5	Aranae	R2	6
T5	Aranae	R2	3	T5	Aranae	R3	3
T5	Aranae	R3	3	T5	Aranae	R4	1
T5	Aranae	R5	3	T5	Aranae	R5	8
T5	Aranae	R6	3	T5	Aranae	R6	9
T5	Coleóptera	R1	3	T5	Coleóptera	R1	5
T5	Coleóptera	R2	3	T5	Coleóptera	R2	4
T5	Coleóptera	R3	13	T5	Coleóptera	R3	1
T5	Coleóptera	R4	16	T5	Coleóptera	R5	2
T5	Coleóptera	R5	3	T5	Coleóptera	R6	4
T5	Coleóptera	R6	3	T5	Dermáptera	R2	1
T5	Dictyóptera	R1	3	T5	Dermáptera	R3	7
T5	Dictyóptera	R2	5	T5	Dictyóptera	R4	1
T5	Dictyóptera	R3	8	T5	Dictyóptera	R5	3
T5	Hemíptera	R1	3	T5	Díptera	R2	3
T5	Hemíptera	R3	3	T5	Díptera	R3	9
T5	Hymenóptera	R1	261	T5	Díptera	R5	5
T5	Hymenóptera	R2	93	T5	Díptera	R6	2
T5	Hymenóptera	R3	56	T5	Haplotáxida	R5	2
T5	Hymenóptera	R4	165	T5	Haplotáxida	R6	3
T5	Hymenóptera	R5	45	T5	Hemíptera	R2	7
T5	Hymenóptera	R6	53	T5	Hemíptera	R3	3
T5	Isóptera	R1	8	T5	Hemíptera	R4	1
T5	Mantodea	R3	3	T5	Hemíptera	R5	2
T5	Orthóptera	R1	3	T5	Hymenóptera	R1	17
T5	Orthóptera	R3	3	T5	Hymenóptera	R2	16
T5	Orthóptera	R4	3	T5	Hymenóptera	R3	27
T5	Stylommatophora	R1	3	T5	Hymenóptera	R4	26
T6	Coleóptera	R3	19	T5	Hymenóptera	R5	29
T6	Coleóptera	R4	13	T5	Hymenóptera	R6	57
T6	Coleóptera	R5	3	T5	Isóptera	R5	4
T6	Dermáptera	R4	3	T5	Isóptera	R6	8
T6	Dictyóptera	R1	8	T5	Lepidóptera	R5	1
T6	Dictyóptera	R2	3	T5	Lepidóptera	R6	4
T6	Díptera	R2	5	T5	Orthóptera	R1	1
T6	Hymenóptera	R1	112	T5	Orthóptera	R2	1
T6	Hymenóptera	R2	107	T5	Orthóptera	R3	2
T6	Hymenóptera	R3	88	T5	Orthóptera	R6	3
T6	Hymenóptera	R4	139	T5	Scolopendromorpha	R1	1
T6	Hymenóptera	R5	21	T5	Scolopendromorpha	R2	5
T6	Hymenóptera	R6	61	T5	Scolopendromorpha	R3	2
T6	Isóptera	R4	5	T5	Scolopendromorpha	R4	2

T6	Lepidóptera	R4	5	T5	Scolopendromorpha	R5	3
T7	Hymenóptera	R1	32	T5	Spirobólida	R2	1
T7	Hymenóptera	R2	40	T5	Spirobólida	R3	2
T7	Hymenóptera	R3	27	T6	Aranae	R1	1
T7	Hymenóptera	R4	43	T6	Aranae	R3	2
T7	Hymenóptera	R5	43	T6	Coleóptera	R1	5
T7	Hymenóptera	R6	35	T6	Coleóptera	R3	4
T8	Aranae	R2	3	T6	Coleóptera	R4	2
T8	Aranae	R3	3	T6	Coleóptera	R6	1
T8	Aranae	R4	3	T6	Dictyóptera	R1	1
T8	Aranae	R5	3	T6	Dictyóptera	R5	1
T8	Aranae	R6	3	T6	Hymenóptera	R1	19
T8	Chilópoda	R6	8	T6	Hymenóptera	R2	29
T8	Coleóptera	R1	11	T6	Hymenóptera	R3	6
T8	Coleóptera	R2	27	T6	Hymenóptera	R4	6
T8	Coleóptera	R3	32	T6	Hymenóptera	R5	9
T8	Coleóptera	R4	27	T6	Hymenóptera	R6	9
T8	Coleóptera	R5	56	T6	Isóptera	R3	6
T8	Coleóptera	R6	24	T6	Isóptera	R4	3
T8	Dictyóptera	R5	3	T7	Aranae	R4	1
T8	Díptera	R1	5	T7	Hymenóptera	R1	4
T8	Díptera	R2	3	T7	Hymenóptera	R2	2
T8	Díptera	R3	3	T7	Hymenóptera	R3	10
T8	Haplotáxida	R2	8	T7	Hymenóptera	R4	15
T8	Haplotáxida	R3	5	T7	Hymenóptera	R5	8
T8	Haplotáxida	R4	8	T7	Hymenóptera	R6	4
T8	Haplotáxida	R5	3	T8	Aranae	R1	1
T8	Haplotáxida	R6	13	T8	Aranae	R3	1
T8	Hemíptera	R2	3	T8	Aranae	R4	7
T8	Hemíptera	R6	3	T8	Aranae	R5	1
T8	Hymenóptera	R1	24	T8	Aranae	R6	3
T8	Hymenóptera	R2	59	T8	Coleóptera	R1	3
T8	Hymenóptera	R3	24	T8	Coleóptera	R2	5
T8	Hymenóptera	R4	75	T8	Coleóptera	R3	4
T8	Hymenóptera	R5	43	T8	Coleóptera	R4	13
T8	Hymenóptera	R6	43	T8	Coleóptera	R5	5
T8	Isópoda	R2	5	T8	Coleóptera	R6	3
T8	Isópoda	R3	3	T8	Dermáptera	R5	1
T8	Isópoda	R4	5	T8	Dictyóptera	R1	2
T8	Isópoda	R6	5	T8	Dictyóptera	R2	1
T8	Isóptera	R2	11	T8	Dictyóptera	R5	1
T8	Isóptera	R4	11	T8	Díptera	R6	1
T8	Isóptera	R6	8	T8	Haplotáxida	R1	22
T8	Scolopendromorpha	R1	27	T8	Haplotáxida	R2	2

T8	Scolopendromorpha	R2	5	T8	Haplotáxida	R3	33
T8	Scolopendromorpha	R3	29	T8	Haplotáxida	R4	22
T8	Scolopendromorpha	R4	27	T8	Haplotáxida	R5	11
T8	Scolopendromorpha	R5	35	T8	Haplotáxida	R6	13
T8	Scolopendromorpha	R6	21	T8	Hemíptera	R2	3
T8	Spirobólida	R1	13	T8	Hymenóptera	R1	16
T8	Spirobólida	R2	5	T8	Hymenóptera	R2	4
T8	Spirobólida	R3	16	T8	Hymenóptera	R3	1
T8	Spirobólida	R4	32	T8	Hymenóptera	R4	20
T8	Spirobólida	R5	24	T8	Hymenóptera	R5	9
T8	Spirobólida	R6	29	T8	Hymenóptera	R6	5
				T8	Isóptera	R2	2
				T8	Isóptera	R3	35
				T8	Lepidóptera	R3	2
				T8	Lepidóptera	R5	1
				T8	Scolopendromorpha	R2	5
				T8	Scolopendromorpha	R4	2
				T8	Scolopendromorpha	R5	8
				T8	Spirobólida	R1	5
				T8	Spirobólida	R3	7
				T8	Spirobólida	R4	10
				T8	Spirobólida	R6	5
				T8	Stylommatóphora	R3	5
				T8	Stylommatóphora	R4	4
				T8	Stylommatóphora	R5	1
				T8	Stylommatóphora	R6	1
<b>Total</b>			<b>4 490</b>	<b>Total</b>			<b>1 682</b>

Cantidad promedio de macrofauna/m2 por tratamiento en periodo seco									
Orden	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Promedio
Aranae	1,33	3,17	3	1,33	3,33	0	0	2,5	1,83
Chilópoda	0	0	0	0	0	0	0	1,33	0,17
Coleóptera	4	10,67	4,33	9	6,83	5,83	0	29,5	8,77
Dermáptera	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,06
Dictyóptera	3,67	2,33	2,33	0,83	2,67	1,83	0	0,5	1,77
Díptera	0	0,83	0	0,5	0	0,83	0	1,83	0,5
Haplotáxida	0	0	0	0	0	0	0	6,17	0,77
Hemíptera	0,5	3,17	0,5	0,5	1	0	0	1	0,83
Hymenóptera	103,5	61	56	57,83	112,2	88	36,67	44,67	69,98
Isópoda	0	0	0	0	0	0	0	3	0,38
Isóptera	0	0	0	0	1,33	0,83	0	5	0,9
Lepidóptera	3,67	0,5	0	0	0	0,83	0	0	0,63
Mantodea	0	0	0	1	0,5	0	0	0	0,19
Orthóptera	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0,19
Scolopendromorpha	0	2,67	0	2,33	0	0	0	24	3,63
Spirobólida	0	1,5	0	1,33	0	0	0	19,83	2,83
Stylommatóphora	0	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0,13
<b>Total</b>	<b>116,67</b>	<b>86,34</b>	<b>66,16</b>	<b>74,65</b>	<b>129,86</b>	<b>98,65</b>	<b>36,67</b>	<b>139,33</b>	<b>93,56</b>

Cantidad promedio de macrofauna/m2 por tratamiento en periodo lluvioso									
Orden	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Promedio
Aranae	0	4,83	0	2	4,67	0,5	0,17	2,17	1,79
Coleóptera	0,83	1,83	1,17	3,33	2,67	2	0	5,5	2,17
Dermáptera	0	0	0	0	1,33	0	0	0,17	0,19
Dictyóptera	0	0,83	0	0,5	0,67	0,33	0	0,67	0,38
Díptera	0	0,17	0	0,5	3,17	0	0	0,17	0,5
Haplotáxida	0	0,17	0	0	0,83	0	0	17,17	2,27
Hemíptera	0	1	0,17	0,5	2	0	0	0,5	0,52
Hymenóptera	32,83	52,67	17,67	26,17	28,67	13	7,17	9,17	23,42
Isóptera	0	3	0	0	2	1,5	0	6,17	1,58
Lepidóptera	0,17	1,33	0	0,17	0,83	0	0	0,5	0,38
Orthóptera	0	0,67	0,17	0	1,17	0	0	0	0,25
Scolopendromorpha	0	1,33	0	0	2,17	0	0	2,5	0,75
Spirobólida	0	0	0	0	0,5	0	0	4,5	0,63
Stylommatóphora	0	0	0	0	0	0	0	1,83	0,23
<b>Total</b>	<b>33,83</b>	<b>67,83</b>	<b>19,18</b>	<b>33,17</b>	<b>50,68</b>	<b>17,33</b>	<b>7,34</b>	<b>51,02</b>	<b>35,05</b>

<b>Biomasa promedio de macrofauna/m2 por tratamiento en periodo seco</b>									
<b>Ordenes</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>Promedio</b>
<b>Aranae</b>	0,0002	0,001	0,001	0,0003	0,002	0	0	0,02	<b>0,003</b>
<b>Coleóptera</b>	0,01	0,01	0,004	0,01	0,01	0,01	0	0,05	<b>0,01</b>
<b>Dictyóptera</b>	0,001	0,02	0,002	0,0001	0,01	0,002	0	0,003	<b>0,005</b>
<b>Hemíptera</b>	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0	0	0,0004	<b>0,001</b>
<b>Hymenóptera</b>	0,01	0,01	0,004	0,004	0,01	0,005	0,01	0,03	<b>0,01</b>
<b>Lepidóptera</b>	0,03	0	0	0	0	0	0	0	<b>0,004</b>
<b>Díptera</b>	0	0	0	0,0002	0	0,0001	0	0,0003	<b>0,0001</b>
<b>Scolopendromorpha</b>	0	0,001	0	0,001	0	0	0	0,3	<b>0,04</b>
<b>Spirobólida</b>	0	0,002	0	0,0003	0	0	0	0,51	<b>0,06</b>
<b>Stylommatóphora</b>	0	0,004	0	0	0,0004	0	0	0	<b>0,001</b>
<b>Mantodea</b>	0	0	0	0,0004	0,001	0	0	0	<b>0,0002</b>
<b>Isóptera</b>	0	0	0	0	0,001	0,004	0	0,004	<b>0,001</b>
<b>Orthóptera</b>	0	0	0	0	0,004	0	0	0	<b>0,0005</b>
<b>Dermáptera</b>	0	0	0	0	0	0,0003	0	0	<b>0,00004</b>
<b>Chilópoda</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,002	<b>0,0003</b>
<b>Haplotáxida</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,21	<b>0,03</b>
<b>Isópoda</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,001	<b>0,0001</b>
<b>Total</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>1,13</b>	<b>0,17</b>

<b>Biomasa promedio de macrofauna/m2 por tratamiento en periodo lluvioso</b>									
<b>Ordenes</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>Promedio</b>
<b>Aranae</b>	0	0,03	0	0,01	0,03	0,002	0,001	0,01	<b>0,01</b>
<b>Coleóptera</b>	0,001	0,01	0,003	0,02	0,01	0,01	0	0,05	<b>0,01</b>
<b>Dictyóptera</b>	0	0,01	0	0,002	0,004	0,001	0	0,001	<b>0,002</b>
<b>Hemíptera</b>	0	0,01	0,0003	0,01	0,04	0	0	0,01	<b>0,01</b>
<b>Hymenóptera</b>	0,01	0,02	0,002	0,01	0,03	0,01	0,001	0,02	<b>0,01</b>
<b>Lepidóptera</b>	0,0004	0,02	0	0,002	0,01	0	0	0,01	<b>0,01</b>
<b>Díptera</b>	0	0,001	0	0,001	0,02	0	0	0,001	<b>0,003</b>
<b>Scolopendromorpha</b>	0	0,12	0	0	0,03	0	0	0,09	<b>0,03</b>
<b>Spirobólida</b>	0	0	0	0	0,02	0	0	0,34	<b>0,05</b>
<b>Stylommatophora</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,03	<b>0,004</b>
<b>Isóptera</b>	0	0,02	0	0	0,001	0,001	0	0,001	<b>0,003</b>
<b>Orthóptera</b>	0	0,01	0,002	0	0,01	0	0	0	<b>0,003</b>
<b>Dermáptera</b>	0	0	0	0	0,002	0	0	0,0002	<b>0,0003</b>
<b>Haplotáxida</b>	0	0,003	0	0	0,01	0	0	0,68	<b>0,09</b>
<b>Total</b>	<b>0,01</b>	<b>0,25</b>	<b>0,01</b>	<b>0,06</b>	<b>0,22</b>	<b>0,02</b>	<b>0,002</b>	<b>1,24</b>	<b>0,24</b>

## Anexo 6: Fotografías de la investigación

Fotos del área de estudio y análisis de suelos	
	
<p>Bloque 6 (Tratamiento con <i>Pueraria Phaseoloides</i>)</p>	<p>Bloque 3 (Tratamiento con <i>Canavalia ensiformis</i>)</p>
	
<p>Bloque 3 (Tratamiento con <i>Crotalaria juncea</i>)</p>	<p>Bloque 1 (Tratamiento con <i>Canavalia ensiformis</i>)</p>
	
<p>Materiales para obtener muestras de suelo</p>	<p>Muestras de suelos para respectivo análisis</p>

## Fotos de colecta de macrofauna



Etiquetado de frascos



Uso de herramientas y materiales



Muestreador con suelo del bosque de referencia



Colección de macrofauna en áreas intervenidas por minería



Colección de macrofauna en áreas de bosque de referencia

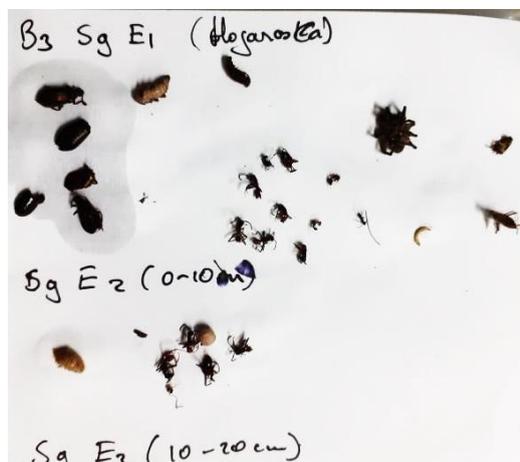


Macrofauna colectada y preservada con alcohol

## Fotos de conteo y pesaje de la biomasa de macrofauna en Laboratorio



Llegada de frascos a Laboratorio



Extracción de la macrofauna



Conteo de la macrofauna



Pesaje de macrofauna con apoyo de una balanza analítica



Pesaje en la balanza analítica de precisión en gramos



Registro de los valores obtenidos

## Fotos de algunos macroinvertebrados a nivel de orden



Coleóptera



Isópoda



Himenóptera



Aranae



Spirobólida



Haplotáxida

# TURNITIN\_LEYDI PIEROLA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unamad.edu.pe">repositorio.unamad.edu.pe</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://repositorio.una.edu.ni">repositorio.una.edu.ni</a> Fuente de Internet	<1%
4	<a href="https://revistas.unfv.edu.pe">revistas.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="https://repositorio.utn.edu.ec">repositorio.utn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="https://repositorio.uaaan.mx:8080">repositorio.uaaan.mx:8080</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://repositorio.unas.edu.pe">repositorio.unas.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1%