

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Macrofauna Edáfica como bioindicador de la calidad de suelo en el cultivo de arroz del distrito de san Rafael, Bellavista, San Martín

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores

Santiago René Santa Cruz Malón

Abner Burga Rodrigo

Asesor

Mg. Andrés Erick Gonzales López

Tarapoto, noviembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Mg. Andrés Erick Gonzales López, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “MACROFAUNA EDÁFICA COMO BIOINDICADOR DE LA CALIDAD DE SUELO EN EL CULTIVO DE ARROZ DEL DISTRITO DE SAN RAFAEL, BELLAVISTA, SAN MARTÍN” constituye la memoria que presenta los Bachilleres Santiago Santa Cruz Malón y Abner Burga Rodrigo para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 02 días del mes de diciembre del año 2020



Mg. Andrés Erick Gonzales López

000090

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Campus Universitario Milton Afonso, Distrito de Morales, Tarapoto, San Martín a 19 del mes de noviembre del año 2020, siendo las 08:30h, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Tarapoto, bajo la dirección del Señor Presidente del Jurado: Ing. Johan Patrick Rios Bortra y los demás miembros siguientes: Ing. Carmelina Alvarado Villayas Secretario, Ing. Juana Elizabeth Vasquez Vasquez vocales; y M.Sc. Andres Erick Gonzales Lopez asesor;

con el propósito de llevar a cabo el acto público de la sustentación de tesis titulada: Macrofauna Edáfica como bioindicador de la calidad de suelo en el cultivo de arroz del distrito de San Rafael, Bellavista, San Martín.

Presentada por el/los Bachiller/es: Santiago Rene Santa Cruz Malon Abner Burga Rodrigo conducente a la obtención del Título Profesional de: Ingeniero Ambiental

El señor Presidente inició el acto académico, invitando al/los candidato/s hacer uso del tiempo requerido para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente del Jurado invitó a los miembros del mismo a realizar las preguntas y cuestionamientos correspondientes, los cuales fueron absueltos por el (los) candidato (s). En seguida, el Jurado procedió a las deliberaciones respectivas, luego se registró en el acta el dictamen siguiente:

Bachiller: Santiago Rene Santa Cruz Malon aprobado por unanimidad con el mérito académico adicional de muy bueno (17)

Bachiller: Abner Burga Rodrigo aprobado por unanimidad con el mérito académico adicional de muy bueno (17)

El Presidente del Jurado solicitó al/los candidato/s ponerse de pie. Luego el Secretario realizó la lectura del acta con el resultado final del acto académico, procediéndose inmediatamente a registrar las firmas respectivas.

Presidentes, Secretario, Asesor, Vocales

Este sustentación fue realizada de manera virtual u online sincrónica, conforme al Reglamento General de Grados y Títulos.

Dedicatoria

A mis padres por su ayuda incondicional

Agradecimiento

A Dios por darme la vida.

A mis padres por su ayuda incondicional.

A mi asesor por sus constantes consejos.

A Ing. Agrónomo Arturo Elías Enoc Malón Valderrama
por el apoyo en campo.

A Ing. Ambiental Ani Taly Cruz Garcia por el apoyo en
gabinete.

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras	viii
Índice de anexos.....	ix
Resumen	x
Abstract	xi
Capítulo 1	12
El problema de investigación	12
1.1 Identificación del problema	12
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo general	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 Justificación.....	13
1.4 Presuposición filosófica	14
Capítulo 2	15
Revisión de Literatura.....	15
2.1 Fundamentos del objeto de estudio	15
2.1.1 Plaguicidas	15
2.1.2 Agroecosistema.....	20
2.1.3 Macrofauna del suelo	20
2.1.4 Impacto de los pesticidas en el suelo	24
2.2 Marco legal.....	24
2.2.1 Constitución política del Perú	24

2.2.2	Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica Ley N° 26839.....	24
2.2.3	D.S N° 011-2017-MINAM sobre los estándares de calidad ambiental para suelo 25	
2.3	Antecedentes de la investigación.....	25
Capítulo 3	.....	27
Materiales y Métodos	.....	27
3.1	Descripción del lugar de ejecución	27
3.2	Población y muestra	29
3.2.1	Población.....	29
3.2.2	Muestra	29
3.3	Diseño de investigación.....	30
3.4	Formulación de la hipótesis	30
3.5	Identificación de variables.....	30
3.5.1	Variable independiente	30
3.5.2	Variable dependiente.....	30
3.6	Operacionalización de variables	31
3.7	Instrumentos de recolección de datos.....	33
3.7.1	GPS.....	33
3.7.2	Espectrofotómetro de Absorción Atómica	33
3.7.3	Guía de identificación de especies de macrofauna edáfica.....	33
3.8	Técnicas de recolección de datos y validación de instrumentos	33
3.8.1	Técnicas de recolección de datos.....	33
3.8.2	Validación de instrumentos.....	33
3.9	Metodología.....	33
3.9.1	Etapa de pre-campo	33
3.9.2	Etapa de campo	34

3.9.3	Etapa de gabinete	38
Capítulo 4	.....	39
Resultados y discusión	.....	39
4.1	Resultados	39
4.1.1	Concentración de metales pesados y agroquímicos en el suelo	39
4.1.2	Diversidad de macrofauna en el suelo	40
4.1.3	Comparación de contaminantes y diversidad de especies en ambos sistemas	43
4.1.4	Impacto de la contaminación del suelo en la macrofauna edáfica.....	45
4.1.5	Macrofauna edáfica por puntos de muestreo	48
4.2	Discusión	51
Capítulo 5	.....	52
Conclusiones	.....	52
5.1	Conclusiones	52
Referencias	.....	53
Anexos	.....	60

Índice de tablas

Tabla 1. Distancia entre los puntos en estudio.....	30
Tabla 2. Operacionalización de variables de la investigación.....	32
Tabla 3. Interpretación del índice de Shannon.....	36
Tabla 4. Interpretación del índice de Shannon.....	38
Tabla 5. Concentración de metales pesados en mg/kg.....	39
Tabla 6. Concentración de organoclorados en mg/kg.....	40
Tabla 7. Diversidad e macrofauna a una profundidad de 0 a 10 cm.....	41
Tabla 8. Diversidad e macrofauna a una profundidad de 10 a 20 cm.....	42
Tabla 9. Comparación de metales pesados en ambos sistemas.....	43
Tabla 10. Prueba Tukey para la concentración de cadmio.....	43
Tabla 11. Comparación de organoclorados en ambos sistemas.....	44
Tabla 12. Comparación del número de especies de macrofauna.....	44
Tabla 13. Prueba Tukey para el número de especies de macrofauna.....	45
Tabla 14. Macrofauna edáfica a una profundidad de 0-10 cm.....	49
Tabla 15. Macrofauna edáfica a una profundidad de 10-20 cm.....	50

Índice de figuras

Figura 1. Clasificación de los plaguicidas.....	15
Figura 2. Clasificación de los plaguicidas.....	16
Figura 3. Estructura química del paraquat	17
Figura 4. Estructura química del α -endosulfán.....	18
Figura 5. Estructura química del lindano	18
Figura 6. Estructura química del aldrín	18
Figura 7. Estructura química del DDT	18
Figura 8. Estructura química del glifosato	19
Figura 9. Estructura química del clorpirifos	19
Figura 10. Estructura química del malation	19
Figura 11. Imagen de un hormiguero	21
Figura 12. Imagen de un escarabajo.....	21
Figura 13. Las arañas como representantes de la macrofauna.....	22
Figura 14. Una especie de lombriz de tierra.....	22
Figura 15. Imagen de un ciempiés	23
Figura 16. Imagen de una termita	24
Figura 17. Mapa de ubicación del área de estudio.....	28
Figura 18. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo	29
Figura 19. Muestreo de suelo en diagonal simple	35
Figura 20. Identificación de la macrofauna.....	37
Figura 21. Índice de Nemerow para los dos sistemas por plaguicidas	45
Figura 22. Índice de Nemerow para los dos sistemas por metales pesados	46
Figura 23. Índice de Shannon-Wiener para los dos sistemas.....	47
Figura 24. Relación de los índices H e ICN por pesticidas	48
Figura 25. Relación de los índices H e ICN por metales pesados	48

Índice de anexos

Anexo 1. Certificado de identificación de especies de macrofauna edáfica.....	60
Anexo 2. Informe de análisis de laboratorio	61
Anexo 3. Panel fotográfico del muestreo de metales pesados y organoclorados	66
Anexo 4. Panel fotográfico del muestreo de macrofauna edáfica.....	71
Anexo 5. Índice se Shannon-Wiener para el sistema con cultivo de arroz	75
Anexo 6. Índice se Shannon-Wiener para el sistema sin cultivo de arroz.....	76
Anexo 7. Ilustración de las especies de la macrofauna encontradas en el estudio	77

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la presencia de macrofauna como indicador de la calidad de suelo en el cultivo de arroz en el distrito de San Rafael, Bellavista. Para ello, se seleccionó aleatoriamente tres unidades de análisis (muestras de suelo), por cada sistema (con cultivo y sin cultivo de arroz). El muestreo de suelo se desarrolló utilizando el protocolo del MINAM (2014). Asimismo, para la identificación de las especies de macrofauna se utilizó la guía de identificación y la contribución de un especialista. Las muestras de suelo de las parcelas con cultivo de arroz presentaron mayor concentración de metales pesados, que las muestras de suelo sin cultivo de arroz. Además, en ambos sistemas (con cultivo de arroz y sin cultivo de arroz), se sobrepasa el estándar de calidad ambiental nacional para suelos en los parámetros cadmio y cromo. Por otro lado, la concentración de organoclorados (4,4-DDT, aldrin, endrin y heptacloro), fue mayor en el sistema con cultivo de arroz y en ambos sistemas, no se sobrepasa el ECA para suelo del Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. En las muestras de suelo sin cultivo de arroz, se encontró mayor diversidad de especies de macrofauna (H: 1.51). Esta diversidad es un indicador del mayor grado de salubridad del suelo, comparado a los sistemas con cultivo de arroz (H: 0.69), en los cuales existe menor diversidad de especies.

Palabras clave: Pesticidas, Agroquímicos, Suelo, Cultivo de Arroz

Abstract

The objective of this research was to evaluate the presence of macrofauna as an indicator of soil quality in rice cultivation in the district of San Rafael, Bellavista. For this, three analysis units (soil samples) were randomly selected for each system (with and without rice cultivation). Soil sampling was developed using the MINAM (2014) protocol. Likewise, for the identification of the macrofauna species, the identification guide and the contribution of a specialist were used. The soil samples from the plots with rice cultivation showed a higher concentration of heavy metals than the soil samples without rice cultivation. Furthermore, in both systems (with rice cultivation and without rice cultivation), the national environmental quality standard for soils is exceeded in the parameters cadmium and chromium. On the other hand, the concentration of organochlorines (4,4-DDT, aldrin, endrin and heptachlor), was higher in the system with rice cultivation and in both systems, the ECA for soil of Supreme Decree No. 011- is not exceeded. 2017-MINAM. In soil samples without rice cultivation, a greater diversity of macrofauna species was found (H: 1.51). This diversity is an indicator of the higher degree of soil health, compared to systems with rice cultivation (H: 0.69), in which there is less diversity of species.

Keywords: Pesticides, Agrochemicals, Soil, Rice Crop

Capítulo 1

El problema de investigación

1.1 Identificación del problema

De acuerdo con Acevedo, Castrillo & Belmonte (2006), el arroz, se cultiva en todo el mundo, en climas tropicales y templados, por esta razón, este cultivo tiene trascendencia mundial. En la región San Martín, la cuenca del Huallaga central, es una de las que produce mayor rendimiento en la producción de arroz, debido a las condiciones climatológicas del cultivo, lo cual es consecuencia del uso de semillas certificadas, fertilizantes, control de plagas y uso de maquinaria para la cosecha y la siembra (Dirección Regional de Agricultura San Martín, 2016).

Siendo el arroz, uno de los principales cultivos del distrito y de la provincia de Bellavista, San Martín. Asimismo, la provincia de Bellavista, ocupó el primer lugar en el 2017, en cuanto a área cosechada de este cultivo, con un 31.5% (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018).

Bellavista es uno de las provincias donde se cultivan grandes extensiones de cultivos de arroz, sin embargo; practican la agricultura convencional, donde se observa que hay uso intensivo de plaguicidas aceptados y no aceptados (prohibidos) para controlar las plagas y enfermedades del cultivo de arroz. Asimismo, realizan una mala disposición de los envases de plaguicidas utilizados; incumpliendo la norma del triple lavado que establece SENASA. Por otro lado, se ha observado que la gran mayoría de agricultores aplican los plaguicidas sin importar su impacto en la contaminación del suelo. De persistir estas actividades inadecuadas, afectará a la calidad del suelo causando gran pérdida de nutrientes y desequilibrio en el ecosistema edáfico. Asimismo, perturbará los ecosistemas que se encuentran cercanos a las áreas del cultivo. Por otro lado, también puede producir enfermedades perjudiciales para la salud de los agricultores y los consumidores y a las personas que viven cercanas a las grandes áreas de cultivos de arroz.

Según Dardis & Walsh (2000), la producción de los cultivos se reduce significativamente cuando hay presencia de plagas y enfermedades. Para eliminar estos organismos nocivos que causan efectos devastadores se emplean agroquímicos (fungicidas, herbicidas, e insecticidas) que son diseñados para controlar los patógenos o enfermedades en los cultivos más importantes. Estos productos son muy usados en la agricultura moderna, pero su utilidad

frecuente puede ocasionar numerosos problemas e influir en los microorganismos benéficos del suelo.

Por otro lado, Varona et al. (2016), sostienen que el cultivo de arroz es dependiente en gran medida del uso de agroquímicos para producir cosechas rentables. Asimismo, es conocido el impacto, en la disminución de la diversidad, que tienen los pesticidas sobre las comunidades de la macrofauna edáfica (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2015).

Por esta razón, el presente estudio busca responder la siguiente pregunta de investigación: ¿El uso de organoclorados y metales pesados en el cultivo de arroz influyen negativamente en la diversidad de la macrofauna edáfica en el distrito de San Rafael, Bellavista?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la presencia de macrofauna como indicador de la calidad de suelo en el cultivo de arroz en el distrito de San Rafael, Bellavista.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración de metales pesados y agroquímicos en el suelo destinado al cultivo de arroz.
- Identificar la diversidad de macrofauna del suelo destinado al cultivo de arroz.
- Comparar la concentración de metales y pesticidas en ambos sistemas (con cultivo y sin cultivo de arroz).
- Determinar el impacto de la contaminación del suelo por agroquímicos en la diversidad de la macrofauna edáfica.

1.3 Justificación

Para el control de malezas, en el cultivo de arroz, se requieren el uso de plaguicidas, sin embargo, Guzmán et al., (2016), sostienen que, el uso de estos productos químicos, alteran las propiedades del suelo y reducen la diversidad de la macrofauna edáfica. Asimismo, la mayoría de los plaguicidas, se acumulan en el horizonte A del suelo, en el cual también habita la mayor cantidad de macrofauna, ocasionando de esta manera un impacto importante en estas comunidades (Fernández & Giménez, 2005). La razón principal que motivó la realización

de esta investigación tiene mucha relación con nuestra familia y comunidad ya que se dedican al cultivo de arroz, y hace muchos años están manipulando plaguicidas y, al mismo tiempo; están expuestos a productos químicos de alta toxicidad; por ello es necesario saber cómo los agroquímicos generan daños al ambiente.

Por otro lado, es importante llevar a cabo el estudio porque somos una región agrícola, donde se cultivan grandes extensiones de arroz, y así mismo observamos que hay deficiente macrofauna en la zona.

Los resultados del presente trabajo de investigación beneficiarán, principalmente a los agricultores, porque conocerán los efectos del uso intensivo de plaguicidas sobre el suelo. Como consecuencia de ello, se puedan elaborar regulaciones para un uso equilibrado de estos pesticidas, y de esa manera tomen conciencia en el uso indiscriminado de agroquímicos. También el presente estudio proporcionará información a futuros investigadores, que opten por investigar temas relacionados con la contaminación de suelos por agroquímicos, ya que servirá como referencia para reforzar o discutir sus hallazgos con los del presente estudio.

Por otro lado, los resultados servirán como base a las municipalidades, gobiernos regionales, ministerio de agricultura (MINAGRI) para elaborar planes de recuperación de suelo contaminado por plaguicidas, así mismo buscar metodologías que nos permitan proponer técnicas para fomentar el desarrollo sostenible.

1.4 Presuposición filosófica

Génesis 2:15 menciona que Dios entregó al hombre el huerto del Edén para que lo cuidara y lo labrara (RVR-1960). Siendo que el ecosistema formado por el biotopo y la biocenosis, fue entregado por Dios al ser humano para que lo use racionalmente, todos debemos cuidar estos recursos. Por esta razón, la primera tarea, consiste en comprender el efecto que tienen los plaguicidas sobre la diversidad de la macrofauna edáfica

Capítulo 2

Revisión de Literatura

2.1 Fundamentos del objeto de estudio

2.1.1 Plaguicidas

Son productos sintéticos, que se utilizan para controlar el avance de las plagas agrícolas y aumentar la producción de los cultivos (Van Hemmen, citado por Guerrero, 2018). Asimismo, Villacrés (2014) sostiene que estos productos además de controlar plagas, juegan un rol importante en la agricultura convencional para alcanzar altos niveles de producción en las cosechas.

De acuerdo a su composición química, los plaguicidas se clasifican en: Organoclorados, Organofosforados, carbamatos, piretroides, neonicotinoides y biperidinas (Gauicha & Bolívar, citado por Díaz & Betancourt, 2018). Asimismo, los insecticidas, con sus ingredientes activos eliminan insectos, los fungicidas hongos y los herbicidas, eliminan las malas hierbas que crecen en los cultivos.



Figura 1. Clasificación de los plaguicidas

Fuente: Gauicha & Bolívar, citado por Díaz & Betancourt (2018)

Asimismo, por su modo de acción, los plaguicidas se clasifican en: Insecticidas, fungicidas y herbicidas (Bedmar, 2011). En la figura 2, se detalla cada uno de estos, su modo de acción y su grupo químico.

Tipo de producto	Modo o sitio de acción	Grupo químico
Insecticidas	Interferencia del sistema nervioso	Organoclorados, organofosforados, carbamatos
		Piretroides, piretrinas, fluproles-fenilpirazoles
		Avermectinas, nicotinoídes-nitrometilenos
		Nicotina
	Reguladores del crecimiento	Benzoil-fenilureas, benzamidas, benzoil-hidrazinas
	Toxinas alimentarias	<i>Bacillus thuringiensis</i>
	Sistema respiratorio	Fosfuros, bromuros, etcétera
Tóxicos físicos	Aceites minerales, tierra de diatomeas, geles de sílice	
Fungicidas	Inhibición de la síntesis de ácidos nucleicos	Fenilamidas, pirimidinas, derivados de hidrocarburos aromáticos, carboximidas
		Derivados del benzimidazol
	Mitosis y división celular	Ditiocarbamatos, benzimidazoles
		Fenilureas, benzamidas
		Respiración: inhibición de la producción de ATP en los procesos enzimáticos del metabolismo energético	Carboximidas, quinonas, cúpricos, arsenicales, derivados del estaño, disulfuros, ditiocarbamatos, estrobirulinas
	Síntesis de aminoácidos y proteínas	Anilino-pirimidinas
	Transducción de señales	Quinolininas, fenilpirroles, dicarboximidas
		Dicarboximidas, hidrocarburos aromáticos
	Síntesis de lípidos y membrana	Clorofenoles, nitroanilinas, ditiocarbamatos, amidas
	Biosíntesis de esterol en las membranas	Morfolininas, triazoles
Alteración de la estructura celular	Dodecilguanidina	
Acción múltiple	Cúpricos, sulfúricos, ditiocarbamatos, ftalamidas, cloronitrilos, sulfamidas, guanidinas, triazinas, quinonas	
Inhibición de la acetil coenzima A carboxilasa	Ariloxi-fenoxi, ciclohexanodionas	
Herbicidas	Inhibición de la aceto lactato sintetasa	Imidazolinonas, sulfonilureas, sulfonamidas
	Inhibición de la formación de microtúbulos	Dinitroanilinas
	Auxinas sintéticas	Clorofenóxidos, derivados del ácido benzoico
		Ácidos piridin carboxílicos, ácidos quinolin carboxílicos
	Inhibición de la fotosíntesis en el fotosistema II	Triazinas, triazinonas, uracilos, ureas sustituidas, benzotriadiazonas, carbamatos, amidas
	Inhibición de la fotosíntesis en el fotosistema II y respiración	Benzonitrilos
	Inhibición de la protoporfirinógeno oxidasa	Difeniléteres, N-feniltalamidas, oxadiazoles
		Triazolinonas
	Inhibición de la síntesis de lípidos	Tiocarbamatos
	Desviación del flujo electrónico en el fotosistema I	Bipiridilos
	Inhibición de la síntesis de carotenoides	Isoxasoles, nicotinanilidas, otros
	Inhibición de la síntesis de proteínas, metabolismo de lípidos y división celular	Acetanilidas
	Interferencia en la actividad enzimática y precipitación de proteínas	Carboxílicos aromáticos
	Interferencia en el metabolismo del fósforo	Arsenicales
Inhibición de la enolpiruvil shikimato-fosfato sintetasa	Glicinas	

Figura 2. Clasificación de los plaguicidas

Fuente: Bedmar (2011)

Asimismo, Ferrer (2003), clasifica a los plaguicidas, de acuerdo a las plagas en las que actúan, los plaguicidas se clasifican en:

- *Insecticidas*: Incluye los organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides.
- *Fungicidas*: Incluye los organoclorados y los organomercuriales
- *Herbicidas*: Incluye los bupiridílicos, organoclorados y otros.
- *Raticidas*: Incluye a los dicumarínicos

a. Compuestos organoclorados

Los compuestos organoclorados, presentan en su estructura química, átomos de cloro, asimismo, otras características de estos compuestos es su alta lipo-solubilidad, elevado tiempo de vida media y valores elevados de presión de vapor. Son estas propiedades son las responsables de que estas sustancias tengan elevado potencial de bio-acumulación, elevada persistencia y la capacidad de desplazarse por la atmósfera (Moroni et al., citado por Andrade, 2011). Debido a su persistencia, muchos pesticidas organoclorados se convirtieron en contaminantes omnipresentes, acumulándose a lo largo de la cadena trófica en animales y seres humanos. Algunas sustancias organocloradas son: Paraquat, endosulfán, lindano, aldrín y DDT. Asimismo, las propiedades químicas de los organoclorados, los hacen resistentes a la degradación biológica (Iwata, citado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2015).

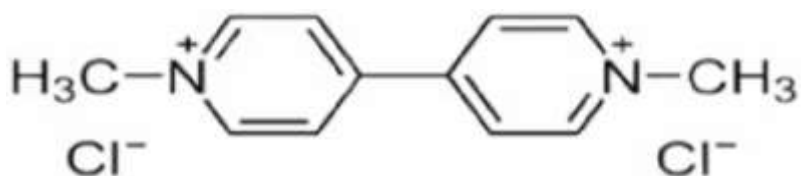


Figura 3. Estructura química del paraquat

Fuente: Viales (2014)

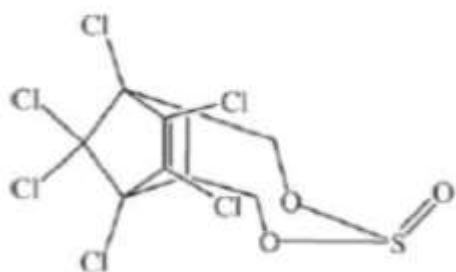


Figura 4. Estructura química del α -endosulfán

Fuente: Andrade (2011)

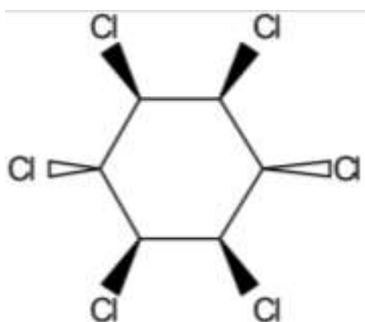


Figura 5. Estructura química del lindano

Fuente: Santos (2007)

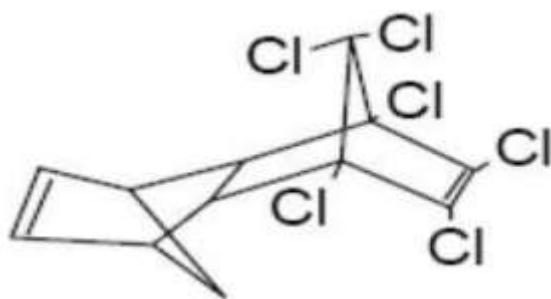


Figura 6. Estructura química del aldrín

Fuente: Andrade (2011)

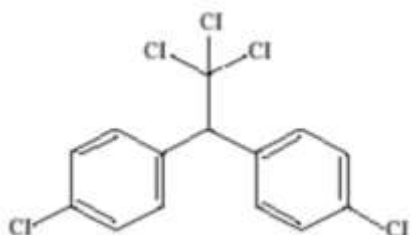


Figura 7. Estructura química del DDT

Fuente: Ferrer (2003)

b. Compuestos organofosforados

Los pesticidas organofosforados, son compuestos orgánicos derivados del ácido fosfórico y del ácido tiosulfónico (Trindade, 2009). Algunas sustancias organofosforadas son: Glifosato, Malation, azodrin, folidol, tamaron, diazinon. La exposición a organofosforados puede provocar parálisis crónicas como la acción neurotóxica retardada, después de una exposición intensa.

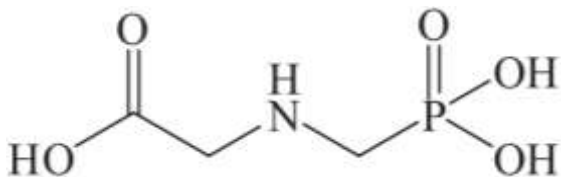


Figura 8. Estructura química del glifosato

Fuente: Fortes & Aline (2012)

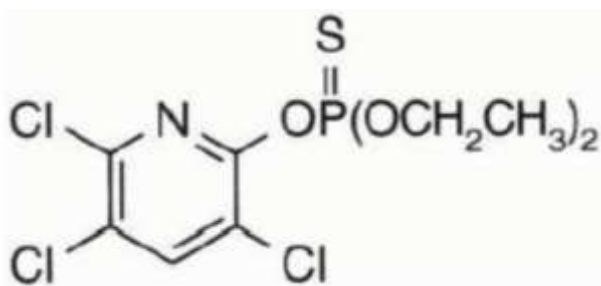


Figura 9. Estructura química del clorpirifos

Fuente: Santos (2007)

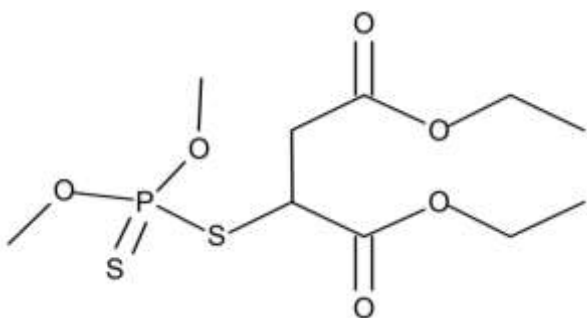


Figura 10. Estructura química del malation

Fuente: Santos (2007)

2.1.2 Agroecosistema

Se denomina agroecosistema, al ecosistema natural modificado, con la finalidad de realizar la producción agrícola en diferentes cultivos (Universidad Nacional de Colombia, 2014).

2.1.3 Macrofauna del suelo

De acuerdo Henrique et al., (2015), la macrofauna del suelo está conformada por los invertebrados con una longitud mayor a 10 cm y un diámetro mayor a 2 cm. Estos animales habitan en el suelo durante toda su vida o en algún estadio de su ciclo biológico. Asimismo, estos organismos, se los denomina “ingenieros del ecosistema”, ya que actúan fragmentando y transformando los residuos del suelo, o bien como predadores. Los mencionados autores clasifican a los ingenieros del ecosistema en cuatro grupos: Lombrices de tierra, termitas, hormigas y escarabajos.

Asimismo, la macrofauna edáfica tiene el potencial para ser utilizada como indicadora de la calidad del suelo (Baretta, Brown & Nogueira, 2010). De acuerdo con Lavelle (2003) se considera a la macrofauna como un indicador de la calidad ambiental del suelo, debido a que regula los procesos del sistema edáfico.

La macrofauna está representada por los animales que poseen una longitud mayor a 2 mm, los cuales son visibles a simple vista (Lavelle & Spain, citado por Souza, 2014). Este grupo está conformado por hormigas, coleópteros, arañas, lombrices, ciempiés, termitas, diplópodos, etc. A continuación, se describen las características de cada uno de ellos.

a. Hormigas

Este grupo actúa en la formación de túneles y galerías en el suelo, favoreciendo de esta manera a la porosidad del mismo (Oliveira, 2005). Asimismo, son responsables por el transporte de gran cantidad de subsuelo hacia la superficie, contribuyendo de esta manera al equilibrio ecológico (Lopes, citado por Oliveira, 2005). Son insectos pertenecientes a la orden himenóptera, presentan una gran diversidad. Tienen aparato bucal masticador y establecen relaciones con microorganismos. Son sociales y pueden utilizar una diversidad de materiales como fuente de alimento (Catanozi, 2010).



Figura 11. Imagen de un hormiguero

Fuente: Dorronsoro (1999)

b. Coleópteros

Este grupo está representado por los escarabajos, su población está relacionada positivamente con la cantidad de materia orgánica y la cantidad de arcilla. Estos seres vivos se clasifican en predadores, fitófagos y saprófitos (Oliveira, 2005).

Es un grupo muy diversificado de insectos, en lo que respecta a la forma como el tamaño, las adaptaciones alimentarias, tanto para las formas adultas como para las etapas larvianas. Presentan un par de alas rígidas. De esta forma están subdivididos en un gran número de familias. La variación taxonómica la componen saprófagos, fitófagos y predadores. Viven preferentemente en la hojarasca, aunque muchos pueden cavar galerías, principalmente las larvas (Catanozi, 2010).



Figura 12. Imagen de un escarabajo

Fuente: INTAGRI (2017)

c. Arañas

De acuerdo con Cabrera (2014), el cuerpo de las arañas se divide en dos partes el cefalotórax y el abdomen. Son indicadores del equilibrio ecosistémico, ya que requieren de recursos alimenticios y de refugio del mismo.

Es un grupo diversificado de animales predadores que viven preferentemente en la hojarasca, sin embargo, pueden ocupar espacios en el suelo, utilizando muchos invertebrados del suelo como presa (Catanozi, 2010).



Figura 13. Las arañas como representantes de la macrofauna

Fuente: Natura (2019)

d. Lombrices

Son gusanos segmentados o cilíndricos de textura blanda. Forman parte del grupo denominado ingenieros del ecosistema, ya que contribuyen a mejorar las características físicas del suelo (Cabrera, 2014)



Figura 14. Una especie de lombriz de tierra

Fuente: Cabrera (2014)

e. Ciempiés

Son carnívoros o depredadores, alimentándose de otros animales de tamaño pequeño (Cabrera,2014). Sus hábitats son: troncos de árboles, debajo de piedras y hojarasca.

Es un grupo de los miriápodos, encontrados en la superficie del suelo y entre las capas de hojarasca, se mueven en busca de alimento. Raramente penetran en alguna porción del suelo como, sin embargo, algunos pueden formar o penetrar en galerías. Son predadores en su mayoría y buscan espacios húmedos para protegerse (Catanozi, 2010).



Figura 15. Imagen de un ciempiés

Fuente: Cabrera (2014)

f. Termitas

Son insectos sociales, formadores de colonias (Cabrera,2014). Estos seres vivos cumplen un rol importante en la descomposición de la materia orgánica.

Son insectos sociales, con individuos de pequeño tamaño, pueden tener alas y ser saprófagos herbívoros o predadores. Presentan aparato bucal masticador, fundamentalmente adaptados a la alimentación con celulosa. Establecen relaciones con microorganismos en su aparato digestivo (Catanozi, 2010).



Figura 16. Imagen de una termita

Fuente: Cabrera (2014)

2.1.4 Impacto de los pesticidas en el suelo

De acuerdo con Hussaim et al. (2009), los efectos negativos de los pesticidas en suelo son: la inactivación de los microorganismos que solubilizan el fósforo y el nitrógeno, alteran las interacciones entre planta y bacterias rizosféricas, inhibiendo de esta manera la fijación de nitrógeno, la reducción de enzimas del suelo. Asimismo, los pesticidas también influyen en muchas reacciones bioquímicas, tales como: mineralización de la materia orgánica, nitrificación, desnitrificación, amonificación, reacción redox y metanogénesis.

Los pesticidas organoclorados, son altamente bio-acumulados en la mesofauna del suelo (ácaros y colémbolos: $260 \mu\text{g.g}^{-1}$); por lo tanto, la alta sensibilidad al impacto externo, combinada con su importancia para las funciones del ecosistema hacen que la mesofauna del suelo sea extremadamente valiosa para los programas de monitoreo (Lupi, Bedmar, Wunderlin & Miglioranza, 2019).

Los pesticidas y los productos químicos representan una amenaza para la salud del suelo. Las lombrices de tierra son las más afectadas por estos compuestos persistentes, lo cual trae como consecuencia la reducción considerable en su población y afecta negativamente la fertilidad del sistema edáfico (Miglani & Bisht, 2020).

2.2 Marco legal

2.2.1 Constitución política del Perú

La constitución política del Perú en el artículo 2, numeral 22, establece: “que toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida” (Constitución política del Perú, 1993, p. 2).

2.2.2 Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica Ley N° 26839

El objetivo de esta ley es promover el uso sostenible de la diversidad biológica. Asimismo, en el literal (a) del artículo 3 menciona: “Conservar la diversidad de ecosistemas, especies y genes, así como mantener los procesos ecológicos esenciales de los que dependen la supervivencia de las especies” (Congreso de la República, 1997).

2.2.3 D.S N° 011-2017-MINAM sobre los estándares de calidad ambiental para suelo

Este decreto establece los parámetros de los contaminantes físicos, químicos y biológicos en el suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no afecte el funcionamiento de los ecosistemas y la salud pública.

2.3 Antecedentes de la investigación

2.3.1 Internacionales

Medina & Vélez (2018) desarrollaron una investigación con el título de “Evaluación de la calidad del suelo por el empleo de agroquímicos, en sistemas productivos de arroz y plátano de la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta)”, en Colombia. El objetivo del estudio fue evaluar las propiedades químicas y biológicas de suelo en dos sistemas de producción, uno convencional (arroz, con uso de agroquímicos) y el otro manejado ecológicamente (plátano). Los parámetros evaluados fueron: pH, materia orgánica y fósforo (químicas) y presencia de lombriz de tierra (biológica). No hubo lombriz de tierra en el sistema agrícola convencional, mientras que en el agroecosistema hubo algunos ejemplares.

Asimismo, Littlefield, Brooks & Katouli (2008), desarrollaron un estudio titulado “Application of biochemical fingerprinting and fatty acid methyl ester profiling to assess the effect of the pesticide Atradox on aquatic microbial communities”. El objetivo del estudio fue evaluar el cambio en la biomasa de las comunidades microbianas, al aplicar dosis de pesticida ATRADEX. Se aplicaron concentraciones del pesticida entre 24.5 µg/L hasta 245 µg/L. Se encontró que la biomasa de las comunidades microbianas se redujo a un nivel mínimo en el cuarto día, con la concentración de 245 µg/L.

Asimismo, Moran & Alfaro (2015) realizaron un estudio titulado “Diversidad de macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de *Moringa oleifera* Lam. (Marango) en la finca Santa Rosa, UNA”. El objetivo del estudio fue caracterizar la diversidad de macrofauna del suelo para determinar la salud del suelo de los dos sistemas de manejo. Para ello se utilizó la metodología propuesta por Tropical Soil Biology and Fertility. La macrofauna se monitoreo en monolitos para cada sistema de manejo. Asimismo, los organismos fueron identificados a nivel de Phylum, Clase, Orden y Familia. Los resultados indican mayor abundancia y diversidad para el agroecosistema. Asimismo, las termitas tuvieron abundancia similar en ambos sistemas, mientras que las lombrices de tierra fueron más abundantes en el agroecosistema.

2.3.2 Nacionales

Llancari (2014) “Eliminación de la fauna insectil del suelo por la aplicación de pesticidas en el cultivo de papa comercial en la provincia de Angaraes-Huancavelica”. El objetivo del estudio fue evaluar el impacto de los pesticidas en la eliminación de la fauna insectil del suelo del cultivo de papa. En las etapas fenológicas iniciales se encontró mayor presencia de fauna insectil que, en las etapas de maduración y senescencia, en las cuales se efectúa la aplicación de pesticidas. Asimismo, los componentes activos de los pesticidas utilizados son: Dimetoatos, carbamatos y cipermetrinas, para la variedad Canchan; mientras que benfurarcab Dimetoatos, y cipermetrinas para la variedad Yungay.

Capítulo 3

Materiales y Métodos

3.1 Descripción del lugar de ejecución

El estudio se desarrolló en las plantaciones de cultivo de arroz del caserío de Santa Catalina, distrito de San Rafael, perteneciente a la provincia de Bellavista. De acuerdo con el Instituto Nacional de Defensa Civil (2009), el clima que presenta la provincia es clima tropical, con temperatura media mensual mayor a 21°C y una precipitación media anual de 750 mm. Asimismo, la ciudad se ubica a una altitud de 200 m.s.n.m. Por otro lado, la población del distrito de San Rafael es 5259 habitantes (urbano) y 774 habitantes (rural) (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017). Las actividades económicas que se desarrollan son: Agricultura (principalmente, el cultivo de arroz), el turismo, la industria, el uso de energías renovables y la investigación científica de la biodiversidad (Escobar et al., 2017).

Asimismo, en la figura 17 y 18, se muestran el mapa de ubicación del área de estudio y el mapa de ubicación de los puntos de muestreo, respectivamente.

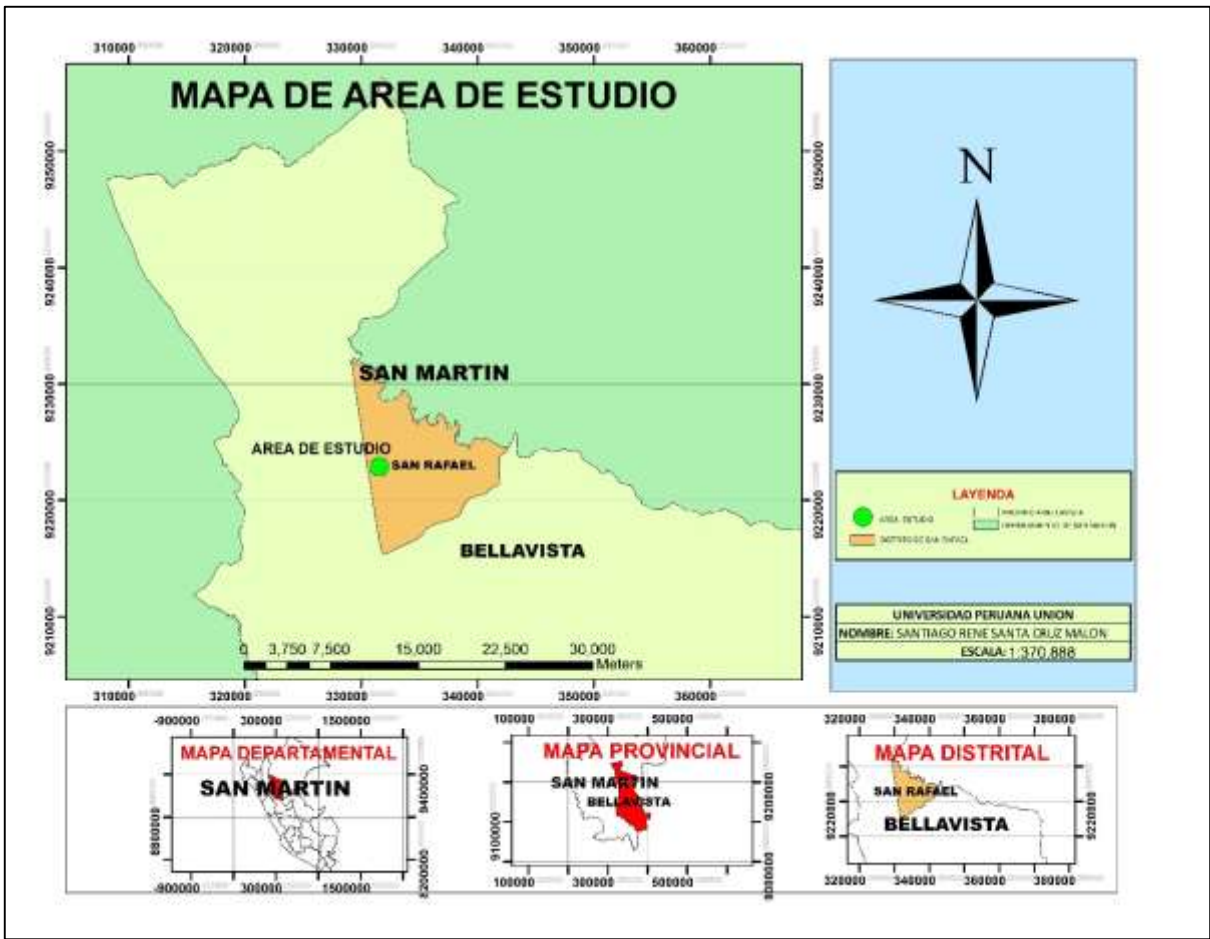


Figura 17. Mapa de ubicación del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

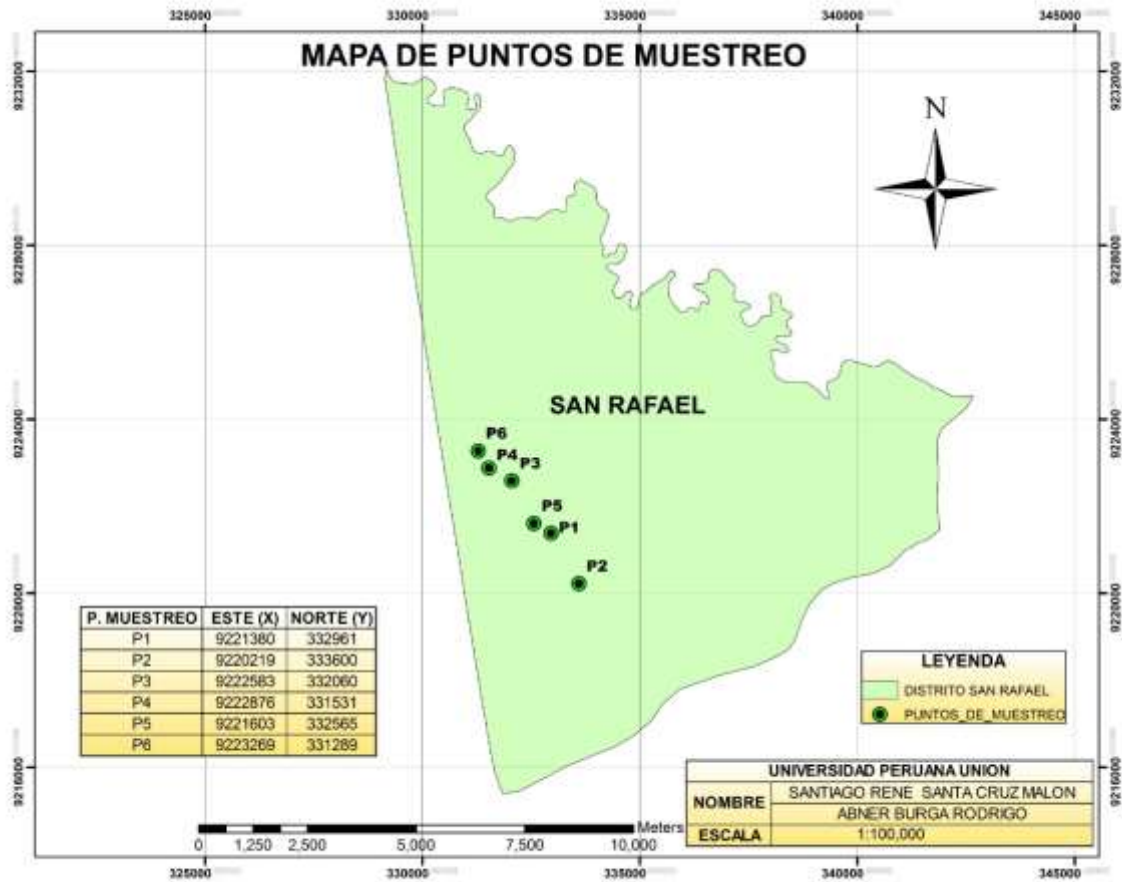


Figura 18. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo

Fuente: Elaboración propia

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población de estudio está conformada por 5000 hectáreas de cultivo de arroz, perteneciente a la Comisión de regantes de la margen derecha del río Sisa. El área de estudio, se ubica en la lateral 29 (Santa catalina). Asimismo, la cantidad de agricultores inscritos en esta Comisión de Regantes es 1000.

3.2.2 Muestra

La muestra está conformada por seis unidades de análisis, tres de ellas serán áreas con cultivo de arroz, y las otras tres serán áreas sin cultivo de arroz. La selección de estas áreas se efectuará de manera aleatoria, en base al padrón de socios inscritos en la Comisión de

regantes de la margen derecha del río Sisa. Asimismo, en la tabla 1 se muestra la distancia entre los puntos en estudio.

Tabla 1. *Distancia entre los puntos en estudio*

Par de puntos	Distancia (km)
1 y 2	2.0
2 y 3	3.5
3 y 4	2.0
4 y 5	2.5
5 y 6	2.0

Fuente: Elaboración propia

3.3 Diseño de investigación

Para el desarrollo de la investigación se seleccionó un diseño no experimental transversal de tipo descriptivo. El diseño es no experimental, ya que no se manipuló deliberadamente las variables, uso de agroquímicos y diversidad de la macrofauna, las cuales se recolectaron tal como viene aconteciendo en la realidad, por parte de los investigadores (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

3.4 Formulación de la hipótesis

H₀: La presencia de macrofauna no es bioindicador de la calidad de suelo en el cultivo de Arroz en el distrito de San Rafael, Bellavista.

H₁: La presencia de macrofauna es bioindicador de la calidad de suelo en el cultivo de Arroz en el distrito de San Rafael, Bellavista.

3.5 Identificación de variables

Las variables que se estudiarán en la presente investigación son:

3.5.1 Variable independiente

Concentración de metales pesados y concentración de organoclorados.

3.5.2 Variable dependiente

Macrofauna edáfica

3.6 Operacionalización de variables

La operacionalización de variables se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Operacionalización de variables de la investigación

Variables	Definición		Dimensiones	Indicadores	Nivel de medición
	Conceptual	Operacional			
Concentración de plaguicidas (V.I.)	Se define como la cantidad de metales pesados o compuestos organoclorados presentes en suelo agrícola. Se miden en ppm.	Se determinará a través del instrumento denominado espectrofotómetro de Absorción Atómica	Concentración de metales pesados	Arsénico	Cuantitativa continua
				Cadmio	
				Cromo	
				Mercurio	
			Concentración de organoclorados	Aldrín	
				Endrín	
				Heptacloro	
				4,4´-DDT	
Diversidad de especies de macrofauna edáfica (V.D.)	Se define como el número de individuos de cada familia de macrofauna edáfica	Estas variables se medirán mediante una Guía de identificación de especies de macrofauna edáfica de McGavin (2000)	Artrópodos	Artrópodos	Categoría nominal
			Arácnidos	Arácnidos	
			Moluscos	Moluscos	
			Lombrices	Lombrices	
			Isópteros	Isópteros	
			Colémbolos	Colémbolos	
			Miriápodos	Miriápodos	

Fuente: Elaboración propia (2020)

3.7 Instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación se utilizarán los siguientes instrumentos para recolección de datos:

3.7.1 GPS

El GPS es un instrumento que servirá para determinar las coordenadas del área de estudio. Se utilizará un GPS marca Garmin, modelo ETREX 10. Antes de su uso será calibrado.

3.7.2 Espectrofotómetro de Absorción Atómica

Se utilizará un espectrofotómetro de Absorción Atómica, para la determinación de metales pesados y compuestos organoclorados en las muestras de suelo. El instrumento, será calibrado, antes de las mediciones.

3.7.3 Guía de identificación de especies de macrofauna edáfica

Para identificar las especies de macrofauna, se utilizará una Guía de identificación de especies de macrofauna edáfica de McGavin (2000). Asimismo, la identificación se realizará con la participación de un entomólogo.

3.8 Técnicas de recolección de datos y validación de instrumentos

3.8.1 Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos, se utilizará las técnicas documental y observacional. La documental consiste en obtener los datos a partir de registros (Rojas, 2011). Mientras que, en la observación, se utilizan los sentidos para la obtención de las mediciones.

3.8.2 Validación de instrumentos

Antes de tomar las mediciones de las variables, los instrumentos, serán calibrados, lo cual se evidenciará por la acreditación del laboratorio en el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL)

3.9 Metodología

3.9.1 Etapa de pre-campo

En esta etapa se elaborará el proyecto, para ello se revisará bases de datos de revistas científicas indizadas. Asimismo, se coordinará con los dueños de las parcelas de cultivo de

arroz, solicitando autorización para la toma de muestras de suelo. Además, se contactó con el Laboratorio ALAB de la ciudad de Lima.

3.9.2 Etapa de campo

a. Muestreo de suelo

Para determinar la concentración de metales pesados y los compuestos organoclorados, se tomará una muestra superficial compuesta, en forma de calicata. Esta consiste de un conjunto de muestras simples (submuestras), en cada área seleccionada aleatoriamente (MINAM, 2014). Las muestras de suelo se colocarán en una bolsa de polietileno de alta densidad. Para el muestreo se consideró seis puntos muestreo, ya que el objetivo del estudio es analizar el impacto del uso de agroquímicos en el cultivo de arroz sobre la diversidad de la macrofauna edáfica, tomando como base una hectárea de cultivo de arroz (MINAM, 2014).

Asimismo, se considerará un muestreo en diagonal simple para una superficie de 1 hectárea, donde la diagonal mide aproximadamente 140 m (MINAM, 2014). Por tanto, se tomará muestras de 1 kg cada 10 m, haciendo un total de 14 muestras simples, las cuales se mezclarán y se envasará una cantidad de 0.5 kg en una bolsa Ziploc, para luego enviarse al Laboratorio ALAB de la ciudad de Lima. Se seleccionó aleatoriamente tres parcelas de cada sistema (con cultivo y sin cultivo de arroz).

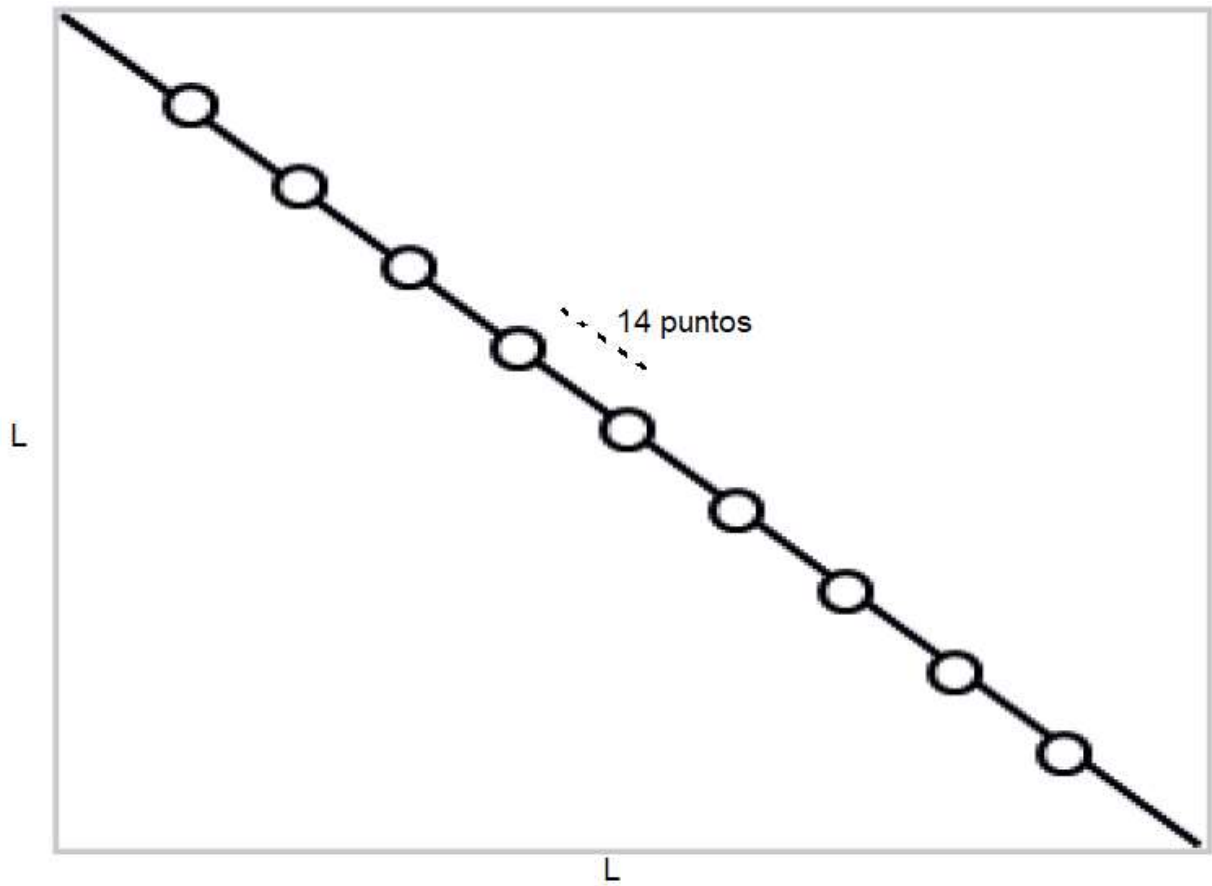


Figura 19. Muestreo de suelo en diagonal simple

Fuente: MINAM (2014)

Asimismo, para determinar el grado de contaminación del suelo, se utilizó el índice de Nemerow, cuya ecuación es:

$$ICN = \sqrt{\frac{PI_{prom}^2 + PI_{m\acute{a}x}^2}{2}}$$

$$PI = \frac{C_i}{S_i}$$

Siendo

C_i : Concentración del i – ésimo contaminante

S_i : Estándar requerido del i – ésimo contaminante

Por otro lado, para la interpretación del índice de Nemerow, se utilizó los valores de Herrero (2017).

Tabla 3. *Interpretación del índice de Nemerow*

Valor de ICN	Interpretación
<0.7	Dominio de seguridad
0.7-1.0	Dominio de precaución
1.0-2.0	Ligeramente contaminado
2.0-3.0	Moderadamente contaminado
>3.0	Contaminado

Fuente: Herrero (2017)

b. Identificación de la macrofauna

Para la identificación de la macrofauna, en cada una de las seis áreas de cultivo seleccionadas, se extrajo un monolito cúbico de 25 cm x 25 cm x 20 cm, como se muestra en la figura 5. Se recolectará los organismos de la macrofauna en tres estratos; hojarasca, 0-10 cm y de 10-20 cm (Moran & Alfaro, 2015). Luego se codifica la bolsa de acuerdo al área y se registra la fecha. Las muestras se conservarán con etanol al 70%. Posteriormente las muestras fueron llevadas al laboratorio para la identificación hasta orden y familia.

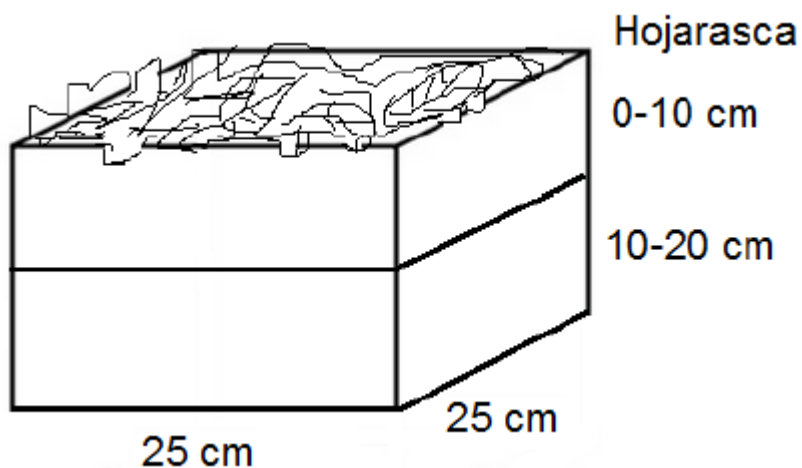


Figura 20. Identificación de la macrofauna

Fuente: Moran & Alfaro (2015)

Zerbino et al., (2008) recomiendan hacer un muestreo compuesto para determinar la diversidad de macrofauna edáfica. Este consiste en varias tomas de suelo, correspondiendo a diferentes profundidades del perfil de suelo.

Asimismo, para determinar la calidad del suelo, se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener, cuya ecuación es:

$$H = - \sum p_i * \text{Ln} p_i$$

Siendo:

H: Índice de Shannon

p_i : Abundancia relativa de la especie

Ln: Logaritmo natural

Por otro lado, para la interpretación del índice de Shannon, se utilizó los valores de Magurran, citado por Dousdebes (2016).

Tabla 4. *Interpretación del índice de Shannon*

Valor de H	Interpretación
0.1-1.5	Diversidad baja
1.6-3.0	Diversidad media
3.1-4.5	Diversidad alta

Fuente: Magurran, citado por Dousdebes (2016)

3.9.3 Etapa de gabinete

En la etapa de gabinete, se realizó el análisis de datos. Los procedimientos estadísticos que se utilizó para el procesamiento de datos son: Medidas de resumen (frecuencias absolutas y relativas), gráficos de barras, gráficos de sectores. Para la inferencia estadística se utilizará la correlación de Spearman al 95% de confianza y los criterios de Mattar, para analizar la causalidad.

Asimismo, para el procesamiento de los datos se utilizó el software SPSS 24, la aplicación Excel y el ArcGis para la ubicación de la zona de estudio.

Capítulo 4

Resultados y discusión

4.1 Resultados

4.1.1 Concentración de metales pesados y agroquímicos en el suelo

a. Concentración de metales pesados

En la tabla 5 se muestra la concentración de metales pesados del suelo de seis parcelas destinadas al cultivo de arroz. Las muestras de suelo de las parcelas con cultivo de arroz (P1, P2 y P3), presentaron mayor concentración promedio de cromo y plomo que las muestras de sin cultivo de arroz (P4, P5 y P6). Por otro lado, la concentración promedio de cadmio fue menor en las parcelas con cultivo de arroz. Asimismo, las concentraciones de arsénico y mercurio fueron respectivamente menores a 3 mg/kg y 1 mg/kg para las dos clases de parcelas. Además, en ambos sistemas (con cultivo de arroz y sin cultivo de arroz), se sobrepasa el estándar de calidad ambiental nacional para suelos en los parámetros cadmio y cromo.

Tabla 5. *Concentración de metales pesados en mg/kg*

Metal pesado	Cultivo								ECA
	Con cultivo de arroz				Sin cultivo de arroz				
	P1	P2	P3	\bar{x}	P4	P5	P6	\bar{x}	
Arsénico	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00	50
Cadmio	3.68	3.8	3.33	3.60	4.03	4.06	4.07	4.05	1.4
Cromo	9.48	7.97	8.81	8.75	7.96	8.34	8.04	8.11	0.4
Mercurio	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	6.6
Plomo	11.91	10.58	10.75	11.08	8.95	11.47	11.45	10.62	70

Fuente: Elaboración propia

b. Concentración de organoclorados en el suelo

En la tabla 6 se muestra la concentración de organoclorados del suelo de seis parcelas destinadas al cultivo de arroz. Las muestras de suelo de las parcelas con cultivo de arroz (P1, P2 y P3), presentaron mayor concentración promedio de organoclorados (4,4-DDT, aldrin, endrin y heptacloro), que las muestras de suelo sin cultivo de arroz (P4, P5 y P6). Además, en ambos sistemas (con cultivo de arroz y sin cultivo de arroz), no se sobrepasa la normativa de calidad de suelos N° 002-2013-MINAM de los organoclorados analizados. Se encontró presencia de DDT, a pesar de que actualmente el uso de este pesticida está prohibido. La presencia de DDT remanente, se debe al uso de este pesticida, previo a su prohibición en los cultivos de arroz.

Tabla 6. *Concentración de organoclorados en mg/kg*

Organoclorado	Cultivo								ECA ¹
	Con cultivo de arroz				Sin cultivo de arroz				
	P1	P2	P3	\bar{x}	P4	P5	P6	\bar{x}	
4,4-DDT	0.0026	<0.0010	<0.0010	<0.00140	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.70
Aldrin	0.0024	<0.0010	<0.0010	<0.00135	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	2.00
Endrin	0.0024	<0.0010	<0.0010	<0.00135	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.01
Heptacloro	0.0027	<0.0010	<0.0010	<0.00143	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.01

Nota: ¹ Estos ECA corresponden D.S. N° 002-2013-MINAM

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Diversidad de macrofauna en el suelo

En la tabla 7 se muestra la diversidad de macrofauna de seis parcelas destinadas al cultivo de arroz, a una profundidad de 0 a 10 cm. En las muestras de suelo de las parcelas con cultivo de arroz (P1, P2 y P3), se encontró menor diversidad de especies de macrofauna. En las parcelas P1 y P2, se encontraron restos de macrofauna (RM) de las especies *Marisa cornuarietis* y *Helix pomatia* (P1) y *M. cornuarietis* (P2); mientras que, en la parcela 3, no se encontró ninguna especie. Por otro lado, en las muestras de suelo de cultivo de arroz sin el uso de agroquímicos (P4, P5 y P6), se encontró mayor diversidad de especies de macrofauna. Esta diversidad es un indicador del mayor grado de salubridad del suelo sin el uso de

agroquímicos, comparado a uno con cultivo de arroz, en el cual existe menor diversidad de especies.

Tabla 7. *Diversidad de macrofauna a una profundidad de 0 a 10 cm*

Macrofauna	Parcelas					
	Con cultivo de arroz			Sin cultivo de arroz		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Clase				Diplópodos Insecta Diplopoda Arachnida Insecta	Insecta Insecta Arachnida Insecta	Insecta
Orden				Julida Coleoptera Glomerida Araneae Coleoptera	Hemiptera Hymenoptera Araneae Lepidoptera	Hymenoptera
Familia	RM	RM	AM	Julidae Tenebrionidae Glomeridae, Pisauridae Dermestidae	Cicadidae Formicidae Sicariidae Noctuidae	Formicidae
Genero				Ommatoiulus Tenebrio Glomeris Dolomedes Dermestoides	Pomponia Dorylus Loxosceles Spodoptera	Dorylus
Especie				Ommatoiulus rutilans Tenebrio molitor- larva Glomeris sp Dolomedes spp Dermestoides sp	Pomponia sp Dorylus SP Loxosceles sp Spodoptera exigua	Dorylus sp

Nota: RM: Restos de macrofauna; AM: Ausencia de macrofauna

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la tabla 8 se muestra la diversidad de macrofauna de seis parcelas destinadas al cultivo de arroz, a una profundidad de 10 a 20 cm. En las muestras de suelo de las parcelas con cultivo de arroz (P1, P2 y P3), se encontró menor diversidad de especies de macrofauna. En las parcelas P1 y P2, se encontraron respectivamente las especies *Eisenia fétida* y *Lumbricus rubellus*; mientras que, en la parcela 3, se encontró únicamente restos de la especie *Marisa cornuarietis*. Por otro lado, en las muestras de suelo sin cultivo de arroz (P4, P5 y P6),

se encontró mayor diversidad de especies de macrofauna. Esta diversidad es un indicador del mayor grado de salubridad del suelo sin el uso de agroquímicos, comparado a uno con cultivo de arroz, en el cual existe menor diversidad de especies.

Tabla 8. *Diversidad de macrofauna a una profundidad de 10 a 20 cm*

Macrofauna	Parcelas					
	Con cultivo de arroz			Sin cultivo de arroz		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
				Insecta Insecta		Clitellata
Clase	Clitellata	Clitellata		Insecta	Clitellata	Insecta
				Coleópteros Coleoptera		Haplotaxida
Orden	Haplotaxida	Haplotaxida		Hymenoptera	Haplotaxida	Hymenoptera
				Tenebrionidae Carabidae Formicidae	Lumbricidae	Lumbricidae
Familia	Lumbricidae	Lumbricidae	RM	Alphitobius Harpalus		Formicidae
				Dorylus	Eisenia	Lumbricus
Genero	Eisenia	Lumbricus				Dorylus
				Alphitobius diaperinus Harpalus sp		Lumbricus terrestres
Especie	Eisenia fétida	Lumbricus rubellus		Dorylus sp	Eisenia Foetida Andrei	Dorylus sp

Nota: RM: Restos de macrofauna

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Comparación de contaminantes y diversidad de especies en ambos sistemas

a. Comparación de metales pesados en ambos sistemas

En la tabla 9 se muestra la comparación de la concentración de metales pesados para los sistemas con cultivo de arroz y sin cultivo de arroz. Para ello se utilizó la prueba t para dos muestras independientes. Se encontró diferencia significativa solo en el cadmio. Con respecto al arsénico, cromo, mercurio y plomo, no existen diferencia significativa en ambos sistemas.

Tabla 9. *Comparación de metales pesados en ambos sistemas*

Parámetro	Con cultivo de arroz		Sin cultivo de arroz		p-valor
	Media	s	Media	s	
Arsénico	2.9	0.02	2.9	0.03	0.374
Cadmio	3.60	0.06	4.05	0	0.018
Cromo	8.75	0.57	8.11	0.04	0.115
Mercurio	0.87	0.03	0.87	0.03	0.445
Plomo	11.08	0.52	10.62	2.1	0.325

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, concerniente a la concentración de cadmio, los resultados de la prueba Tukey, se muestran en la tabla 10. Se observa mayor concentración de este metal pesado en el sistema sin uso de agroquímicos. De acuerdo con Charrupi & Martínez (2017) las fuentes de cadmio en el suelo pueden ser naturales o antrópicas. El contenido de cadmio fue mayor en el sistema sin cultivo de arroz, esto se explicaría porque las rocas de las que se formó este suelo, contenían este elemento en su composición.

Tabla 10. *Prueba Tukey para la concentración de cadmio*

Factor	N	Media	Agrupación
Con cultivo de arroz	3	3.60	A
Sin cultivo de arroz	3	4.05	B

Nota: Las medias con letras distintas, son significativamente diferentes

Fuente: Elaboración propia

b. Comparación de organoclorados en ambos sistemas

En la tabla 11 se muestra la comparación de la concentración de organoclorados para los sistemas con cultivo de arroz y sin cultivo de arroz. Para ello se utilizó la prueba t para dos muestras independientes. No se encontró diferencia significativa en la concentración de los pesticidas en ambos sistemas (p -valor > 0.05); aunque a nivel muestral, la concentración de organoclorados fue mayor en el sistema con cultivo de arroz. No se realizó la prueba Tukey debido a que no se encontró diferencia significativa al comparar los grupos.

Tabla 11. *Comparación de organoclorados en ambos sistemas*

Parámetro	Con cultivo de arroz		Sin cultivo de arroz		p-valor
	Media ($\times 10^3$)	s ($\times 10^5$)	Media ($\times 10^3$)	s ($\times 10^5$)	
4,4-DDT	1.4	101.0	0.9	5.8	0.194
Aldrin	1.4	89.6	0.9	5.8	0.195
Endrin	1.4	89.6	0.9	5.8	0.195
Heptacloro	1.5	106.9	0.9	5.8	0.182

Fuente: Elaboración propia

c. Comparación del número de especies en ambos sistemas

En la tabla 12 se muestra la comparación del número de especies para los sistemas con cultivo de arroz y sin cultivo de arroz. Para ello se utilizó la prueba t para dos muestras independientes. Se encontró diferencia significativa para el número de especies de macrofauna edáfica, en ambos sistemas.

Tabla 12. *Comparación del número de especies de macrofauna*

Parámetro	Con cultivo de arroz		Sin cultivo de arroz		p-valor
	Media	s	Media	s	
Número de especies	0.7	0.58	5.00	3.00	0.035

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para determinar en cuál de los sistemas existe mayor número de especies de macrofauna edáfica, se realizó la prueba de Tukey, cuyos resultados se muestran en la tabla 13. Se observa mayor número de especies en el sistema sin cultivo de arroz.

Tabla 13. Prueba Tukey para el número de especies de macrofauna

Factor	N	Media	Agrupación
Con cultivo de arroz	3	0.7	A
Sin cultivo de arroz	3	5.00	B

Nota: Las medias con letras distintas, son significativamente diferentes

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Impacto de la contaminación del suelo en la macrofauna edáfica

a. Índice de contaminación de Nemerow (ICN)

En la figura 21 se muestra el índice de contaminación de Nemerow (ICN) por plaguicidas, para los sistemas con cultivo de arroz y sin cultivo de arroz. Se observa un mayor valor de ICN para el sistema con cultivo de arroz, es decir presenta mayor grado de contaminación del suelo que el sistema sin cultivo de arroz.

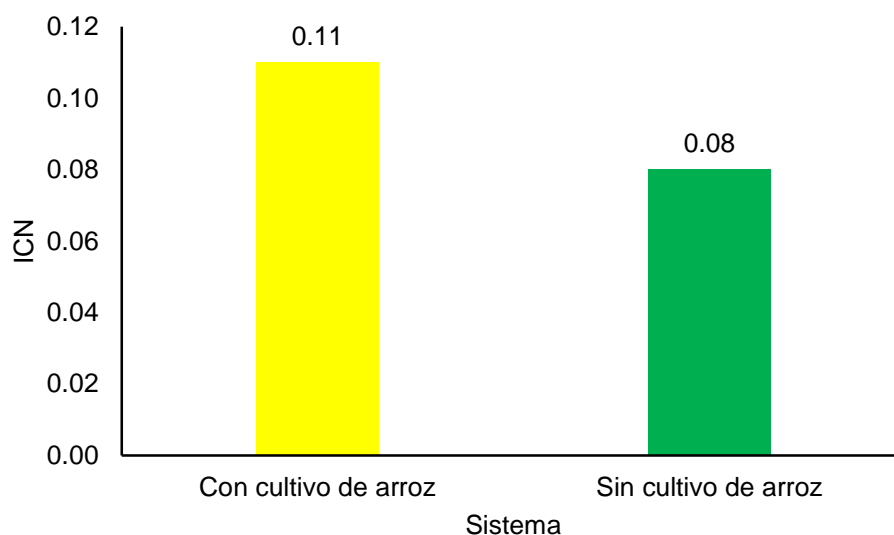


Figura 21. Índice de Nemerow para los dos sistemas por plaguicidas

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la figura 22 se muestra el índice de contaminación de Nemerow (ICN) por metales pesados para los sistemas con cultivo de arroz y sin cultivo de arroz. Se observa un valor de ICN mayor a 3, para ambos sistemas con cultivo de arroz, es decir el suelo en ambos sistemas se encuentra contaminado por metales pesados.

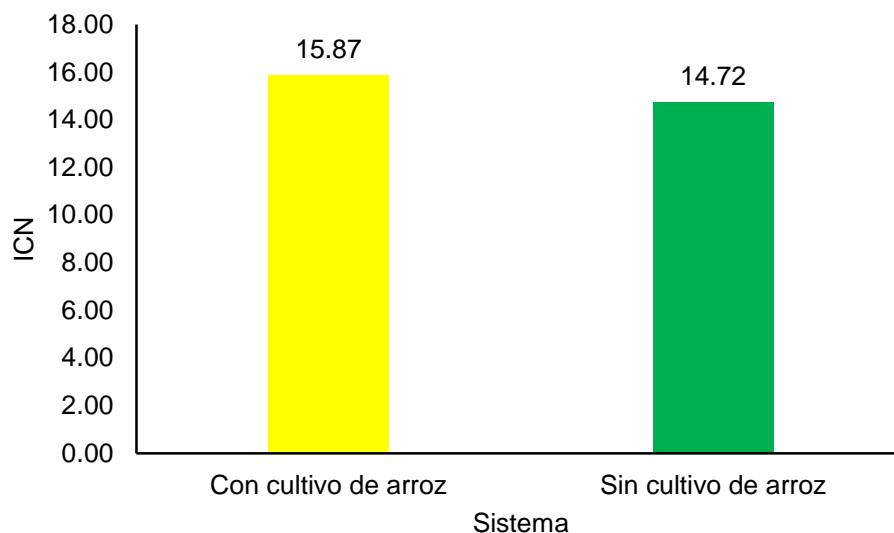


Figura 22. Índice de Nemerow para los dos sistemas por metales pesados

Fuente: Elaboración propia

b. Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H)

En la figura 23 se muestra el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) para los sistemas con cultivo de arroz y sin cultivo de arroz. Se observa un mayor valor de H para el sistema sin cultivo de arroz, es decir presenta mayor grado de diversidad de especies de macrofauna y, por tanto, mejores condiciones de salubridad del suelo. En las parcelas con sistema con cultivo de arroz se encontró una diversidad baja (H: 0.69), mientras que en las parcelas sin cultivo de arroz se encontró una diversidad media (H: 1.51); de acuerdo con los valores del índice de Shannon propuestos por Magurran, citado por Dousdebés (2016).

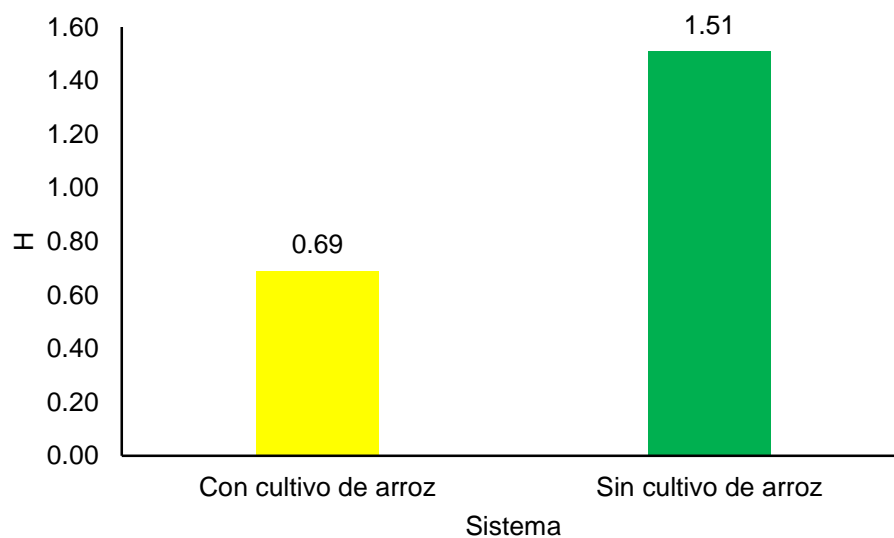


Figura 23. Índice de Shannon-Wiener para los dos sistemas

Fuente: Elaboración propia

c. Relación H e ICN

En la figura 24 se muestra la relación entre el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) y el índice de contaminación de Nemerow (ICN) por pesticidas para los sistemas con cultivo de arroz y sin cultivo de arroz. Se observa una relación inversa, es decir a mayor valor de ICN, le corresponde un menor valor de índice H.

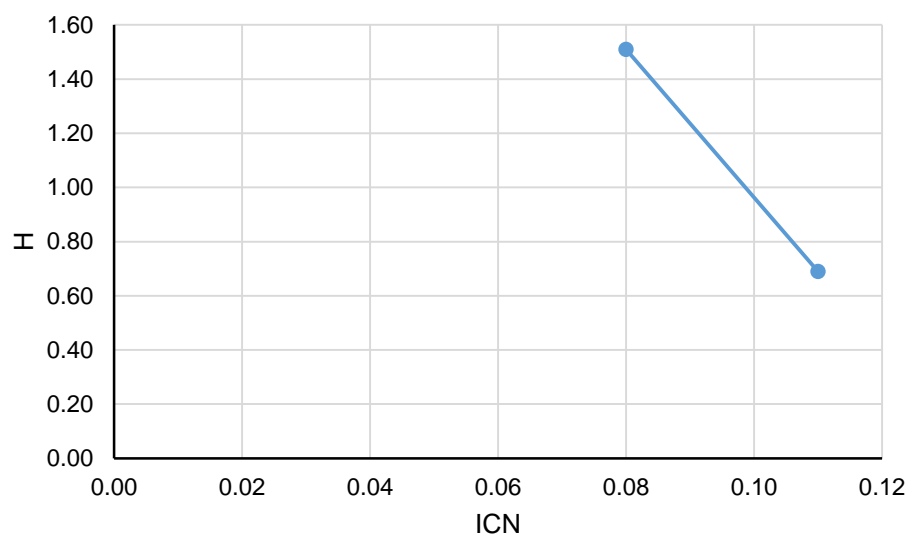


Figura 24. Relación de los índices H e ICN por pesticidas

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la figura 25 se muestra la relación entre el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) y el índice de contaminación de Nemerow (ICN) por metales pesados para los sistemas con cultivo de arroz y sin cultivo de arroz. Se observa una relación inversa, es decir a mayor valor de ICN, le corresponde un menor valor de índice H.

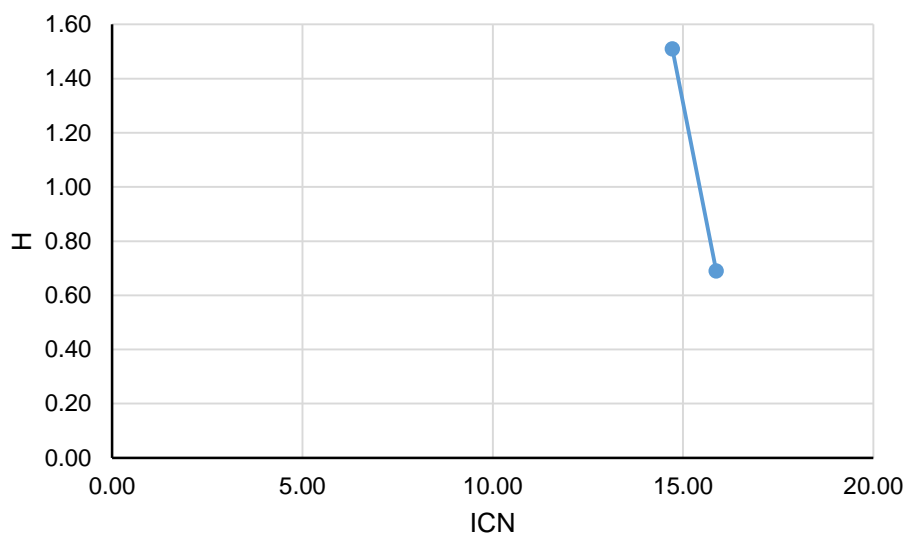


Figura 25. Relación de los índices H e ICN por metales pesados

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Macrofauna edáfica por puntos de muestreo

En la tabla 14 y 15, se muestra la macrofauna edáfica a una profundidad de 0 a 10 y de 10-20 cm. Se observa mayor presencia de macrofauna en los puntos 4, 5 y 6; es decir en el sistema sin cultivo de arroz. Asimismo, la macrofauna es mayor a una profundidad del suelo de 10 a 20 cm.

Tabla 14. Macrofauna edáfica a una profundidad de 0-10 cm

Parcela	Clase	Orden	Familia	Género	Especie	¹ Nombre común	Nº de individuos
Con cultivo de arroz							
1			RM			-	-
2			RM			-	-
3			AM			-	-
Sin cultivo de arroz							
4	Diplópodos	Julida	Julidae	Ommatoiulus	Ommatoiulus rutilans	Milpiés	1
	Insecta	Coleoptera	Tenebrionidae	Tenebrio	Tenebrio molitor- larva	Gusano de la harina	1
	Diplopoda	Glomerida	Glomeridae	Glomeris	Glomeris sp	Glomerida	7
	Arachnida	Araneae	Pisauridae	Dolomedes	Dolomedes spp	Araña Pescadora	4
	Insecta	Coleoptera	Dermestidae	Dermestoides	Dermestoides sp	Dermestoides	11
5	Insecta	Hemiptera	Cicadidae	Pomponia	Pomponia sp	Chicharra	2
	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	Dorylus	Dorylus SP	Hormigas de safari	27
	Arachnida	Araneae	Sicariidae	Loxosceles	Loxosceles sp	Araña de los rincones	3
	Insecta	Lepidoptera	Noctuidae	Spodoptera	Spodoptera exigua	Rosquilla	2
6	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	Dorylus	Dorylus sp	Hormigas de safari	41

Nota: ¹ Ver Anexo 7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Macrofauna edáfica a una profundidad de 10-20 cm

Parcela	Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Nombre comun	Nº de individuos
Con cultivo de arroz							
1	Clitellata	Haplotaxida	Lumbricidae	Eisenia	Eisenia foetida	Lombriz roja	3
2	Clitellata	Haplotaxida	Lumbricidae	Lumbricus	Lumbricus rubellus	Lombriz de tierra roja	3
3	RM					-	-
Sin cultivo de arroz							
4	Insecta	Coleópteros	Tenebrionidae	Alphitobius	Alphitobius diaperinus	Escarabajo del estiércol	4
	Insecta	Coleoptera	Carabidae	Harpalus	Harpalus sp	Barreno del tallo	2
	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	Dorylus	Dorylus sp	Hormigas de safari	14
5	Clitellata	Haplotaxida	Lumbricidae	Eisenia	Eisenia Foetida Andrei	Lombriz roja	7
6	Clitellata	Haplotaxida	Lumbricidae	Lumbricus	Lumbricus terrestres	Lombriz de tierra común	9
	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	Dorylus	Dorylus sp	Hormigas de safari	5

Nota: ¹ Ver Anexo 7

Fuente: Elaboración propia

4.2 Discusión

De lo analizado, las concentraciones de los metales pesados no presentan diferencia significativa en ambos sistemas de suelo con cultivo de arroz y sin cultivo de arroz, excepto la concentración de Cadmio que presenta una muy ligera diferencia. Asimismo, las concentraciones de Cadmio y el Cromo muestran valores por encima del ECA correspondiente. Podemos inferir que los valores elevados de estos elementos se deben a un origen natural propio de las características del suelo ya que están en similares concentraciones en suelos con cultivo de arroz y suelos sin cultivo de arroz.

El análisis estadístico de la presencia de macrofauna edáfica, en suelos con cultivo de arroz y sin cultivo de arroz, muestran una diferencia significativa siendo mayor en suelos sin cultivo de arroz.

En los índices de contaminación de Nemerow (ICN), tanto para plaguicidas y metales pesados existe una tendencia al alza en el suelo con cultivo de arroz en contraste al suelo sin cultivo de arroz. En las muestras de suelo con cultivo de arroz se encontró un ligero incremento en el ICN de plaguicidas y metales pesados, (ICN: 0.11 y ICN:15.87) que en suelos sin cultivo de arroz (ICN:0.08 y ICN: 14.72) respectivamente.

En el índice de diversidad de Shannon –Wiener (H) se observa una tendencia marcada en los valores de suelo con cultivo y sin cultivo de arroz, lo cual concuerda con la prueba estadística de macrofauna encontrada. En las muestras de suelo sin cultivo de arroz se encontró mayor índice de diversidad de macrofauna (H: 1.51). Esta diversidad es un indicador del mayor grado de calidad del suelo, comparado a los suelos con cultivo de arroz (H: 0.69), en los cuales existe menor diversidad de macrofauna.

Y

Capítulo 5

Conclusiones

5.1 Conclusiones

- Del estudio de investigación se acepta la hipótesis alterna, es decir, la presencia de macrofauna es bioindicador de la calidad de suelo de cultivo de arroz en el distrito de San Rafael, Bellavista. Porque según los resultados y análisis realizados se determinó que en el suelo sin cultivo de arroz hay mayor presencia de macrofauna edáfica que en el con cultivo de arroz.
- En líneas generales la concentración de metales pesados y organoclorados en ambos suelos no es significativa porque la gran mayoría de parámetros evaluados sobrepasan p-valor 0.05.
- Existe diferencias significativas en la cantidad de macrofauna encontrada en ambos suelos, siendo mayor en suelos sin cultivo de arroz que en suelos con cultivo de arroz
- En las muestras de suelo sin cultivo de arroz, se encontró mayor diversidad de especies de macrofauna (H: 1.51). Esta diversidad es un indicador del mayor grado de calidad del suelo, comparado a los suelos con cultivo de arroz (H: 0.69), en los cuales existe menor diversidad de especies.
- En el índice de contaminación de Nemerow tanto para metales pesados y organoclorados muestra una ligera tendencia a tener mayor valor en los suelos con cultivo de arroz en comparación a suelos sin cultivo de arroz.

Referencias

- Acevedo, M. A., Castrillo, W., A. & Belmonte, U. C. (2006). Trabajo especial origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Trop.*, 56(2), 151-170. Retrieved from http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2011). *La toxicidad del arsénico*. https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/en_donde_se_encuentra.html
- Baretta, D., Brown, G. & Nogueira, E. (2010). Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas com araucaria angustifolia. *Acta Zoológica Mexicana*, 2 (2), 135-150. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a10.pdf>
- Bedmar, F. (2011). Informe especial sobre plaguicidas agrícolas. Retrieved from <https://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Usotierra/CH%20Plaguicidas%20fin.PDF>
- Andrade, D. C. (2011). Agrotóxicos em leite humano de mães residentes em Lucas do Rio Verde – MT. Universidade Federal de Mato Grosso. Retrieved from
- Cabrera, G. (2014). Sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba. Retrieved from <https://www.rufford.org/files/Manual%20Pr%C3%A1ctico%20Sobre%20la%20Macrofauna%20del%20Suelo.pdf>
- Catanozi, G. (2010). *Análise espacial da macrofauna edáfica sob diferentes condições ambientais dos trópicos úmidos*. Universidade estadual de Campinas. Retrieved from http://btdt.ibict.br/vufind/Record/CAMP_0dd496ec521cb2575ddff40b71628ff0
- Charrupi, N. & Martínez, D. C. (2017). *Estudio ambiental del cadmio y su relación con suelos destinados al cultivo de cacao en los departamentos de Arauca y Nariño*. Tesis de grado, Universidad de la Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1717&context=ing_ambiental_sanitaria
- Dardis, J., & Walsh, E. J. (2000). Estudios on the effectiveness of metconazole in controlling fusarium head blight cause by fusarium culmorun in spring wheat (*Triticum aestivum* L). *Cereal Research Communications*, 28(1), 443-448. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03543627>
- Dousdebes, M. (2016). EsIA y PMA del Puerto de Aguas Profundas de Posorja. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/477155638/0000-Dosudebes-2016-Tabla-Shannon>

- Díaz, O. & Betancourt, C. R. (2018). Los pesticidas: clasificación, necesidad de un manejo integrado y alternativas para reducir su consumo indebido: una revisión. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(2), 14-30. Retrieved from <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
- Dirección Regional de Agricultura San Martín. (2016). Diagnóstico de la cadena de valor del cultivo de arroz y maíz. Retrieved from <http://siar.regionsanmartin.gob.pe/documentos/diagnostico-cadena-valor-cultivo-arroz-maiz>
- Dorronsoro, C. (1999). Constituyentes del suelo. Fase sólida. Retrieved from <http://www.edafologia.net/introeda/tema02/intr.htm>
- Escobar, A., Flores, D. F., Pereyra, J. A. & Vidal, K. E. (2017). Planeamiento Estratégico de la Provincia de Bellavista, Región San Martín. Tesis de grado (Pontificia Universidad Católica del Perú). Retrieved from http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9982/ESCOBAR_FLORES_PLANEAMIENTO_BELLAVISTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Estrella, J. R. & Yopez, K. E. (2017). *Determinación de la concentración de arsénico total en cultivos de arroz en la provincia de El Oro y su relación con las propiedades físicas y químicas del suelo, agua y planta*. Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12612/1/T-ESPE-053651.pdf>
- Fernández, M.C. & Giménez, R. A. (2005). Impacto de Imidacloprid en la Descomposición Orgánica Edáfica en Cultivo de Duraznero. *Agricultura Técnica (Chile)* 65(4), 370-377. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072005000400003>
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por plaguicidas. *Anales Sistema Sanitario de Navarra*, 26(1), 155-171. Retrieved from http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200009
- Fortes, M. & Aline, J. (2012). A Química dos Agrotóxicos. *Química nova na escola* 34(1)-10-15. Retrieved from http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_1/03-QS-02-11.pdf
- Giménez, R. A. & Kesten, E. (2003). *Efecto de plaguicidas sobre lombrices y descomposición de materia orgánica en un sistema silvopastoril*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/XII/0384-B5.htm>
- Guerrero, A. M. (2018). Manejo de plaguicidas en cultivos de *Zea mays* L. “maíz” (Poaceae), *Brassica cretica* Lam. “brócoli” (Brassicaceae), *Apium graveolens* L. “apio”, *Coriandrum*

- sativum L. “cilantro” (Apiaceae), *Allium fistulosum* L. “cebolla china” (Amaryllidaceae) en la campiña de Moche, Trujillo, Perú. *Arnaldoa* 25(1), 159-178. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25110>
- Guzmán, P., Guevara, R. D., Olgún, J. L. & Mancilla, O. R. (2016). Perspectiva campesina, intoxicaciones por plaguicidas y uso de agroquímicos. *Idesia*, 34 (3), 67-78. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016000300009>
- Henrique, M., Ribeiro, B., Guedes, A. & Alves, A. (2015). Macrofauna do solo. *Centro Científico Conhecer*, 11(22), 115-132. Retrieved from <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015E/Macrofauna.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación científica (5ta edición). México: Mc Graw Hill. Recuperado de [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia de la investigación 5ta Edición.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia_de_la_investigacion_5ta_Edicion.pdf)
- Herrero, Z. (2017). *Análise de metais pesados em solos de Pernambuco com diferentes atividades antrópicas*. Tesis de grado, Universidade federal de Pernambuco. <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/27599/1/TESE%20Zahily%20Herrero%20Fern%C3%A1ndez.pdf>
- Hussaim, S., Siddique, T., Saleem, M., Arshad, M. & Khalid, A. (2009). Impact of Pesticides on Soil Microbial Diversity, Enzymes, and Biochemical Reactions. *Advances in Agronomy*, 102(1), 1-42. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/223688980_Impact_of_Pesticides_on_Soil_Microbial_Diversity_Enzymes_and_Biochemical_Reactions
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2009). Mapa de peligros de la ciudad de Bellavista. Retrieved from http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/bellavista/bellavista.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Retrieved from <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2015). Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. Retrieved from https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_plaguicidas_agregados_al_suelo_2015.pdf

- INTAGRI. (2017). Descripción de los escarabajos. Retrieved from <https://pxhere.com/es/photo/1107331>
- Lavelle, P. (2003). Participatory assessment of macrofaunal functional groups for rehabilitation and improved productivity of pastures, cropland and horticulture. Retrieved from <http://www.fao.org/3/Y4810E/y4810e05.htm>
- Littlefield, J. G., Brooks, P. & Katouli, M. (2008). Application of biochemical fingerprinting and fatty acid methyl ester profiling to assess the effect of the pesticide Atradox on aquatic microbial communities. *Environ. Pollut.* 153(2), 393–400. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17905493>
- Llancari, W. I. (2014). Eliminación de la fauna insectil del suelo por la aplicación de pesticidas en el cultivo de papa comercial en la provincia de Angaraes-Huancavelica. Tesis de grado (Universidad Nacional de Huancavelica). Retrieved from <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/190>
- López, R. (2002). *Degradación del suelo: Causas, procesos, evaluación e investigación*. Tesis de grado (Universidad de los Andes). Retrieved from http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros_electronicos/Libros/degradacion/pfd/librocompleto.pdf
- Lupi, L., Bedmar, F., Wunderlin, D.A. & Miglioranza, K. S. V. (2019). Levels of organochlorine pesticides in soils, mesofauna and streamwater from an agricultural watershed in Argentina. *Environ Earth Sci* 78, 569. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8579-3>
- Medina, S. A. & Vélez, A. P. (2018). Evaluación de la calidad del suelo por el empleo de agroquímicos, en sistemas productivos de arroz y plátano de la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta). Tesis de grado (Universidad de Santo Tomás). Retrieved from <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13684/2018stefanymedina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Miglani, R. & Bisht, S. S. (2020). World of earthworms with pesticides and insecticides *Interdiscip Toxicol.* 12 (2), 71–82. Doi: 10.2478/intox-2019-0008
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). Arroz 2001-2017. Retrieved from http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/Informe-coyuntura-arroz-280818_0.pdf

- Ministerio del Ambiente. (2014). Guía para el muestreo de suelos. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELO.pdf>
- Montilla, A. J. & Alvarado, M. (2015). Implicaciones sociales y ambientales del uso del Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT). Análisis del caso en tierras venezolanas. *Ambiente y Desarrollo*, 19 (37), 101-114.
- Moran, J. E. & Alfaro, F. E. (2015). Diversidad de macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de Moringa oleifera Lam. (Marango) en la finca Santa Rosa, UNA. Tesis de grado (Universidad Nacional Agraria). Retrieved from <http://repositorio.una.edu.ni/3203/1/tnp34m829.pdf>
- Moreira, F. M. & Siqueira, J. O. (2006). *Microbiologia e bioquímica do solo*. Retrieved from http://www.esalq.usp.br/departamentos/lso/arquivos_aula/LSO_400%20Livro%20-%20Microbiologia%20e%20bioquimica%20do%20solo.pdf
- Natura. (2019). El porqué de las arañas gigantes. Retrieved from <http://www.naturahoy.com/naturaleza/el-porque-de-las-aranas-gigantes/>
- Oliveira, M. (2005). Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de araucaria no Parque Estadual de Campos de Jordão. Universidade de São Paulo. Retrieved from <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-21062005-144943/publico/AnalyMerlim.pdf>
- Rojas, I. R. (2011). Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Tiempo de Educar*, 12(24), 277-297. Retrieved from https://www.redalyc.org/pdf/311/Resumenes/Resumen_31121089006_1.pdf
- Ruiz, A. (2015). *Situación del uso de pesticidas en la producción agrícola en el distrito de Fernando Lores: centro poblado de Panguana primera zona, Tamshiyacu y Santa Ana primera zona-Loreto 2015*. Tesis de grado (Universidad Nacional de la Amazonía Peruana). Retrieved from <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3266/TESIS%20PARA%20LIBRO%20ANA%20RUIZ%20GARCIA-modificado.pdf?sequence=1>
- Santos, E. (2007). Indicadores geoambientais de qualidade das águas na bacia do córrego sujo, médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Teresópolis (RJ). Universidade Federal Fluminense. Retrieved from

- <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/7359/1/Tese%20Doutorado%20Elba%20dos%20Santos%20de%20oliveira.%20pdf.pdf>
- Silveira, G. R. (2014). *Impactos sobre a biota e a qualidade de latossolos cultivados com cana-de-açúcar, em Quirinópolis, Goiás*. Universidade Federal de Goiás. Retrieved from https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/104/o/Georgia_R._S._de_Sant'Ana_CIAMB_Tese_Completa_15set14_-_fina.pdf
- Souza, S. (2014). *Macrofauna edáfica em sistemas de uso do solo nas regiões leste e sul catarinense*. Universidade do Estado de Santa Catarina. Retrieved from https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1465/Disserta__o_15693533344343_1465.pdf
- Trindade, M. (2009). *O Agrotóxico como Tema Problematizador no Ensino de Química na Formação Técnico Agrícola*. Universidade federal rural do Rio de Janeiro. Retrieved from <http://cursos.ufrj.br/posgraduacao/ppgea/files/2015/07/Marcelito-Trindade-Almeida.pdf>
- Universidad Nacional de Colombia. (2014). *La unidad de estudio: El agroecosistema*. Retrieved from http://bdigital.unal.edu.co/46133/3/958809514X_Cap04-05.PDF
- Varona, M. E., Díaz, S. M., Briceño, L., Sánchez, C. I., Torres, C. H., Palma, R. M., Groot, H. & Idrovo, A. J. (2016). Determinantes sociales de la intoxicación por plaguicidas entre cultivadores de arroz en Colombia. *Rev. salud pública*, 18(4),617-629. Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v18n4.52617>
- Viales, G. (2014). *Intoxicación por Paraquat*. *Medicina Legal de Costa Rica*, 31(2), 1-7. Retrieved from <https://www.scielo.sa.cr/pdf/mlcr/v31n2/art09v31n2.pdf>
- Villacrés (2014). *El uso de plaguicidas químicos en el cultivo de papa (Solanum tuberosum), su relación con el medio ambiente y la salud*. Tesis de grado (Universidad Técnica de Ambato). Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7003/1/tesis-011%20Maestría%20en%20Agroecología%20y%20Ambiente%20-%20CD%20227.pdf>
- Zerbino, S., Altier, Morón, A. & Rodríguez, C. (2008). Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia* 12(1), 44-55. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/234117774_Evaluacion_de_la_macrofauna

[_del_suelo_en_sistemas_de_produccion_en_siembra_directa_y_con_pastoreo/link/568a562b08ae051f9afa433d/download](#)

Anexos

Anexo 1. Certificado de identificación de especies de macrofauna edáfica



Certificado de Identificación de Especies de Macrofauna Edáfica

Por medio del presente documento se da a conocer lo siguiente:

En el marco del desarrollo del informe de tesis titulado **“Macrofauna Edáfica como bioindicador de la calidad de suelo en el cultivo de arroz del distrito de San Rafael, Bellavista, San Martín”**, realizado por los investigadores: **Santiago Rene Santa Cruz Malón** y **Abner Burga Rodrigo**, Bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión, se a requerido la asistencia técnica de un especialista, para identificar las especies de Macrofauna Edáfica, ya sea en campo o laboratorio. Por este motivo se a contado con la colaboración del Biólogo, Microbiólogo y Parasitólogo **Oscar Rojas Sánchez**, especialista en identificación entomológica de la Universidad Nacional San Martín.

Morales 24 de agosto del 2020

Atentamente,




Blgo. Mblgo. Prstlgo. M.Sc. Oscar Rojas Sánchez
Universidad Nacional San Martín

Anexo 2. Informe de análisis de laboratorio

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-2750

I.- DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: SANTIAGO RENE SANTA CRUZ MALÓN / ABNER BURGA RODRIGO
2.-DIRECCIÓN	: DISTRITO SAN RAFAEL, BELLAVISTA
3.-PROYECTO	: MACROFAUNA EDÁFICA COMO BIODIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE SUELO EN EL CULTIVO DE ARROZ DEL DISTRITO DE SAN RAFAEL, BELLAVISTA, SAN MARTÍN.
4.-PROCEDENCIA	: PROVINCIA DE BELLAVISTA, DEPARTAMENTO SAN MARTÍN
5.-SOLICITANTE	: SANTIAGO RENE SANTA CRUZ MALÓN / ABNER BURGA RODRIGO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-20-0822
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2020-07-22

II.- DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: SUELOS
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 6
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2020-07-14
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2020-07-14 al 2020-07-22



Yaní Aurelia Morales Huamani

Ing. Químico

Jefe de Laboratorio

CIP: 135922

Prolongación Zarumilla Mz 2D lote 3 Bellavista - Callao

Telf. +51 453 1389 / 717 0636

www.alab.com.pe

Página 1 de 5

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-2750
III-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TITULO
Mercurio ¹	EPA Method 7471 B Rev.2 2007	Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique)
Metales Totales ²	EPA Method 3050B - Rev.2 / EPA Method 200.7 - Rev. 4.4	Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Pesticidas Organoclorados ³	EPA Method 8270 E, Rev. 6, Junio 2018	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS)

¹EPA : U. S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-2750

IV. RESULTADOS

ITEM			1	2	3	4	5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-20-08924	M-20-08925	M-20-08926	M-20-08927	M-20-08928	M-20-08929
CÓDIGO DEL CLIENTE:			E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
COORDENADAS:			E: 9221380	E: 9220219	E: 9222583	E: 9222876	E: 9221503	E: 9223269
UTM WGS 84:			N: 332961	N: 333600	N: 332060	N: 331531	N: 332565	N: 331289
PRODUCTO:			SUELOS					
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA					
MUESTREO	FECHA:		2020-07-08	2020-07-08	2020-07-08	2020-07-08	2020-07-08	2020-07-08
	HORA:		14:00	15:34	16:36	17:06	17:46	18:10
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS					
Mercurio [☉]	mg/Kg MS	1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Metales Totales								
Aluminio	mg/Kg MS	7.00	22 641.62	15 580.01	21 191.40	14 490.06	20 047.18	19 234.50
Andronio	mg/Kg MS	3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00
Arsénico	mg/Kg MS	3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00
Bario	mg/Kg MS	0.30	203.87	147.16	184.63	152.59	189.38	168.53
Berilio	mg/Kg MS	0.10	<0.10	<0.10	0.15	<0.10	0.15	<0.10
Bismuto	mg/Kg MS	2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Boro	mg/Kg MS	0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80	<0.80
Cadmio	mg/Kg MS	0.30	3.68	3.80	3.33	4.03	4.06	4.07
Calcio	mg/Kg MS	3.00	19 724.70	17 052.68	7 415.64	10 117.11	23 689.20	24 005.99
Ceño	mg/Kg MS	7.00	35.36	29.17	33.75	27.29	31.49	33.64
Cobalto	mg/Kg MS	0.70	9.44	8.03	8.81	7.27	8.67	8.70
Cobre	mg/Kg MS	1.00	34.49	16.10	13.51	9.63	19.60	23.15
Cromo	mg/Kg MS	1.00	9.48	7.97	8.81	7.96	8.34	8.04
Estaño	mg/Kg MS	2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Estroncio	mg/Kg MS	0.10	85.98	60.68	48.27	58.56	80.92	347.21
Fósforo	mg/Kg MS	20.00	1 266.18	1 182.89	1 279.20	1 151.67	1 417.11	1 293.50
Hierro	mg/Kg MS	10.00	32 999.72	28 590.06	30 904.20	25 580.65	31 053.83	31 912.81

L.C.M.: Límite de cuantificación del método. [☉] Menor que el L.C.M.

[☉] Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-2750

IV. RESULTADOS

ITEM			1	2	3	4	5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-20-08924	M-20-08925	M-20-08926	M-20-08927	M-20-08928	M-20-08929
CÓDIGO DEL CLIENTE:			E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
COORDENADAS:			E: 9221360	E: 9220219	E: 9222583	E: 9222876	E: 9221603	E: 9223269
UTM WGS 84:			N: 332961	N: 333600	N: 332000	N: 331531	N: 332566	N: 331289
PRODUCTO:			SUELOS					
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA					
MUESTREO	FECHA:		2020-07-08	2020-07-08	2020-07-08	2020-07-08	2020-07-08	2020-07-08
	HORA:		14:00	15:34	16:36	17:06	17:46	18:10
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS					
Litio	mg/Kg MS	0.30	12.79	11.75	11.95	7.56	13.04	11.35
Magnesio	mg/Kg MS	7.00	9 091.39	7 438.63	6 594.05	5 637.17	8 290.55	6 136.03
Manganeso	mg/Kg MS	0.30	734.43	525.37	451.77	564.11	737.70	736.22
Molibdeno	mg/Kg MS	1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Níquel	mg/Kg MS	2.00	4.37	<2.00	3.50	<2.00	3.94	<2.00
Plata	mg/Kg MS	0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70	<0.70
Plomo	mg/Kg MS	3.00	11.91	10.58	10.75	8.95	11.47	11.45
Potasio	mg/Kg MS	99.00	3 010.45	1 738.24	3 633.47	3 144.04	3 754.81	2 439.12
Selenio	mg/Kg MS	7.00	<7.00	<7.00	<7.00	<7.00	<7.00	<7.00
Silice	mg/Kg MS	0.70	593.38	569.95	573.86	533.22	578.69	575.03
Sódico	mg/Kg MS	0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40
Sodio	mg/Kg MS	10.00	403.46	439.43	295.82	264.74	465.99	345.01
Talio	mg/Kg MS	0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Titanio	mg/Kg MS	7.00	426.74	529.07	348.28	376.68	313.13	490.71
Uranio	mg/Kg MS	3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00	<3.00
Varadio	mg/Kg MS	1.00	38.16	27.53	34.03	25.06	32.56	32.19
Zinc	mg/Kg MS	0.70	74.53	51.69	65.12	84.04	69.32	65.26
Pesticidas Organoclorados								
4,4'-DDT	mg/Kg MS	0.0010	0.0026	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010

L.C.M.: Límite de cuantificación del método. *<=< Menor que el L.C.M.

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-2750

IV. RESULTADOS

ITEM			1	2	3	4	5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-20-08924	M-20-08925	M-20-08926	M-20-08927	M-20-08928	M-20-08929
CÓDIGO DEL CLIENTE:			E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
COORDENADAS:			E: 9221380	E: 9220219	E: 9222583	E: 9222876	E: 9221903	E: 9223289
UTM WGS 84:			N: 332961	N: 333600	N: 332060	N: 331531	N: 332565	N: 331289
PRODUCTO:			SUELOS					
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			NO APLICA					
MUESTREO	FECHA:		2020-07-08	2020-07-08	2020-07-08	2020-07-08	2020-07-08	2020-07-08
	HORA:		14:00	15:34	16:35	17:05	17:45	18:10
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M.	RESULTADOS					
Aldrin	mg/Kg MS	0.0010	0.0024	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Endrin	mg/Kg MS	0.0010	0.0024	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Heptacloro	mg/Kg MS	0.0010	0.0027	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *c* = Menor que el L.C.M.

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 3. Panel fotográfico del muestreo de metales pesados y organoclorados



Anexo 3.1 Registro de las coordenadas de las parcelas a muestrear



Anexo 3.2 Obtención de muestra de suelo para determinar pesticidas



Anexo 3.3 Llenado de la cadena de custodia para cada muestra

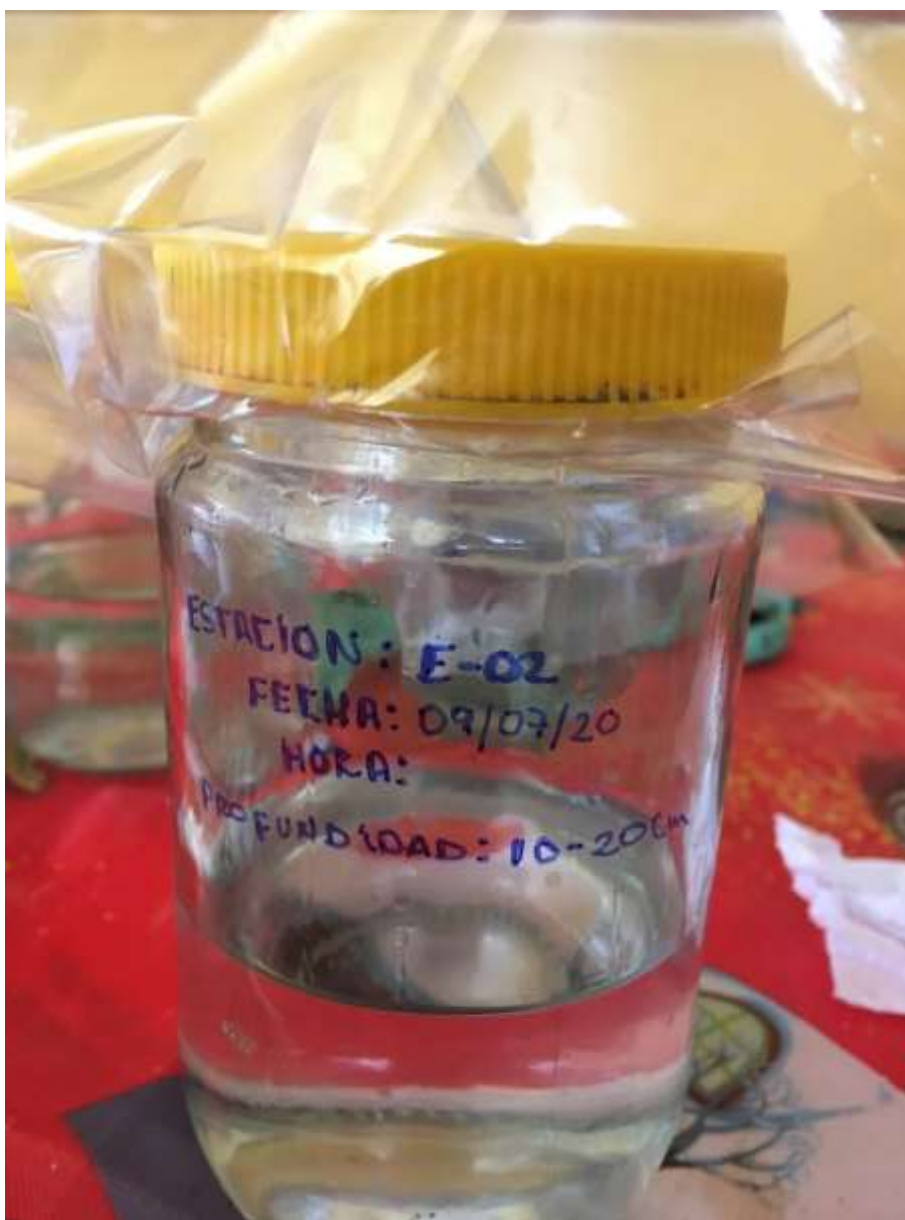


Anexo 3.4 Obtención de muestra de suelo para determinar metales pesados



Anexo 3.5 Cierre hermético de la bolsa Ziploc

Anexo 4. Panel fotográfico del muestreo de macrofauna edáfica



Anexo 4.1 Recipiente con alcohol de 70° para la recolección de macrofauna



Anexo 4.2 Recolección de especímenes de macrofauna



Anexo 4.3 Identificación de la especie *E. foetida*



Anexo 4.4 Identificación restos de la especie *Marisa cornuarietis*

Anexo 5. Índice se Shannon-Wiener para el sistema con cultivo de arroz

Especie	ni	pi	Lnpi	pi*Lnpi
<i>Eisenia fétida</i>	3	0.5	-0.69	-0.35
<i>Lumbricus rubellus</i>	3	0.5	-0.69	-0.35
Total	6			-0.69
H				0.69





Nota: ni: Abundancia absoluta de la especie; pi: Abundancia relativa de la especie; Ln: Logaritmo natural; H: Índice de Shannon-Wiener





Anexo 6. Índice se Shannon-Wiener para el sistema sin cultivo de arroz


Especie	ni	pi	lnpi	pi*Lnpi
<i>Ommatoiulus rutilans</i>	1	0.007143	-4.94164	-0.0353
<i>Tenebrio molitor- larva</i>	1	0.007143	-4.94164	-0.0353
<i>Glomeris sp</i>	7	0.05	-2.99573	-0.14979
<i>Dolomedes spp</i>	4	0.028571	-3.55535	-0.10158
<i>Dermestoides sp</i>	11	0.078571	-2.54375	-0.19987
<i>Alphitobius diaperinus</i>	4	0.028571	-3.55535	-0.10158
<i>Harpalus sp</i>	2	0.014286	-4.2485	-0.06069
<i>Dorylus sp</i>	87	0.621429	-0.47573	-0.29563
<i>Pomponia sp</i>	2	0.014286	-4.2485	-0.06069
<i>Loxosceles sp</i>	3	0.021429	-3.84303	-0.08235
<i>Spodoptera exigua</i>	2	0.014286	-4.2485	-0.06069
<i>Eisenia Foetida Andrei</i>	7	0.05	-2.99573	-0.14979
<i>Lumbricus terrestres</i>	9	0.064286	-2.74442	-0.17643
Total	140			-1.50969
H				1.51


Nota: ni: Abundancia absoluta de la especie; pi: Abundancia relativa de la especie; Ln: Logaritmo natural; H: Índice de Shannon-Wiener

Anexo 7. Ilustración de las especies de la macrofauna encontradas en el estudio

Nº	Nombre científico	Nombre común	Ilustración
1	<i>Eisenia foetida</i>	Lombriz roja	
2	<i>Lumbricus rubellus</i>	Lombriz de tierra roja	
3	<i>Ommatoiulus rutilans</i>	Milpiés	
4	<i>Tenebrio molitor-larva</i>	Gusano de la harina	

5	<i>Glomeris sp</i>	Glomerida	
6	<i>Dolomedes spp</i>	Araña Pescadora	
7	<i>Dermestoides sp</i>	Dermestoides	
8	<i>Alphitobius diaperinus</i>	Escarabajo del estiércol	

9	<i>Harpalus sp</i>	Barreno del tallo	
10	<i>Dorylus sp</i>	Hormigas de safari	
11	<i>Pomponia sp</i>	Chicharra	
12	<i>Loxosceles sp</i>	Araña de los rincones	

13	<i>Spodoptera exigua</i>	Rosquilla	
14	<i>Lumbricus terrestres</i>	Lombriz de tierra común	