

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Efecto de las quemadas agrícolas en la cantidad de los
macroinvertebrados del suelo en el distrito de Aco,
Concepción 2021**

Leslie Damaris Rayda Cotrina Tantavilca

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiarme a lo largo de todo este camino, a mi familia por ser apoyo y fortaleza en los momentos de dificultad. Gracias a mis padres por ser los principales impulsores de mis anhelos, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado a lo largo de la vida y a mis docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental por haberme compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación y por darme la oportunidad de aportar académicamente con esta investigación.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me permitieron cumplir mis anhelos, por inspirarme y darme fuerza para continuar en este proceso.

ÍNDICE

Agradecimientos	ii
Dedicatoria.....	iii
Índice.....	iv
Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas	ix
Resumen	x
Abstract.....	xi
Introducción.....	xii
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	14
1.1. Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1. Planteamiento del problema	14
1.1.2. Formulación del problema.....	17
1.2. Objetivos.....	17
1.2.1. Objetivo general.....	17
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. Justificación e importancia	18
1.4. Hipótesis y operacionalización de variables.....	19
1.4.1. Hipótesis general	19
1.4.2. Operacionalización de las variables.....	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes del problema	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales	26
2.1.3. Antecedentes regionales.....	27
2.2. Bases teóricas	29
2.2.1. Calidad de suelo	29
2.2.2. Agricultura.....	30

2.2.3. Contaminación de suelo.....	30
2.2.4. Efectos de la agricultura en los suelos.....	31
2.2.5. Quemas agrícolas.....	32
2.2.6. Efectos del fuego en el suelo.....	33
2.2.7. Macrofauna.....	33
2.2.8. Importancia de la macrofauna estudiada.....	34
2.2.9. Técnicas de muestreo.....	34
2.3. Definición de términos básicos.....	35
2.3.1. Combustible.....	35
2.3.2. Desastre ambiental.....	35
2.3.3. Macroinvertebrados del suelo.....	35
2.3.4. Elementos de riesgo o expuestos.....	36
2.3.5. Fuego.....	36
2.3.6. Quemas agrícolas.....	36
2.3.7. Peligro.....	37
2.3.8. Restauración ecológica.....	37
CAPÍTULO III.....	38
METODOLOGÍA.....	38
3.1. Método y alcance de la investigación.....	38
3.1.1. Método.....	38
3.1.2. Tipo de la investigación.....	39
3.1.3. Nivel.....	40
3.2. Diseño de la investigación.....	40
3.2.1. Diseño experimental.....	40
3.3. Población y muestra.....	41
3.3.1. Población.....	41
3.3.2. Muestra.....	43
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	44
3.4.1. Materiales.....	44
3.4.2. Técnicas.....	44
3.4.3. Instrumentos.....	45

3.4.4. Técnicas de análisis y proceso de datos.....	45
3.4.5. Efecto de la quema agrícola en la cantidad de los macroinvertebrados del suelo en el distrito de Aco.....	45
CAPÍTULO IV.....	52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información	52
4.1.1. Resultados del muestreo sin quema agrícola	52
4.1.2. Resultados del muestreo aplicando la quema agrícola.....	53
4.1.3. Variaciones en la cantidad de la macrofauna	55
4.2. Prueba de hipótesis	58
4.2.1. Prueba de hipótesis general	58
4.2.2. Prueba de normalidad.....	59
4.2.3. Nivel de significancia	59
4.2.4. Hipótesis estadística	59
4.2.5. Comprobación de hipótesis por cada tipo de quema	60
CAPÍTULO V.....	65
DISCUSIONES.....	65
Conclusiones.....	68
Recomendaciones.....	69
Lista de referencias.....	70
Anexos	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Quemias agrícolas en terrenos de cultivo del distrito de Aco.....	16
Figura 2. Metodología del experimento	41
Figura 3. Delimitación del distrito de Aco.	42
Figura 4. Metodología propuesta para el muestreo.....	43
Figura 5. Selección de la parcela agrícola	46
Figura 6. Delimitación del área de quema.....	46
Figura 7. Acopio de residuos agrícolas	47
Figura 8. Toma de muestras testigo.....	48
Figura 9. Toma de muestras del área quemada.....	48
Figura 10. Toma de coordenadas con GPS	49
Figura 11. Esparcimiento de muestra.....	49
Figura 12. Identificación de especies	50
Figura 13. Unidades taxonómicas del protocolo.....	51
Figura 14. Gráfico de la cantidad de arácnidos en relación con las quemias agrícolas.	55
Figura 15. Gráfico de la cantidad de lombrices en relación con las quemias agrícolas.	56
Figura 16. Gráfico de la cantidad de grilliade en relación con las quemias agrícolas.	57
Figura 17. Gráfico de la cantidad de isópodos en relación con las quemias agrícolas.	58
Figura 18. Quema agrícola en un terreno de cultivo	76
Figura 19. Extensión de la quema agrícola en un terreno de cultivo.....	76
Figura 20. Quema agrícola en un terreno de cultivo agrícola.....	77
Figura 21. Entrevista a los pobladores de la zona respecto a las quemias agrícolas	77
Figura 22. Entrevista a los pobladores de la zona respecto a las quemias agrícolas	78
Figura 23. Elección del terreno agrícola para el experimento	78

Figura 24. Delimitación del área del experimento	79
Figura 25. Experimento de quema agrícola en el área delimitada	79
Figura 26. Toma de muestra antes de la quema agrícola	80
Figura 27. Toma de muestra después de la quema agrícola	80
Figura 28. Separar las muestras extraídas del suelo	81
Figura 29. Toma de coordenadas geográficas de los puntos muestreados	81
Figura 30. Esparcimiento de las muestras recolectadas	82
Figura 31. Selección y conteo de la macrofauna encontrada.....	82
Figura 32. Registro de datos de campo, con coordenadas WGS 84.....	83
Figura 33. Registro de datos de campo, con coordenadas WGS 84.....	83
Figura 34. Registro de datos de campo, con coordenadas WGS 84.....	83
Figura 35. Registro de datos de campo, con coordenadas WGS 84.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	20
Tabla 2. Cantidad de macroinvertebrados antes de la quema	52
Tabla 3. Cantidad de macroinvertebrados de quema agrícola (alta).....	53
Tabla 4. Cantidad de macroinvertebrados de quema agrícola (media).....	53
Tabla 5. Cantidad de macroinvertebrados de quema agrícola (baja).....	54
Tabla 6. Prueba de normalidad	59
Tabla 7. Prueba de Kruskal Wallis	59
Tabla 8. Prueba de normalidad	60
Tabla 9. Prueba de muestras emparejadas.....	61
Tabla 10. Pruebas de normalidad	62
Tabla 11. Prueba de muestras emparejadas.....	62
Tabla 12. Pruebas de normalidad	63
Tabla 13. Prueba de muestras emparejadas.....	64
Tabla 14. Operacionalización de las variables	74

RESUMEN

Las quemas agrícolas son prácticas que se realizan con frecuencia en el valle del Mantaro, el cual es normalmente realizado por los mismos pobladores de la localidad de Aco, este tipo de práctica es muy habitual en la zona y cuyos efectos no han sido del todo estudiados. Es por lo que el presente trabajo de investigación se centra en analizar el componente ambiental que se encuentra en contacto directo con las quemas agrícolas que es el suelo, con el objetivo de determinar el efecto que tiene en la cantidad de macroinvertebrados que habitan en él, debido a que estos son considerados esenciales para la transformación de las propiedades del suelo, para identificar la variación en la cantidad de los macroinvertebrados se utilizó la siguiente metodología: ubicación de la parcela agrícola, delimitación de área donde se lleva a cabo la quema agrícola, dividir el área de quema según la intensidad del fuego, muestreo de los 25 puntos elegidos y recolección bajo el Protocolo de Muestreo para la Macrofauna del Suelo Tropical *Soil Biology and Fertility Programme* (TSBF), identificación de las especies más resaltantes para el área de estudio, cuantificación de las cuatro especies seleccionadas, comparar la cantidad de especies extraídas del muestreo antes de la quema y también de las extraídas después de la quema. Se analizaron los datos recabados de los muestreos y se sacó un promedio de la cantidad de especies identificadas, se obtuvo de las muestras testigo (antes de la quema agrícola) una cantidad promedio de 1.6 arácnidos, 1 de lombrices, 1.8 grilliade y 2 isópodos, comparando este resultado con los obtenidos después del experimento a un nivel alto (propuesto por el estudio) obteniendo una cantidad promedio de 0.8 arácnidos, 0.4 de lombrices, 0.8 grilliade y 1.2 isópodos de las muestras recolectadas. Por lo cual, se concluye que la investigación evidenció que las quemas agrícolas tienen efectos significativos en la cantidad de los macroinvertebrados estudiados.

Palabras claves: cuantificación, macrofauna, protocolo de muestreo para la macrofauna del suelo (TSBF), quema agrícola

ABSTRACT

Agricultural burning is a practice that is carried out very frequently in the Mantaro valley, normally carried out by the same residents of the town of Aco, this type of practice is very common in the area and whose effects have not been fully studied. That is why this research work focuses on analyzing the environmental component that is in direct contact with agricultural burning, which is the soil, with the aim of determining the effect it has on the number of macroinvertebrates that inhabit it. Because these are considered essential for the transformation of soil properties, to identify the variation in the amount of macroinvertebrates, the following methodology was used: location of the agricultural plot, delimitation of the area where agricultural burning is carried out, dividing the burning area according to the intensity of the fire, sampling of the 25 chosen points and collection under the Sampling Protocol for the Tropical Soil Biology and Fertility Program (TSBF), identification of the most outstanding species for the study area , quantification of the four selected species, compare the amount of species extracted from the sampling before the burning and also those extracted after burning. The data collected from the samplings was analyzed and an average of the number of species identified was obtained, an average number of 1.6 arachnids, 1 earthworm, 1.8 grilliade and 2 isopods was obtained from the control samples (before the agricultural burning). comparing this result with those obtained after the experiment at a high level (proposed by the study) in which an average amount of 0.8 arachnids, 0.4 earthworms, 0.8 grilliade and 1.2 isopods was obtained from the collected samples. Therefore, we can conclude that the research showed that agricultural burning has significant effects on the number of macroinvertebrates studied.

Keywords: agricultural burning, macrofauna, quantification, soil macrofauna sampling protocol (TSBF)

INTRODUCCIÓN

Las quemas agrícolas son una práctica latente en el valle del Mantaro, ya que representan una de las causas principales que provocan incendios forestales, los que a su vez afectan a los ecosistemas y, como consecuencia, afectan negativamente las dimensiones sociales, económicas y ambientales, puesto que constituyen uno de los principales agentes de perturbación en la cual se ven afectados millones de hectáreas cada año, teniendo como principales causantes las actividades humanas y el calentamiento global debido a que incrementan la frecuencia, intensidad y tamaño de estos incendios.

En Perú, se estima que la ocurrencia de la mayoría de los incendios es de origen antrópico, ya que sus causas principales están relacionadas con eliminación de pastos y habilitación de chacras de cultivo, estos incendios han ido afectando 5 540, 80 hectáreas en los últimos cinco años según el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. En caso de los ecosistemas andinos, donde las condiciones climáticas, especialmente los climas secos favorecen la propagación del fuego y los incendios alcanzan dimensiones catastróficas.

En vista de que las principales actividades que provocan incendios forestales son las quemas agrícolas y la quema provocada en áreas boscosas para ampliar terrenos agrícolas, ambas actividades realizadas por los pobladores de la zona, en este caso se practican regularmente en el distrito de Aco, provincia de Concepción.

Teniendo consecuencias directas sobre la flora, fauna, agua y el suelo dando más relevancia a este último componente suelo, debido a que se observa un cambio de hábitats para muchos invertebrados al quemarse la capa orgánica (humus).

Con la presente investigación se busca evaluar los efectos directos que tienen las quemas agrícolas en la macrofauna del suelo en el distrito de Aco que es conocido principalmente por sus principales actividades como la ganadería y la

agricultura, para evaluar tal efecto en la macrofauna del suelo, se utilizó un protocolo de cuantificación exclusivo para identificar a la macrofauna del suelo.

En el primer capítulo se abarca de forma detallada el planteamiento de la investigación, la formulación del problema, los objetivos y la justificación que se tomaron en cuenta para realizar la identificación y cuantificación de la macrofauna.

En el segundo capítulo se presentan los antecedentes del estudio, además de los principales conceptos para la investigación y la definición de términos básicos relacionados a las quemas agrícolas desarrolladas en el distrito de Aco.

El tercer capítulo muestra la metodología empleada, las variables, indicadores e instrumentos que se consideraron para realizar la identificación y cuantificación de la macrofauna antes de las quemas agrícolas y después de estas.

El cuarto capítulo expone los resultados de la identificación y cuantificación de la macrofauna, datos estadísticos de las cantidades de la macrofauna muestreada bajo la metodología propuesta por el estudio (alto, medio, bajo), evidenciando de esta manera los efectos de las quemas agrícolas en la cantidad de macrofauna del suelo. Finalmente, se detallan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La agricultura, es una de las primeras actividades que permitió al hombre asentarse y pasar de ser un ser nómada, a formar grupos sedentarios. En la actualidad se estima que el 95 % de los alimentos se producen directa o indirectamente en los suelos (1); además, en el Perú, la agricultura es considerada como una actividad económica insignia y tradicional, por lo que es indispensable expresar un interés particular en el recurso suelo, debido a que representa la base de la agricultura, ya que en él crecen todas las plantas destinadas a la producción de los alimentos.

Dentro de la agricultura, se encuentra una práctica desarrollada que es muy utilizada debido a que permite el control de malezas, eliminación de residuos agrícolas después de la cosecha o en la ganadería para eliminar el forraje que no fue consumido a tiempo por los animales. Siendo esta uno de los focos principales que originan incendios forestales, al tener distintas maneras de ser originado, es una de las principales causas de la deforestación, además que, en el afán de iniciar nuevas siembras en las áreas deforestadas, se realizan quemas que, al no ser controladas o

manejadas adecuadamente, desembocan en incendios forestales. están relacionados con la habilitación de terrenos de cultivo, quema de pastos, malezas y rastrojos (2).

En agosto del año 2019, el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre identificó 21 incendios forestales, siendo lo más preocupante que todos estos casos fueron registrados en tan solo 1 día y, lamentablemente, la gran mayoría fueron identificados en la región Sierra, esto es realmente alarmante teniendo en cuenta que estas cifras van en aumento y al parecer no hay manera de detener o disminuir dicho incremento (2).

Esta situación también se puede evidenciar en la sierra del Perú, donde la composición vegetal, las condiciones climáticas y las prácticas ancestrales de las comunidades campesinas favorecen a la propagación de las quemadas agrícolas, puesto que en zonas donde los pastos son escasos y muy utilizados para el alimento de la ganadería, es muy frecuente que se realice la quema para renovarlos. Debido a esta situación se da importancia al manejo adecuado de los recursos naturales, en este caso el recurso suelo, porque tienen efectos en los ecosistemas.

Las pérdidas de cobertura forestal en las cabeceras de cuenca generan desaparición de fuentes de agua, se observa la desaparición de materia orgánica existente, cuando se quema la capa orgánica tanto el nitrógeno como el azufre se volatilizan, los demás elementos minerales del suelo se hacen solubles, por lo tanto, son arrastrados con el agua de escorrentía donde se produce la pérdida de fertilidad, provocando la erosión del suelo (2), generando modificaciones en la actividad biológica, cambio de hábitat para muchos invertebrados y esto, por desgracia, requiere cientos e incluso miles de años para que ese entorno vuelva a ser habitable.

Según Wolters y Ekschmitt los macroinvertebrados del suelo son importantes reguladores de varios procesos del ecosistema, ya que tienen efectos positivos en la conservación de la estructura del suelo, actúan sobre el microclima y la aireación; también actúan en el movimiento y retención de agua, en el intercambio gaseoso y en las propiedades químicas y nutricionales del suelo. Además, que pueden activar o inhibir la función de los microorganismos involucrados en la conservación y ciclado de nutrientes (3).

Según Guinchard y Robert, la alta sensibilidad de muchos macroinvertebrados edáficos a perturbaciones también los convierte en buenos indicadores del impacto humano sobre el ambiente, es por lo que el presente estudio está enfocado en las prácticas desarrolladas por la agricultura en el distrito de Aco, específicamente en las quemas agrícolas y su efecto en la cantidad de macroinvertebrados del suelo, ya que en la actualidad no existen muchos estudios al respecto (3).



Figura 1. Quemas agrícolas en terrenos de cultivo del distrito de Aco

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Qué efecto tienen las quemas de residuos agrícolas en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021?

1.1.2.2. Problemas específicos

¿Qué efecto tiene la quema alta en la cantidad de los macroinvertebrados, en el suelo de Aco, Concepción, 2021?

¿Qué efecto tiene la quema media en la cantidad de los macroinvertebrados, en el suelo de Aco, Concepción, 2021?

¿Qué efecto tiene la quema baja en la cantidad de los macroinvertebrados, en el suelo de Aco, Concepción, 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el efecto de las quemas de residuos agrícolas en la cantidad de los macroinvertebrados del suelo de Aco, Concepción, 2021.

1.2.2. Objetivos específicos

Determinar el efecto que tiene la quema alta de residuos agrícolas en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

Determinar el efecto que tiene la quema media de residuos agrícolas en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

Determinar el efecto que tiene la quema baja de residuos agrícolas en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

1.3. Justificación e importancia

Algunos estudios sobre los comportamientos de la comunidad campesina en el Perú ofrecen una descripción clara de varias actividades que realizan como parte de sus actividades económicas, entre ellas la agricultura; se ha podido observar que cada comunidad conserva técnicas ancestrales para mejorar la productividad, dentro de estas prácticas se quiere resaltar la actividad conocida como quema agrícola, la cual es una práctica habitualmente desarrollada en la comunidad de Aco, Concepción.

Dentro del desarrollo de la agricultura es imprescindible no resaltar el recurso natural del suelo que debe ser considerado uno de los recursos más importantes en nuestro medio, debido a su importancia en la agricultura. Cuando el equilibrio del suelo se rompe debido a actividades antropogénicas que pueden ser directas o indirectas, en este caso las quemas de residuos agrícolas, ocasionan alteraciones en su ecosistema, por lo cual, el suelo muchas veces no resiste este tipo de cambios, la evolución natural del suelo se detiene y adquiere un enfoque a una serie de procesos que lo conducen a la degradación de la calidad del suelo, se entiende por procesos de degradación del suelo a la pérdida de reacciones fisicoquímicas o biológicas del suelo.

Es por lo que el presente estudio está enfocado en los efectos de las quemas agrícolas, exactamente el efecto que se observa está en contacto directo con esta práctica que es el suelo, a fin de determinar los efectos que influyen en este.

Según Feijoo y Knapp la macrofauna del suelo es poco considerada al momento de establecer las diferentes prácticas agrícolas, sin tomar en cuenta que estas pueden ser afectadas por el impacto que ocasiona la labranza y el uso de insumos químicos, condición que se refleja en la reducción o eliminación de especies y en la disminución de la biomasa de estas poblaciones; dada la susceptibilidad a ser afectada por dichas prácticas, la macrofauna se ha establecido como un indicador de la calidad de los suelos. Es por ello la importancia de estudiar

si las quemas agrícolas tienen un efecto directo en la cantidad de los macroinvertebrados del suelo (3).

1.4. Hipótesis y operacionalización de variables

1.4.1. Hipótesis general

1.4.1.1. Hipótesis de investigación

H_a = la quema de residuos agrícolas tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

1.4.1.2. Hipótesis nula

H_o = la quema de residuos agrícolas no tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

1.4.1.3. Hipótesis alterna

H_i = la quema de residuos agrícolas tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

1.4.2. Operacionalización de las variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

Tipo de variable	Dimensiones	Indicador	Unidad de medida	Tipo de variable
Variable independiente	Quema agrícola	Alta	Categoría propuesta que delimita un área ubicada al centro, donde se observa una combustión con más intensidad que deja cenizas.	Cualitativa
		Media	Categoría propuesta que delimita un área ubicada entre el centro y la periferia, donde se observa una intensidad media que deja residuos carbonizados.	
		Baja	Categoría propuesta que delimita un área ubicada en la periferia, en la cual se observa que resiste muy poca variación de viento que deja mayor cantidad de residuos vegetales.	
Variable dependiente	Cantidad de macroinvertebrado	Arácnidos	Realizar la cuantificación de las especies más relevantes para el estudio identificadas en el área, utilizando una caracterización simple de la macrofauna para medir su papel en diferentes agroecosistemas y el impacto de las prácticas de manejo sobre las densidades de población y estructura de comunidades.	Cuantitativa
		Lombrices		
		Grillos		
		Isópodos		
			Cuantificación de las especies aplicando el método de <i>Tropical Soil and Fertility Program</i> (TSBF)	

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

En la investigación “*Determinación de parámetros químicos y poblaciones bacterianas del suelo relacionadas con el ciclo del carbono y nitrógeno, antes y después de la quema de residuos de cosecha de trigo*” (4), luego de todo el proceso de experimentación y análisis de los datos recabados, se concluye que el fuego aplicado provoca cambios detectables inmediatamente después de la quema (IDQR), solo en algunos elementos y nutrientes. Los cambios en los parámetros químicos de suelo, producto de la acción del fuego se reflejan en la acción enzimática de la ureasa y de la celulasa. Se determinó una correlación positiva entre la acción de ureasa y el pH del suelo y una correlación negativa de la acción de celulasa y pH, mostrando entonces la diferente sensibilidad a las altas temperaturas, sin embargo se hizo énfasis en que la quema de residuos no afectó la población de bacterias amonizantes, quienes se mantienen mayoritarias en el suelo en relación a las bacterias nitrificantes, estas disminuyen su población posterior a la quema, recuperándose luego de seis meses de la quema, reflejando un probable crecimiento más lento que el de los microorganismos amonizantes,

aunque por otro lado se menciona que la población bacteriana psicrófila disminuye inmediatamente posterior a la quema de residuos a un nivel de menos de 30 % del valor inicial a la cosecha, recuperándose después de 6 meses de la quema a niveles normales (4).

En la investigación “*Las quemas en la agricultura (caña de azúcar) su regulación desde el punto de vista agrario y ambiental*” se pudo demostrar que en su país la legislación de quemas desde el punto de vista agrario y ambiental es ineficiente desde cualquiera de estos puntos de vista y que es necesario realizar una legislación de quemas con la participación de los sectores agrarios, ambientales y comerciales con el fin de que la misma sea eficaz ante los diversos intereses. Además, que se debe determinar que la autorización de quemar esté a cargo de autoridades ambientales y agrarias, así como brindar un espacio con el fin de que los interesados manifiesten su opinión, para que sea tomada en cuenta en la concesión del permiso y crear un plan previo a la realización de la quema que comprenda una serie de pasos a tomar en cuenta como la ubicación del área a quemar, la topografía del terreno, condiciones climáticas, fecha y hora de la quema, así como un plan de emergencia. Todas estas como distintas soluciones legales al problema de las quemas, ya que es alarmante saber que, al presente año, sigue sin existir en el ordenamiento jurídico, un decreto, ley, norma o reglamento que regule esta actividad que, como se ha demostrado en numerosos estudios, es perjudicial en distintos aspectos para la sociedad (5).

En una hoja de datos presentada por la Comisión para Cooperación Ambiental en Canadá, titulada “*La quema de residuos agrícolas: fuente de dioxinas*” se brinda información de preciso interés para el presente trabajo de investigación, como por ejemplo, que se estima que la quema de biomasa, como madera, hojas, árboles y pastos (incluyendo los residuos agrícolas), produce 40 % del dióxido de carbono (CO₂), 32 % del monóxido de carbono (CO), 20 % de la materia particulada o partículas de materia suspendidas

(PM) y 50 % de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) emitidos al ambiente a escala mundial. Las quemas de residuos agrícolas son muy utilizadas a pesar de que no se trata de un manejo ambientalmente aceptable, ya que la quema de biomasa proveniente de prácticas agrícolas es considerada una fuente importante de dioxinas. Los factores que influyen en la emisión de dioxinas son las condiciones de la combustión, el contenido de cloro y la presencia de plaguicidas adsorbidos a la superficie de hojas y tallos en los residuos agrícolas. Se considera que las dioxinas, incluso en muy pequeñas cantidades, constituyen un problema para la salud y el medio ambiente, ya que son persistentes y permanecen en el medio ambiente durante largos periodos, antes de degradarse, son acumulables y se almacenan en el tejido graso de animales y humanos, y pueden viajar grandes distancias en la atmósfera, de modo que en algunos casos las dioxinas generadas en una zona terminan en una región muy distante. Todo esto es sumamente preocupante, ya que, si las dioxinas pueden afectar hasta al ser humano, las comunidades microbianas están presentes en el suelo, muy probablemente se vean aún más afectadas, ya que se encuentran en medio de todo este foco catastrófico (6).

En el artículo "*Efecto de la frecuencia de quema prescrita sobre la composición mineral de los pastizales en el nordeste argentino*", el autor centra sus pruebas sobre pastizales mediante tres tratamientos (sin quema, quema anual y quema bienal, que se puede entender como realizada cada dos años), luego de todo el análisis que realiza, llega a la conclusión de que la quema bienal provocó un incremento significativo de las concentraciones de P, Ca y Na en la biomasa aérea del pastizal de los Albardones del Nordeste Argentino, por otra parte, en los minerales K, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn la quema prescrita (llamada también quema controlada) no modificó su concentración en la biomasa aérea del pastizal. En este estudio es interesante observar cómo, si bien en anteriores estudios respecto a quemas controladas parecía no existir algún tipo de cambio, en este estudio se

observa que sí existen cambios en algunos elementos químicos presentes en el pastizal, los cuales tendrían relación con la comunidad microbiana presente en el suelo (7).

En un artículo "*Prescribed fire, soil and plants: burn effects and interactions in the central great basin*", se puede observar cómo la investigación realizada por los autores, luego de la quema realizada analizaron el suelo y las plantas que crecieron en dicho lugar, llegando a los resultados de la quema resultó en un incremento de NH_4^+ , NO_3^- , N inorgánico, Ca^{2+} , Mn^{2+} , y Zn^{2+} en la superficies del suelo y que los aumentos de NO_3^- , N inorgánicos, y Zn^{2+} fueron también observados en una parte más profunda del suelo. Sin embargo, la quema no afectó la biomasa de las plantas sobre la superficie o las concentraciones de nutrientes en el primer año, con excepción de una especie, pero se presume que es un caso aislado. Sin embargo, para el segundo año, todas las especies tenían respuestas estadísticamente significativas a la quema, la más común fue el aumento de peso aéreo de la planta y las concentraciones de N en el tejido. La respuesta de la planta a la quema parece estar relacionada al tratamiento de la quema y a las variables de la superficie en suelo de K^+ , NO_3^- , y N inorgánico. Y nuevamente en un estudio realizado en el extranjero es que se pueden observar cambios significativos a nivel del suelo y los organismos presentes, como en este caso las plantas (8).

En el artículo "*Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de la regulación económica*" se observa un punto que parece distar del tema en el cual se va a centrar la presente investigación; sin embargo, es parte importante, ya que uno de los objetivos de esta tesis es valorar y darle la importancia que se merece al recurso suelo, siendo que en el artículo mencionado, los autores brindan ciertas ideas que se pueden considerar importantes para esto, como que se debe considerar importante la adopción de instrumentos económicos como los impuestos

ambientales que dirijan las decisiones del sector agrícola hacia prácticas más sustentables y a una aplicación más eficiente de opciones que contrarresten los efectos negativos de sustancias como los plaguicidas o las quemas agrícolas. Y que las actividades como la quema agrícola deberían tener un impuesto recaudado, cuyo monto debe ser directamente proporcional al daño marginal que causa a la sociedad. Es interesante ver como en un país cercano al Perú como Colombia, que es donde se realizó este estudio, se tiene la perspectiva de instar a los mismos agricultores a cuidar el recurso que tanta falta les hará si se vuelve inviable para que ellos puedan trabajarlo y posteriormente lucrar de ello (9).

En material presentado por la FAO en Guatemala “*Transición de la quema a la práctica de la no quema: un primer paso para la agricultura sostenible en el corredor seco de Baja Verapaz*”, indicaron que el proceso de transición de la quema a la no quema en el corredor seco de Baja Verapaz ha sido promovido por la FAO, buscando en este caso la promoción de buenas prácticas agrícolas para la adaptación al cambio climático, ya que esto juega un papel clave en el proceso metodológico desarrollado por el equipo de FAO/MAGA en el área demostrativa del programa. En dicho documento ofrecen muchas alternativas como solución al problema de la quema, explicando desde un inicio por qué se realizan las quemas, por qué pueden ser sustituidos con otros métodos y además cuál debe ser el proceso de transición de la quema a la no quema, tal como dice el título, es un material de apoyo bastante explicativo que sirve para entender sobre todo el por qué se realizan estas prácticas en la mayoría de las comunidades agrícolas de Latinoamérica (10).

En la investigación “*Efecto de la quema en las poblaciones de macroinvertebrados del suelo del cultivo de caña de azúcar en Sonsonate, El Salvador*” se menciona que muestrearon 15 parcelas antes y después de la quema y 15 en verde con quema posterior, se extrajeron los

macroinvertebrados visibles en las muestras y se hizo un recuento de ellos. La quema en los suelos estudiados generó un efecto sobre las poblaciones de macroinvertebrados, especialmente en la abundancia de *Temitidae* (termitas) y *Formicidae* (hormigas). Las hormigas consideradas ingenieros del suelo disminuyeron mientras que las termitas aumentaron en proporción. En la mayoría de taxas, no hubo diferencia significativa en el sistema de cosecha con quema o en verde y quema posterior; sin embargo, las quemas afectan taxas como *Blattidae* (cucarachas), *Shymphylos* (simphilidos) y *Diplopodos* (milpiés), esta investigación deja en evidencia que las quemas agrícolas tienen efectos en la cantidad de algunas especies de macroinvertebrados como las hormigas, las cuales se reducen severamente en número, mientras otras como las termitas, por el contrario, manifiestan su capacidad de sobrevivencia (11).

2.1.2. Antecedentes nacionales

En el artículo “*Incendios en el humedal Ramsar Los Pantanos de Villa (Lima – Perú): avances en su conocimiento y perspectivas futuras*”, los autores mencionan que durante el periodo de estudio (2006-2015) se han afectado 9,25 hectáreas de cobertura vegetal por incendios, que representa el 3,51 % de la superficie del humedal, sumado a esto, es la comunidad vegetal de juncales la que más daño ha recibido por el fuego. Se dan a conocer por primera vez 34 especies frecuentemente afectadas por estos incendios, 12 corresponden a flora y 22 a fauna, la biodiversidad afectada incluye especies vulnerables y nuevas para la ciencia. Además, coincidieron en que un factor importante que ha originado que los incendios se expandan rápidamente en el humedal es la acumulación de biomasa vegetal seca producto del crecimiento continuo de la vegetación en algunos sectores (12).

En la investigación “*Dinámica de los indicadores de calidad del suelo en el manejo de sistemas agroforestales con cacao*”, se centró una de sus conclusiones en torno a la quema, mencionó que su estudio había indicado que

las comunidades de hongos han demostrado cambios en los sistemas INAS e ITAS, principalmente después de la quema del bosque secundario, al reducir significativamente su población y posterior recuperación por la incorporación de residuos vegetales e incremento de materia orgánica en el suelo, durante los años de evaluación. Esta conclusión brinda un aporte que se puede tomar en cuenta, ya que, si bien no menciona las quemadas como algo favorable o desfavorable, sí acepta que los hongos han experimentado cambios que terminan afectando a los sistemas de producción en cuestión. Entendiendo por esto que las quemadas y el fuego, en efecto, tienen influencia en las distintas comunidades biológicas presentes en los suelos (13).

En la investigación “*Quantification of edaphic macrofauna in a silvopastoral System and a conventional one in dry forest*”, se realizó el muestreo de la macrofauna, se fundamentó en los procedimientos del *Tropical Soil Biology and Fertility Programme* (TSBF), donde se aislaron cinco monolitos de 25 x 25 x 30 cm cada uno, en cada sistema; posteriormente, cada monolito se colocó en una superficie blanca y se dividió en cuatro estratos: hojarasca de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm. Los individuos recolectados se cuantificaron mediante observación directa, en el cual se llega a la conclusión que el número de grupos taxonómicos de macroinvertebrados y la proporción de individuos de cada grupo, fueron mayores en el sistema silvopastoril, en la época lluviosa. Los grupos predominantes pertenecen al orden Hymenóptera, al igual que a los grupos de lombrices y de miriápodos, por lo cual la investigación sirve de referencia para realizar el experimento adecuadamente en base a los procedimientos del *Tropical Soil Biology and Fertility Programme* (TSBF) (14).

2.1.3. Antecedentes regionales

En el artículo científico “*Efecto de una quema controlada en los artrópodos epígeos de pasturas en la SAIS Túpac Amaru, Junín – Perú*”, los autores llegaron a la conclusión de que la quema es un tipo de perturbación que está incrementando ligeramente la diversidad, recalcan además que

posiblemente esta comunidad tiene mucho tiempo coevolucionando con el fuego y, por lo tanto, han desarrollado respuestas adaptativas para que el sistema no se afecte, llegando incluso a hacer una comparación entre la quema y la estacionalidad, donde mencionan que, esta última, causa una perturbación más alta en la comunidad de individuos estudiados. Por lo que, se debe tomar en cuenta que el estudio se realizó en artrópodos, no se hizo hincapié en la comunidad microbiana, sin embargo, es interesante recalcar esos puntos de la adaptación de las especies, ya que podría o no suceder algo similar a escala microscópica (15).

La investigación "*Efecto de la quema de vegetación en las propiedades físicas y químicas del suelo*", se centró en el reporte de la vegetación e hizo trabajo de campo y extracción de datos en una localidad de Huancayo, conocida como Corona del Fraile, llegando a la conclusión de que la quema no tuvo efecto significativo en las propiedades químicas del suelo: pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, fósforo disponible, potasio disponible, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases y acidez intercambiable, siendo los valores de pH ácido, baja conductividad eléctrica, alto contenido de materia orgánica, bajo fósforo disponible, medio a alto contenido de potasio disponible, baja a bajamente baja capacidad de intercambio catiónico, alta saturación de bases y baja acidez intercambiable. Sin embargo, la investigación de este colega también otorga un dato muy importante, ya que dice que la incompleta combustión y los bajos contenidos de nutrientes de los suelos de la zona de "Corona del Fraile", pueden ser las causas de la falta de significación estadística en suelos con quema de vegetación respecto a suelos que no han experimentado quema de vegetación. Entonces, esto se puede extrapolar para el trabajo de investigación que se viene realizando como que el efecto de las quemas en las poblaciones microbianas de los suelos variará de acuerdo a 2 factores, las propiedades del suelo en cuestión y la prospectiva tendencia de incremento de la materia orgánica en dicho emplazamiento, con

contenido de elementos que favorezcan la extensión y duración de un incendio (16).

En la investigación “*Contribución de la macrofauna del suelo en la salud biológica del paisaje de la comunidad campesina de Quilcas – Huancayo*”, el investigador realizó el muestreo y evaluación de la macrofauna utilizando el método recomendado por el Programa “*Tropical Soil Biology and Fertility*” (TSBF/ IUBS/ Unesco), donde detalla paso a paso el procedimiento usado para la recolección e identificación de la macrofauna, y posteriormente, realizar el análisis de los datos recabados, donde se concluye que hay una relación existente entre la macrofauna del suelo y salud biológica del paisaje, con la correlación entre estas variables observadas en este estudio concluye que la gestión del suelo de cualquiera de estos componentes de calidad del suelo en especial, la cantidad de materia orgánica, se debe tener en cuenta los posibles efectos positivos de la macrofauna del suelo. Entendiendo por esto que la macrofauna influye en la cantidad de materia orgánica, haciendo que esta se incremente y, como consecuencia, mejorando la salud biológica del suelo (17).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Calidad de suelo

Según Doran y Parkin el término de calidad del suelo se usa a partir de reconocer las funciones que cumple, las cuales son:

- Promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible).
- Atenuar los contaminantes ambientales y los patógenos (calidad ambiental).
- Favorecer la salud de las plantas, los animales y los humanos.

Para el desarrollo de este concepto también se tuvo en cuenta a Gregorich que menciona que la calidad del suelo se considera como una medida de su capacidad para funcionar adecuadamente en relación con un

uso específico y al Comité para la Salud del Suelo de la *Soil Science Society of America* sintetizó esta definición como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de las plantas y los animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat. Siendo la última, una definición más completa y de mayor relevancia para el estudio presentado (18).

2.2.2. Agricultura

Es una actividad que se ocupa de la producción de cultivo del suelo, el desarrollo y recogida de las cosechas, la explotación de bosques y selvas (silvicultura), la cría y desarrollo de ganado.

La agricultura moderna emplea todos los recursos que proporcionan la ciencia y la técnica; en la selección de las semillas, utilización de abonos químicos y sistemas de riego, protección de los vegetales contra parásitos y plagas, y adelantándose así cada vez más en la mecanización, lo cual determina un incremento continuo del rendimiento de las tierras (19).

2.2.3. Contaminación de suelo

Dentro de la agricultura, la contaminación de suelos proviene de los insumos agrícolas como fertilizantes, plaguicidas, antibióticos presentes en abono animal o los utilizados para la prevención de enfermedades y el tratamiento de infecciones en plantas son los principales contaminantes potenciales en tierras de cultivo y plantean retos especiales, debido a los constantes cambios en las fórmulas químicas utilizadas.

La intensificación de la agricultura para producir alimentos, fibra y biocombustibles suficientes ha dado lugar a un patrimonio de suelos contaminados.

Las quemas agropecuarias generalmente causan incendios registrados en zonas rurales, estas quemas son realizadas por los pobladores con la finalidad de renovar los pastos e iniciar la campaña agrícola, efectuando la quema para habilitar chacras de cultivo o deshacerse de los residuos, por lo que, se recomienda evitar estas malas prácticas porque desencadenan incendios forestales y debido a los factores climáticos la expansión del fuego se torna incontrolable.

Además, el uso del fuego en la quema de residuos agrícolas perjudica a la macrofauna del suelo, deteriora su estructura y, como consecuencia, afecta el desarrollo de los cultivos, también aumenta la erosión de los suelos, lo que la hace más vulnerable a las inundaciones y derrumbes (20).

2.2.4. Efectos de la agricultura en los suelos

El suelo se ve afectado por los cultivos cuando estos causan erosión, lo cual presenta efectos negativos sobre los rendimientos de los cultivos, los usos de la tierra deberían ir de acuerdo a las variaciones de su adecuación respecto al peligro de la erosión.

Se presenta un impacto fundamental en la biota del suelo debido a las prácticas agrícolas que se ejercen. La deforestación o conversión de praderas para cultivos agrícolas afectan de manera drástica el ambiente del suelo, llevando a la reducción del número y especies de organismos. Además, la reducción de la cantidad y calidad de residuos vegetales incorporados al suelo y la reducción en número de especies de plantas superiores lleva a cabo a la reducción en el rango de hábitat y fuentes de alimentación para los organismos del suelo. Dentro de la agricultura se siguen practicando en muchos países la quema de residuos agrícolas que es realizada a cielo abierto con la intención de eliminar restos de cosechas, limpiar, podar y despejar zonas de cultivo, esta práctica contribuye al cambio climático (21).

2.2.5. Quemas agrícolas

La agricultura de roza, tumba y quema (también conocida como agricultura nómada o itinerante) se ha relacionado frecuentemente con la degradación del ambiente. El debate se centra en la idoneidad de este sistema dadas las condiciones ambientales de las selvas, que son los sistemas donde se emplea con mayor intensidad. La fertilidad de los suelos selváticos es por lo general reducida, lo que hace imposible lograr cosechas abundantes durante largo tiempo sin fertilizar el suelo. La productividad del suelo se recupera dejando que la parcela descanse por varios años, con la ventaja de no usar agroquímicos que representen un riesgo a la salud o al ambiente.

El uso del fuego para la agricultura es responsable de un importante número de incendios forestales. Resultado de ello, el suelo de la selva se degrada y numerosas especies típicas de la vegetación madura son incapaces de sobrevivir bajo un régimen de incendios constantes (22).

2.2.5.1. Tipos de quemas

A menudo se usa para la quema de residuos apilados del aprovechamiento de los cultivos, con el fin de reducir o eliminar los restos leñosos para el plantío y la siembra. Al igual que con todas las otras técnicas, la línea de control de sotavento se enciende primero con un fuego de retroceso. Una vez que esta línea base se ha asegurado, se encienden fuegos alrededor de la circunferencia de la parcela y se permite que estos ardan hacia el interior. En ciertas ocasiones, se enciende primero el centro del área. La convección generada por las llamas del interior de la parcela ayuda a crear una corriente que atrae, hacia adentro, al círculo externo de fuego. Dentro de este tipo de quema, en este contexto se propone clasificar la quema

en tres categorías: alta (al centro), medio (entre el centro y cerca de la periferia), bajo (en la periferia) (23).

2.2.6. Efectos del fuego en el suelo

El fuego acelera la descomposición y la destrucción de la materia orgánica, por lo que tiene un rol perjudicial no solo sobre esta, sino también sobre las comunidades biológicas del suelo (24).

Según Dexter la estabilidad estructural consiste en la capacidad de los agregados de permanecer estables en el tiempo, resistiendo la acción de fuerzas mecánicas exógenas como las que causan la erosión por el agua y el viento. Este es uno de los factores principales que más fuertemente influye sobre la erodabilidad del suelo. La eliminación de la cubierta vegetal por incendios es el primer factor que afecta negativamente la estabilidad estructural, ya que torna al suelo más vulnerable a los agentes externos tales como la energía cinética de las gotas de lluvia. Además, la eliminación de la cobertura vegetal disminuye la producción de compuestos orgánicos de carbono lábil, los cuales actúan como agentes ligantes en los agregados (24).

2.2.7. Macrofauna

Desde un punto de vista biológico se toma en cuenta la macrofauna edáfica debido a que se evalúa el estado de conservación o perturbación del suelo, muchos organismos de la macrofauna son esenciales en la transformación de las propiedades del suelo como las lombrices de tierra, termitas y hormigas, quienes son denominados ingenieros del ecosistema por la formación de poros, la infiltración de agua, humificación y mineralización de la materia orgánica. Las comunidades de la macrofauna varían en su composición, abundancia y diversidad, en dependencia del estado de perturbación del suelo causado por el cambio de uso de la tierra, lo que permite valorar estas comunidades como bioindicadores de calidad o alteración ambiental (25).

Según Guinchard y Robert la alta sensibilidad de muchos macroinvertebrados edáficos a perturbaciones también los convierte en buenos indicadores del impacto humano sobre el ambiente (3).

2.2.8. Importancia de la macrofauna estudiada

2.2.8.1. Arácnidos

La función principal de las arañas dentro de los ecosistemas agrícolas es la de ser predadores de insectos y plagas en los cultivos, son artrópodos que constituyen a la defensa de las plantas contra los insectos fitófagos que constituyen plagas.

2.2.8.2. Lombrices

Las lombrices de tierra son consideradas uno de los organismos más importantes del suelo, sobre todo en los ecosistemas productivos, debido que estos influyen en la composición de la materia orgánica, desarrollo de la estructura del suelo y ciclo de nutrientes.

2.2.8.3. Grillos

Mejor conocidos como los polinizadores del suelo, debido a que contribuyen en la cadena alimenticia, dentro de su escala como polinizadores favorecen al crecimiento de las plantas.

2.2.8.4. Isópodos (cochinillas)

Las cochinillas facilitan la degradación de la materia orgánica acumulada y mantienen estables las condiciones en las que se desarrollan las plantas, además de proteger las aguas subterráneas.

2.2.9. Técnicas de muestreo

Se realizó el experimento de manera *in situ*, debido a que se aplicó el muestreo de la macrofauna bajo el método (TSBF), la época de muestreo del

suelo es definida en principio por las condiciones climáticas y el cultivo de la zona (quinua, maíz, cebada).

Por las condiciones climáticas de esta región, la época apropiada sería en verano-otoño, ya que es la época con un menor contenido de nutrientes en el suelo. También en agosto-septiembre, meses en los que se encuentra muy presente la época de estiaje, donde habitualmente se desarrollan estas prácticas (26).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Combustible

Dentro del contexto de los incendios forestales y quemas agrícolas se puede definir como cualquier tipo de vegetación que esté viva o muerta, pero que se encuentre disponible para el inicio y propagación del fuego (2).

2.3.2. Desastre ambiental

Se dice del conjunto de daños y pérdidas en temas como la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y medio ambiente, las cuales ocurren a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza, cuya intensidad genera graves alteraciones en el correcto funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando así la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, además pueden ser de origen natural o también inducido por la actividad humana (2).

2.3.3. Macroinvertebrados del suelo

Los macroinvertebrados son denominados los ingenieros del ecosistema, con efectos directos sobre las propiedades del suelo y procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica.

Sus actividades se realizan a una escala de cm a dm y junto con las raíces, determinan la arquitectura del suelo a través de la acumulación de

agregados y poros de diferente tamaño, lo que repercute en la estructura del suelo y en su fertilidad. Por otra parte, el estado de las propiedades dinámicas del suelo, como son el contenido de materia orgánica, la diversidad de organismos, o los productos microbianos en un tiempo particular permiten establecer la salud del suelo (3).

2.3.4. Elementos de riesgo o expuestos

Es definido como el contexto social, material y ambiental presentado por las personas y por los recursos, servicios y ecosistemas, que pueden verse afectados por un fenómeno físico. El patrimonio forestal y de fauna silvestre, las plantaciones forestales y las áreas naturales protegidas, existentes en el Perú, están considerados también dentro de este concepto (2).

2.3.5. Fuego

El fuego es el resultado proveniente del proceso químico denominado combustión. La condición imprescindible para que se dé, es la presencia de una sustancia combustible a una temperatura suficientemente alta (llamada temperatura de ignición) que termina por provocar la combustión, la presencia de oxígeno, ya que este elemento es necesario para mantener la combustión y generar una reacción en cadena. El fuego, si bien es de mucha utilidad, también puede ser el peor de los enemigos del medio ambiente, más aún cuando se produce un incendio forestal (2).

2.3.6. Quemadas agrícolas

La agricultura de roza, tumba y quema (también conocida como agricultura nómada o itinerante) se ha relacionado frecuentemente con la degradación del ambiente. El debate se centra en la idoneidad de este sistema dadas las condiciones ambientales de las selvas, que son los sistemas donde se emplea con mayor intensidad. La fertilidad de los suelos

selváticos es por lo general reducida, lo que hace imposible lograr cosechas abundantes durante largo tiempo sin fertilizar el suelo (2).

2.3.7. Peligro

Es la probabilidad de que un fenómeno físico, el cual es potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presenta en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia que ya están definidos (2).

2.3.8. Restauración ecológica

Proceso inducido por el hombre mediante el cual se busca ayudar al restablecimiento de un ecosistema degradado, dañado o destruido. La restauración trata de retornar un ecosistema a su trayectoria histórica (2).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método

3.1.1.1. Método general

Según Tamayo, el método general es científico, se define a la investigación como un proceso que, mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento, por ello, la investigación por lo regular intenta encontrar soluciones para problemas de tipo educativo, social, científico y filosófico. De tal manera, esta investigación tiene el corte científico porque guiará a elegir la metodología correcta (27).

También el método es inductivo experimental porque va de lo individual a lo general, además de ser un procedimiento que sistematiza la información pues en base a resultados particulares, intenta encontrar probables relaciones de manera general con fundamento, de manera específica, “es el razonamiento que partiendo de casos particulares se eleva a conocimientos generales; o, también,

razonamiento mediante el cual se pasa del conocimiento de un determinado grado de generalización a un nuevo conocimiento de mayor grado de generalización que el anterior (28).

3.1.1.2. Método específico

El método específico de la investigación es el hipotético deductivo en el cual se observó el problema de la quema de residuos agrícolas en la comunidad de Aco, se generó una hipótesis analizando la información recabada para explicar los efectos de dicho fenómeno, posterior a esto se realizan deducciones de las consecuencias de la hipótesis planteada.

Este método es aplicable a todas las ciencias de hechos, llámese fácticas, con sustento en la experiencia para la falsación de hipótesis –deducidas a partir de teorías generales– con la intención de incrementar el cuerpo de las teorías que les dan lugar, para generar más conocimientos científicos y así ampliar el espectro cognoscitivo de la ciencia y, con ella, de la humanidad en tanto conglomerado de individuos con capacidad, necesidad y voluntad cognoscente (29).

3.1.2. Tipo de la investigación

Aplicada, debido a que se busca generar aplicaciones para la ciencia básica existente. Anteriormente se suponía que el tránsito desde la investigación básica hasta su aplicación en productos de interés social o comercial era natural y automático. Por el contrario, en la actualidad se sabe que debe existir una intencionalidad en cuanto al empleo del conocimiento para convertir el conocimiento en productos de interés social (27).

En la presente investigación, se trabajó en base a una metodología aplicada previamente en otras investigaciones, de tal manera, esto ayudará

a obtener resultados válidos con la aplicación del protocolo TSBF en la cuantificación de las especies.

3.1.3. Nivel

Es de nivel explicativo, el tipo de nivel investigativo son los diseños en los cuales se dan respuestas lógicas y explicaciones científicas. Las interrogantes son sometidas a la verificación lógica y a partir de ello se realiza la verificación empírica. Por lo tanto, en la presente investigación se van a evidenciar los efectos de las quemas agrícolas en la cantidad de los macroinvertebrados.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño experimental

El presente diseño consiste en utilizar las muestras obtenidas a partir de la extracción adecuada según el método (TSBF) y cumpliendo con los procedimientos fundamentados por este, para proceder a la recolección de las muestras.

Cabe resaltar que estas prácticas son realizadas con regularidad en el distrito de Aco, por lo que el experimento será realizado por una tercera persona de la misma localidad, con muestras mínimas para obtener los resultados esperados, que no afecten el medio ambiente, respetando así los principios éticos de respeto al ecosistema (30).

3.2.1.1. Cuasiexperimental

En este caso la investigación es cuasiexperimental debido a que se tomaron muestras antes y después del experimento seleccionando cinco muestras por cada quema:

Se realizó con unas muestras sin quemas y tres grupos de muestras con quemas recolectadas de diferentes áreas donde se

aplicó el experimento con las quemas agrícolas del cual se sacaron cinco muestras a cada área del experimento.

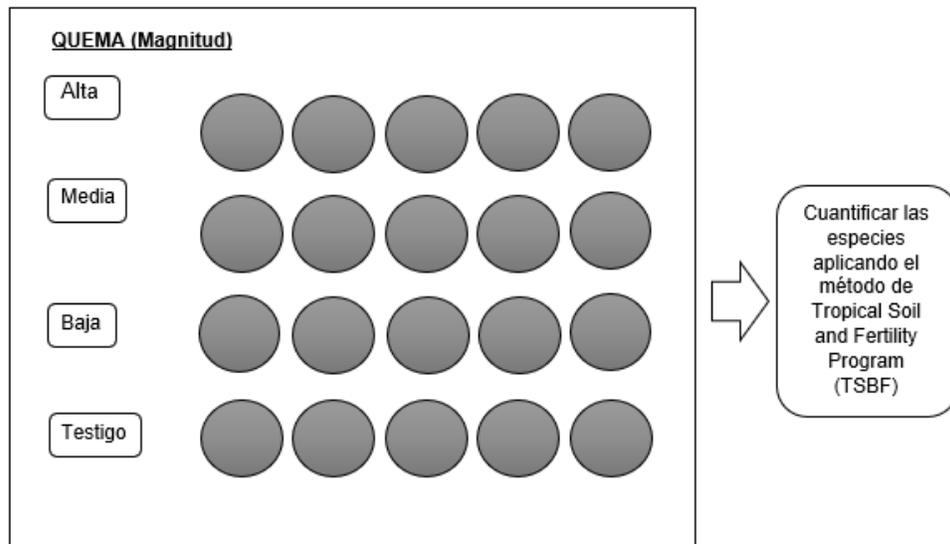


Figura 2. Metodología del experimento

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Según Arias, la población de estudio es un conjunto de casos definido, limitado y accesible que forma el referente para la elección de la muestra que cumple con una serie de criterios predeterminados (28).

Dentro de la investigación, la población está determinada por las parcelas de agricultura en la localidad de Aco, donde se realizan las quemas agrícolas, área de la cual se sacarán las muestras para realizar el estudio.

Estado situacional

El distrito de Aco se encuentra situado a la margen derecha del río Mantaro y en la parte occidental de la provincia de Concepción, a 8 kilómetros de la ciudad de Concepción, en la región Junín.

Los límites del distrito de Aco son los siguientes:

- Por el norte: distrito de Sincos

- Por el sur: distrito de Orcotuna
- Por el este: distrito de Mito
- Por el oeste: anexo de Santa Rosa tistes (distrito de Chambara)

Aco cuenta con una extensión territorial de 37.80 km² aproximadamente. Tiene dos anexos Quicha Chico y Quicha Grande, también dos caseríos Manzanayoc y Vilca (31).



Figura 3. Delimitación del distrito de Aco. Obtenida de Turismo Junín

3.3.2. Muestra

Según Arias, teniendo definidas las características de los participantes en el estudio, es necesario que se garantice que dicha muestra sea representativa de la población de estudio (28).

Las muestras a elegir serán de manera no probabilística, las cuales serán aleatorias debido a las zonas diferenciadas por la quema, tal como se muestra en el esquema, es importante resaltar que la muestra fue tomada en época de estiaje, ya que durante esta temporada es donde se realizan las quemas agrícolas de parte de los pobladores, se tomaron 5 muestras de cada nivel de quema (alta, media y baja), también se tomaron 5 muestras testigo, es decir en las áreas donde no se realizó la quema agrícola.

Para la recolección de cada muestra se realizó bajo el Protocolo de muestreo TSBF.

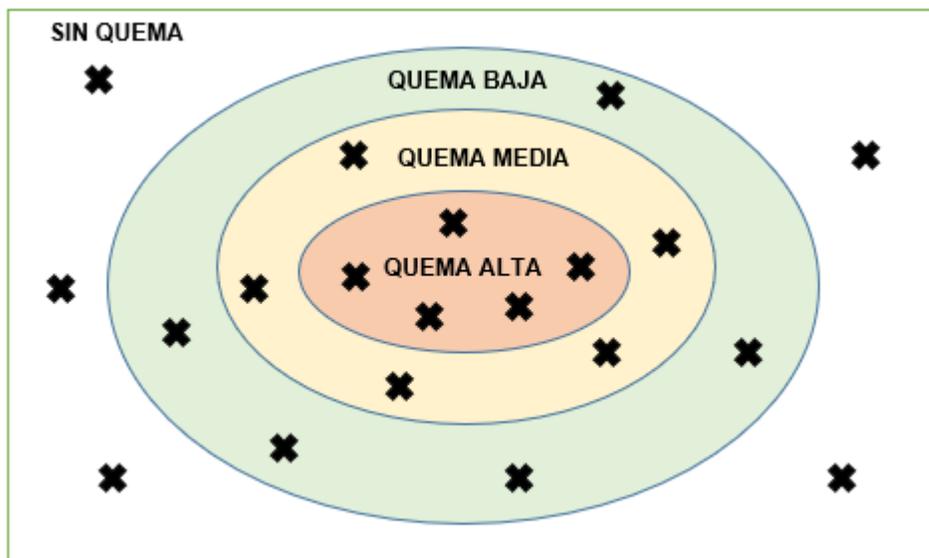


Figura 4. Metodología propuesta para el muestreo

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Materiales

Evaluación de macrofauna en campo

3.4.1.1. Materiales

- 10 bandejas (plástico)
- Bolsas ziploc
- Etiquetas
- Marco de muestreo (25 x 25 x 20 cm)
- Guantes quirúrgicos
- Pala recta
- Pinzas para insectos
- GPS
- Costales
- Estacas
- Cinta métrica de 50 m
- Hojas de campo
- Lapiceros
- Tableros
- Plumón indeleble
- Cinta *masking tape*

3.4.1.2. Trabajo de laboratorio

- Pinzas
- Lupa
- Cámara fotográfica digital
- Marcadores
- Etiquetas
- Bolsas ziploc

3.4.2. Técnicas

- Se utilizó la técnica de observación directa

- Protocolo de muestreo TSBF

Muestra una metodología de suma importancia recomendada para evaluar el muestro de la macrofauna del suelo e identificar las especies encontradas.

3.4.3. Instrumentos

- **Cadena custodia:** conjunto de medidas que ayuda a preservar la identidad y la integridad de las muestras.
- **Ficha de registro de datos:** recolección de datos de las muestras en campo.

3.4.4. Técnicas de análisis y proceso de datos

Para el realizar el análisis y el procesamiento de los datos recabados en campo y también del experimento se utilizaron los programas de SPSS y Excel, donde se introdujeron los datos obtenidos.

El estudio estadístico utilizado fue el Kolmogorov-Smirnova y Shapiro Wilk para la prueba de normalidad, mientras que para la prueba estadística se usó la T de Student para la prueba de las muestras seleccionadas y así determinar si la quema de residuos agrícolas tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo.

3.4.5. Efecto de la quema agrícola en la cantidad de los macroinvertebrados del suelo en el distrito de Aco

3.4.5.1. Obtención de las muestras de suelo

Para obtener las muestras de suelo se realizó el experimento de la quema agrícola en una parcela de 63 m² que está ubicada en la localidad de Aco, Concepción. Para determinar la cantidad de muestras se tomó como referencia el Protocolo de muestreo, para la macrofauna del suelo se siguieron los siguientes pasos:

A. Elección de la parcela agrícola

Se tiene que elegir una parcela agrícola que aún contenía residuos agrícolas, en época de estiaje, la cual es ideal para replicar la práctica habitual de la quema agrícola.



Figura 5. Selección de la parcela agrícola

B. Delimitación del área seleccionada para el experimento

Se delimitó un área de 49 m² donde se llevó a cabo el experimento, delimitado con estacas, cordón blanco para dividir el área en las tres categorías propuestas (alta, media y baja) de acuerdo al alcance e intensidad del fuego.



Figura 6. Delimitación del área de quema

C. Acopio de residuos agrícolas

Se procedió a acopiar los rastrojos dentro del terreno para que se realice la quema, acumulando mayor cantidad al centro, menor cantidad alrededor y fuera una mínima cantidad, siguiendo las prácticas agrícolas.



Figura 7. Acopio de residuos agrícolas

D. Quema agrícola

Se realizó la quema de residuos agrícolas en el área establecida, teniendo en cuenta que esta no se pueda esparcir a todo el terreno, siguiendo la práctica habitual de la zona.



Figura 1. Quema agrícola

E. Toma de muestra con el protocolo de muestreo

Se colocó el marco de muestreo (25 x 25 x 20 cm) en el cual se hará la excavación para extraer la muestra de suelo con el peso aproximado de 1 kg, las primeras 5 muestras serán tomadas en el área donde no se realizó la quema de residuos.



Figura 8. Toma de muestras testigo

F. Toma de muestra con el protocolo de muestreo

Se colocó el marco de muestreo (25 x 25 x 20 cm) en el cual se hizo la excavación para extraer la muestra de suelo con el peso aproximado de 1 kg, las 15 muestras siguientes fueron tomadas en el área donde se realizó la quema de residuos agrícolas, diferenciando el nivel propuesto para el estudio (alta, media y baja).



Figura 9. Toma de muestras del área quemada

G. Toma de coordenadas

Se tomó las coordenadas con GPS, por cada punto de muestreo realizado.



Figura 10. Toma de coordenadas con GPS

H. Esparcimiento de las muestras recolectadas

Se realizó el esparcimiento de las muestras (las especies de macrofauna se encuentran dentro de la muestra seleccionada).



Figura 11. Esparcimiento de muestra

I. Identificación de especies

Se realizó la identificación de las especies encontradas en las muestras, extrayendo una cantidad de especies por cada muestra, dando relevancia a las 4 especies importantes para el estudio.



Figura 12. Identificación de especies

J. Identificación de las especies

En la etapa de cuantificación de especies según el Protocolo de muestreo para la macrofauna del suelo (TSBF) menciona que se requiere una caracterización simple de la macrofauna para medir el rol que cumplen en diferentes agroecosistemas y el impacto de las prácticas de manejo sobre las densidades de población y estructura de comunidades.

Para ello, se muestra un cuadro con la lista generalizada de las unidades taxonómicas mencionadas utilizadas para la caracterización de fauna del suelo y su clasificación funcional (categoría ecológica).

Unidad taxonómica	Categoría ecológica
Hormigas	Epigeicas / anécicas
Aracnidos (arañas y otros)	Epigeicas
Escarabajos – adultos	Epigeicas / endogeicas
Escarabajos – larvas	Epigeicas
Blatoideas (cucarachas)	Epigeicas
Chilopoda (centípedos)	Epigeicas
Cicadidae	endogeicas
Diplopodos (milipodos)	Epigeicas
Lombrices – pigmentadas	Epigeicas / anécicas
Lombrices – no pigmentadas	endogeicas
Gastropodos (babosas y caracoles)	Epigeicas
Grillidae (grillos)	Epigeicas
Isopodos (cochinillas)	Epigeicas
Termitas	Anécicas / endogeicas
Otros grupos	Varias

Figura 13. Unidades taxonómicas del protocolo. Tomada de TSBF Protocolo de muestreo TSBF

- a. En primer lugar, se procedió a abrir cada una de las muestras tomadas, que en total fueron 20 muestras.
- b. Luego se extendió la muestra de suelo con macrofauna en bandejas de plástico.
- c. Finalmente, se utilizaron pinzas para extraer la macrofauna de las bandejas.
- d. Se separaron las especies encontradas, bajo la guía del Protocolo de muestreo para la macrofauna del suelo (TSBF).
- e. Por último, se realizó la cuantificación de la macrofauna de acuerdo con la unidad taxonómica a la que pertenece.

3.4.5.2. Descripción de las comunidades de macrofauna

Las morfoespecies identificadas se clasificaron en las unidades taxonómicas planteadas en el Protocolo de muestreo para la macrofauna del suelo (TSBF).

CAPÍTULO IV

RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

4.1.1. Resultados del muestreo sin quema agrícola

Para la cuantificación de las especies de macroinvertebrados encontrados en las muestras de suelo extraídas se tomó en cuenta el Protocolo de muestreo de macrofauna para el muestreo de la macrofauna antes del experimento.

Tabla 2. Cantidad de macroinvertebrados antes de la quema

Cantidad de macroinvertebrados antes de la quema					
Testigos	Arácnidos	Lombrices	Grillidae	Isópodos	Otros
1	3	0	2	3	2
2	0	3	1	1	3
3	2	1	3	2	5
4	3	2	0	1	3
5	0	1	3	3	2

Nota: cuantificación usando las unidades taxonómicas del protocolo TSBF

En la tabla 3 se puede observar los resultados de la cuantificación de las especies encontradas, resaltando las especies relevantes para el estudio como son arácnidos, lombrices, grillidae e isópodos, sin realizar la quema agrícola, debido a que estos resultados sirven de referencia, cabe indicar que se utilizó la metodología del Protocolo de muestreo para la macrofauna TSBF, que muestran las unidades taxonómicas y su clasificación.

4.1.2. Resultados del muestreo aplicando la quema agrícola

La cuantificación de la macrofauna del suelo con relación a la quema agrícola realizada en el área de 49 m², diferenciando el nivel propuesto para el estudio alta, media y baja.

A. Cantidad de macroinvertebrados de quema alta

Tabla 3. Cantidad de macroinvertebrados de quema agrícola (alta)

Quema	Cantidad de macroinvertebrados quema				
Alta	Arácnidos	Lombrices	Grillidae	Isópodos	Otros
1	2	0	1	1	2
2	0	1	0	2	1
3	1	1	2	0	0
4	0	0	0	2	2
5	1	0	1	1	1

Nota: cuantificación usando las unidades taxonómicas del protocolo TSBF

En la tabla 4 se pueden observar los resultados de la cuantificación de las especies encontradas, resaltando las especies relevantes para el estudio como son arácnidos, lombrices, grillidae e isópodos, después de realizar la quema agrícola, de las muestras extraídas del nivel propuesto para el estudio (alto), cabe indicar que se utilizó la metodología del Protocolo de muestreo para la macrofauna TSBF, que muestran las unidades taxonómicas y su clasificación.

B. Cantidad de macroinvertebrados de quema media

Tabla 4. Cantidad de macroinvertebrados de quema agrícola (media)

Quema	Cant. macroinvertebrados quema				
Media	Arácnidos	Lombrices	Grillidae	Isópodos	Otros
1	0	2	0	2	0
2	1	0	1	1	2
3	2	1	2	0	3
4	0	0	0	2	2
5	1	0	2	1	1

Nota: cuantificación usando las unidades taxonómicas del protocolo TSBF

En la tabla 5 se pueden observar los resultados de la cuantificación de las especies encontradas, resaltando las especies relevantes para el estudio

como son arácnidos, lombrices, grillidae e isópodos, después de realizar la quema agrícola, de las muestras extraídas del nivel propuesto para el estudio (medio), cabe indicar que se utilizó la metodología del Protocolo de muestreo para la macrofauna TSBF, que muestran las unidades taxonómicas y su clasificación.

C. Cantidad de macroinvertebrados de quema baja

Tabla 5. Cantidad de macroinvertebrados de quema agrícola (baja)

Quema	Cantidad de macroinvertebrados quema				
Baja	Arácnidos	Lombrices	Grillidae	Isópodos	Otros
1	1	2	1	0	3
2	1	1	1	1	1
3	1	0	2	3	4
4	0	0	0	1	2
5	2	1	1	2	0

Nota: cuantificación usando las unidades taxonómicas del protocolo TSBF

En la tabla 5 se pueden observar los resultados de la cuantificación de las especies encontradas, resaltando las especies relevantes para el estudio como son arácnidos, lombrices, grillidae e isópodos, después de realizar la quema agrícola, de las muestras extraídas del nivel propuesto para el estudio (baja), cabe indicar que se utilizó la metodología del Protocolo de muestreo para la macrofauna TSBF, que muestran las unidades taxonómicas y su clasificación.

4.1.3. Variaciones en la cantidad de la macrofauna

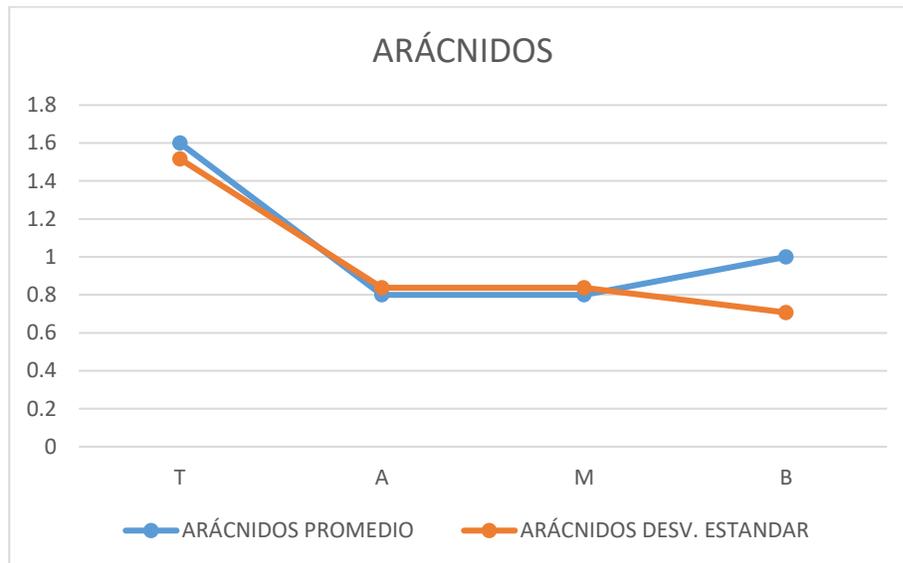


Figura 14. Gráfico de la cantidad de arácnidos en relación con las quemas agrícolas. Tomada del Análisis con el protocolo TSBF

- En la figura 14 se observan los promedios de la cuantificación de los macroinvertebrados, exactamente de la especie de arácnidos después de realizar las quemas agrícolas, de acuerdo al nivel propuesto para el estudio (alta, media y baja) dando como resultado la variación de las muestras Testigo con promedio 1.6, en comparación a las muestras obtenidas de la quema alta de 0.8, quema media de 0.8 y quema baja de 1, indicando con esto la variación de la cantidad de macroinvertebrados después de haber realizado la quema agrícola.

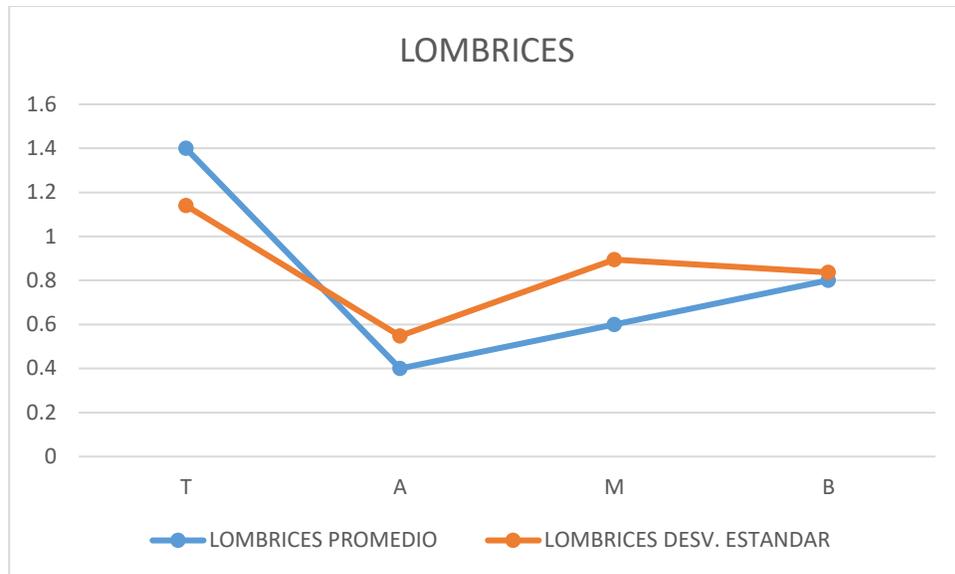


Figura 15. Gráfico de la cantidad de lombrices en relación con las quemas agrícolas. Tomada del Análisis con el protocolo TSBF

- En la figura 15 se observan los promedios de la cuantificación de los macroinvertebrados exactamente de la especie de lombrices después de realizar las quemas agrícolas, de acuerdo al nivel propuesto para el estudio (alta, media y baja) dando como resultado la variación de las muestras Testigo con promedio 1.4, en comparación a las muestras obtenidas de la quema alta de 0.4, quema media de 0.6 y quema baja de 0.8, indicando con esto la variación de la cantidad de macroinvertebrados después de haber realizado la quema agrícola.

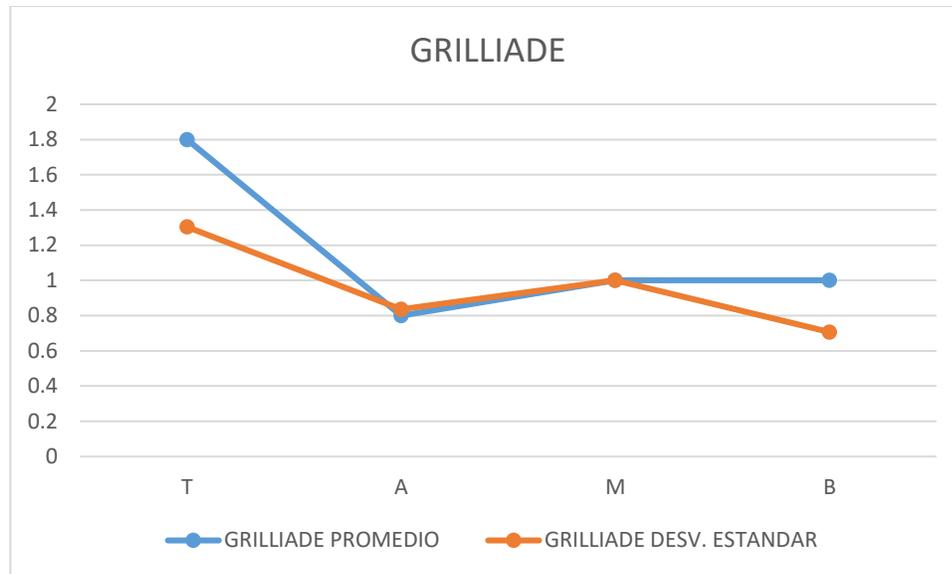


Figura 16. Gráfico de la cantidad de grilliade en relación con las quemas agrícolas. Tomada del Análisis con el protocolo TSBF

- En la figura 16 se observan los promedios de la cuantificación de los macroinvertebrados exactamente de la especie de grilliade después de realizar las quemas agrícolas, de acuerdo al nivel propuesto para el estudio (alta, media y baja) dando como resultado la variación de las muestras Testigo con promedio 1.8, en comparación a las muestras obtenidas de la quema alta de 0.8, quema media de 1 y quema baja de 1, indicando con esto la variación de la cantidad de macroinvertebrados después de haber realizado la quema agrícola.

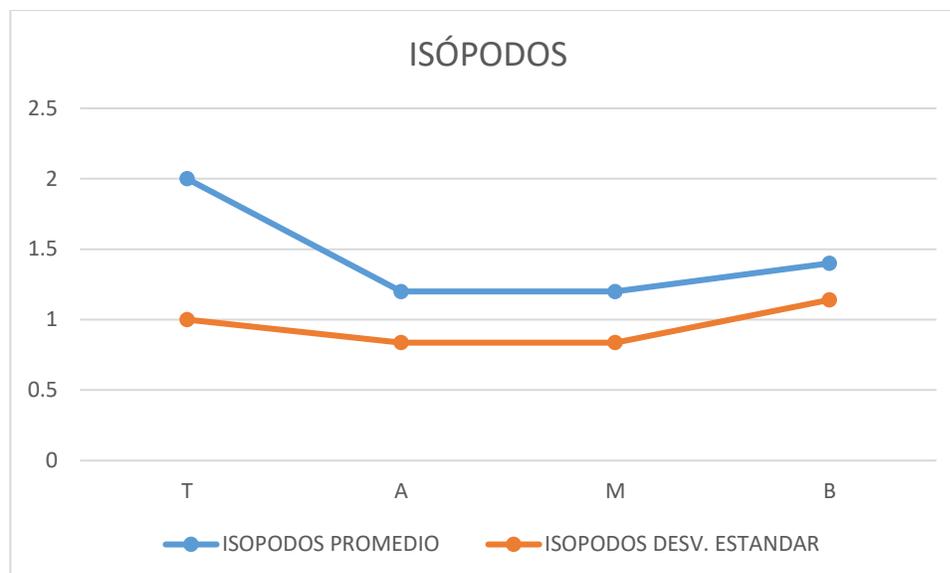


Figura 17. Gráfico de la cantidad de isópodos en relación con las quemas agrícolas. Tomada del Análisis con el protocolo TSBF

- En la figura 17 se observan los promedios de la cuantificación de los macroinvertebrados exactamente de la especie de isópodos, después de realizar las quemas agrícolas, de acuerdo al nivel propuesto para el estudio (alta, media y baja) dando como resultado la variación de las muestras Testigo con promedio 2, en comparación a las muestras obtenidas de la quema alta de 1.2, quema media de 1.2 y quema baja de 1.4, indicando con esto la variación de la cantidad de macroinvertebrados después de haber realizado la quema agrícola.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Prueba de hipótesis general

4.2.1.1. Hipótesis de investigación

La quema de residuos agrícolas tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción.

4.2.2. Prueba de normalidad

Tabla 6. Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Macroinvertebrados	0,168	20	0,143	0,904	20	0,049

a. Corrección de significación de Lilliefors

De la tabla, observando Shapiro Wilk el P-valor 0.049 es menor que 0.05, entonces no se tiene una distribución normal; por tanto, se utilizó un estadístico no paramétrico.

Elección de la prueba: Kruskal Wallis (más de 2 grupos)

Tabla 7. Prueba de Kruskal Wallis

Estadísticos de prueba ^{a,b}	
Macroinvertebrados	
H de Kruskal-Wallis	10,762
gl	3
Sig. asintótica	0,013

a. Prueba de Kruskal Wallis
b. Variable de agrupación: cantidad de macroinvertebrados

En la tabla de prueba Kruskal Wallis, se observa que P-valor 0.013 es menor que la significancia alfa 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la quema de residuos agrícolas tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

4.2.3. Nivel de significancia

El nivel de significancia es de $\alpha = 0.05 = 5 \%$

4.2.4. Hipótesis estadística

H₀: la quema de residuos agrícolas no tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

H_a: la quema de residuos agrícolas tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

- Prueba de normalidad
- Nivel de confianza 95 %
- Alfa 0.05

4.2.5. Comprobación de hipótesis por cada tipo de quema

4.2.5.1. Análisis en la cantidad macroinvertebrados en el suelo para una quema alta

Planteamiento de hipótesis para quema alta

- **H₀**: la quema alta de residuos agrícolas no tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.
- **H_a**: la quema alta de residuos agrícolas tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

Prueba de normalidad
 Nivel de confianza 95 %
 Alfa 0.05

Tabla 8. Prueba de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Cantidad macroinvertebrados	0,235	10	0,124	0,872	10	0,105

a. Corrección de significación de Lilliefors

Debido a que se tienen menos de 30 datos. Se utiliza Shapiro Wilk el P-valor 0.105 es mayor que 0.05, entonces tiene una distribución normal; por lo tanto, se utilizó un estadístico paramétrico.

Elección de la prueba: T de Student para prueba de muestras relacionadas

Tabla 9. Prueba de muestras emparejadas

		Prueba de muestras emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95 % de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Cantidad macroinvertebrados – Quema alta	5,600	3,658	1,157	2,984	8,216	4,842	9	0,001

En la tabla de prueba de muestras emparejadas se observa que P-valor 0.001 es menor que la significancia alfa 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la quema alta de residuos agrícolas tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

4.2.5.2. Análisis en la cantidad macroinvertebrados en el suelo para una quema media

Planteamiento de hipótesis para quema media

- **H₀**: la quema media de residuos agrícolas no tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.
- **H_a**: la quema media de residuos agrícolas tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

Prueba de normalidad

Nivel de confianza 95 %

Alfa 0.05

Tabla 10. Pruebas de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cantidad de macroinvertebrados	0,201	10	0,200*	0,917	10	0,335

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

De la tabla, utilizando Shapiro Wilk el P-valor 0.335 es mayor que 0.05, entonces tiene una distribución normal; por tanto, se utilizó un estadístico paramétrico.

Elección de la prueba: T de Student para prueba de muestras relacionadas.

Tabla 11. Prueba de muestras emparejadas

		Prueba de muestras emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
		Diferencias emparejadas				95 % de intervalo de confianza de la diferencia				
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio						
					Inferior	Superior				
Par 1	Cantidad de macroinvertebrados - Quema media	6,000	3,399	1,075	3,568	8,432	5,582	9	0,000	

En la tabla de prueba de muestras emparejadas se observa que P-valor 0.000 es menor que la significancia alfa 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la quema media de residuos agrícolas tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

4.2.5.3. Análisis en la cantidad macroinvertebrados en el suelo para una quema baja

Planteamiento de hipótesis para quema baja

- **H₀**: la quema baja de residuos agrícolas no tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.
- **H_a**: la quema baja de residuos agrícolas tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

Prueba de normalidad

Nivel de confianza 95 %

Alfa 0.05

Tabla 12. Pruebas de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cantidad Macroinvertebrados	0,146	10	0,200*	0,975	10	0,933

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

De la tabla, observando Shapiro Wilk el P-valor 0.933 es mayor que 0.05, entonces tiene una distribución normal; por tanto, se utilizó un estadístico paramétrico.

Elección de la prueba: T de Student para prueba de muestras relacionadas.

Tabla 13. Prueba de muestras emparejadas

		Prueba de muestras emparejadas					T	gl	Sig. (bilateral)
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95 % de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Cantidad Macroinvertebrados - Quema baja	6,600	3,134	,991	4,358	8,842	6,659	9	0,000

En la tabla de prueba de muestras emparejadas se observa que P-valor 0.000 es menor que la significancia alfa 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la quema baja de residuos agrícolas tiene efecto significativo en la cantidad de los macroinvertebrados en el suelo de Aco, Concepción, 2021.

CAPÍTULO V

DISCUSIONES

En la investigación titulada “*Efecto de una quema controlada en los artrópodos epigeos de pasturas en la sais Túpac Amaru, Junín – Perú*”, los autores llegaron a la conclusión que la quema controlada de pastizales no tiene un efecto negativo en la comunidad de artrópodos. Posiblemente, esta comunidad tiene mucho tiempo coevolucionando con el fuego y han desarrollado respuestas adaptativas para que el sistema no se afecte, resultados que pueden ser contrastados con los resultados obtenidos en la presente investigación debido a que la cuantificación de la macrofauna (arácnidos, lombrices, grilliade e isópodos) presentan una tendencia de disminución en cuanto a las cantidades de especies de macrofauna en relación a los tipos de quemas aplicados (alta, media, baja), en promedio de la cantidad de especies identificadas, se obtuvo de las muestras testigo (antes de la quema agrícola) una cantidad promedio de 1.6 arácnidos, 1 de lombrices, 1.8 grilliade y 2 isópodos, comparando este resultado con los obtenidos después del experimento a un nivel alto (propuesto por el estudio) en la cual se obtuvo una cantidad promedio de 0.8 arácnidos, 0.4 de lombrices, 0.8 grilliade y 1.2 isópodos de las muestras recolectadas, por ello, se puede aseverar que presenta un efecto negativo en la comunidad de estos macroinvertebrados (7).

En la investigación “*Quantification of edaphic macrofauna in a silvopastoral System and a conventional one in dry forest*”, realizada en el año 2016, el investigador realizó el muestreo de la macrofauna, se fundamentó en los procedimientos del *Tropical Soil Biology and Fertility Programme* (TSBF), donde se aislaron cinco monolitos de 25 x 25 x 30 cm cada uno, en cada sistema; posteriormente, cada monolito se colocó en una superficie blanca y se dividió en cuatro estratos: hojarasca de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm. Los individuos recolectados se cuantificaron mediante observación directa, en el cual se llega a la conclusión que el número de grupos taxonómicos de macroinvertebrados y la proporción de individuos de cada grupo, fueron mayores en el sistema silvopastoril, en la época lluviosa. Los grupos predominantes pertenecen al orden *Hymenóptera*, al igual que a los grupos de lombrices y de miriápodos, por lo cual la investigación sirve de referencia para realizar el experimento adecuadamente en base a los procedimientos del *Tropical Soil Biology and Fertility Programme* (TSBF), mientras que en la presente investigación después de realizar la recolección de muestras en base al protocolo de *Tropical Soil Biology and Fertility Programme* (TSBF), se llevó a cabo la cuantificación de especies en la cual los grupos predominantes y referentes para el estudio fueron de isópodos y grilliade, es importante resaltar que al momento de realizar el estudio se eligió la época de estiaje debido a que es la temporada habitual en la cual se realizan las quemas agrícolas. Finalmente, con estos resultados se evidencia la eficacia de aplicar el Protocolo de muestreo para la macrofauna del suelo (TSBF) para realizar el muestreo e identificación de la macrofauna del suelo en el distrito de Aco (14).

En la investigación “*Efecto de la quema en las poblaciones de macroinvertebrados del suelo del cultivo de caña de azúcar en Sonsonate, El Salvador*” realizada en el año 2016, menciona que muestrearon 15 parcelas antes y después de la quema y 15 en verde con quema posterior, se extrajeron los macroinvertebrados visibles en las muestras y se hizo un recuento de ellos. La quema en los suelos estudiados generó un efecto sobre las poblaciones de macroinvertebrados, especialmente en la abundancia de *Temitidae* (termitas) y

Formicidae (hormigas). Las hormigas consideradas ingenieros del suelo disminuyeron mientras que las termitas aumentaron en proporción. En la mayoría de taxas no hubo diferencia significativa en el sistema de cosecha con quema o en verde y quema posterior; sin embargo, las quemas afectan taxas como *Blattidae* (cucarachas), *Shymphylos* (simphilidos) y *Diplopodos* (milpiés), esta investigación deja en evidencia que las quemas agrícolas tienen efectos en la cantidad de algunas especies de macroinvertebrados como las hormigas, las cuales se reducen severamente en número, mientras otras como las termitas, por el contrario manifiestan su capacidad de sobrevivencia. Es importante resaltar que los suelos estudiados han estado sometidos a la práctica de quema durante más de 20 años, lo cual es un escenario similar a la de los suelos estudiados en el distrito de Aco (11).

CONCLUSIONES

- Se realizó el muestreo bajo la guía del Protocolo de muestro para la macrofauna del suelo (TSBF), antes de realizar el experimento se tomaron las muestras testigo, obteniendo una cantidad promedio de 1.6 arácnidos, 1.4 de lombrices, 1.8 grilliade y 2 isópodos de las 5 muestras recolectadas.
- En la parte experimental se pudo demostrar que la quema agrícola al nivel propuesto por el estudio (alta) evidenció una disminución en la cantidad de macroinvertebrados, obteniendo una cantidad promedio de 0.8 arácnidos, 0.4 de lombrices, 0.8 grilliade y 1.2 isópodos de las 5 muestras recolectadas.
- En la parte experimental se pudo demostrar que la quema agrícola al nivel propuesto por el estudio (media) evidenció una disminución en la cantidad de macroinvertebrados, obteniendo una cantidad promedio de 0.8 arácnidos, 0.6 de lombrices, 1 grilliade y 1.2 isópodos de las 5 muestras recolectadas.
- En la parte experimental se pudo demostrar que la quema agrícola al nivel propuesto por el estudio (baja) evidenció una disminución en la cantidad de macroinvertebrados obteniendo una cantidad promedio de 1 arácnidos, 0.8 de lombrices, 1 grilliade y 1.4 isópodos de las 5 muestras recolectadas.
- Se puede concluir que los efectos de las quemas agrícolas en la localidad de Aco tienen repercusión en la cantidad de la macrofauna, debido a la susceptibilidad a ser afectada por dichas prácticas. Es por lo que, de acuerdo a los resultados de la simulación experimental de quema agrícola, se puede aseverar la disminución de su población y con ello confirmar que su hábitat se ve afectado por este tipo de prácticas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar en el estudio a más especies de macroinvertebrados, debido a la importancia que tienen en la transformación de las propiedades del suelo, ya que en el presente estudio abarcó a los más resaltantes de la zona.
- Como parte de la metodología se realizó la cuantificación de la macrofauna bajo el método TSBF (Programa de Biología y Fertilidad de Suelos Tropicales), el cual es un Protocolo de muestreo para la macrofauna del suelo aprobado para América Latina, sin embargo, se recomienda utilizar un protocolo exclusivo para suelos andinos, con el fin de obtener una cuantificación y resultados con mayor precisión.
- De acuerdo a lo desarrollado en el presente estudio, se pudo observar que las prácticas de las quemas agrícolas son muy recurrentes en la zona, por lo cual es importante mencionar que dichas quemas se realizan en suelos donde se usan productos agroquímicos, por ello se recomienda extender el estudio para analizar de igual manera al componente aire que también se ve afectado por la combustión de los elementos ya mencionados, es por ello que se recomienda realizar un estudio donde se analice los efectos de las quemas agrícolas en el aire.
- Se recomienda realizar abarcar estudios relacionados a temas de remediación de suelos en los casos que fueron afectados por quema agrícola dentro de la región Junín, debido a lo recurrente que es esta práctica en la zona.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **FAO.** *Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables.*
2. **SERFOR.** *Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales.* 2018. p. 60.
3. **RENDÓN, S.; ARTUNDUANGA, F.; RAMÍREZ, R.** *Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo en cultivos de mora, pasto y aguacate.* 2011. Vol. 64, no. 1, p. 5793–5802.
4. **SOTO, J.** *Determinación de parámetros químicos y poblaciones bacterianas del suelo relacionadas con el ciclo del carbono y nitrógeno, antes y después de la quema de residuos de cosecha de trigo.* 2009.
5. **ALVARADO, N.** *Las quemas en la agricultura (caña de azúcar) su regulación desde el punto de vista agrario y ambiental.* 2007.
6. **Comisión para la Cooperación Ambiental.** *La quema de residuos agrícolas: fuente de dioxinas.* 2014. p. 6.
7. **CASTAÑEDA CÓRDOVA, Liz Z.; ARELLANO CRUZ, Germán; SÁNCHEZ INFANTAS, Edgar.** *Ecología Aplicada.* Universidad Nacional Agraria La Molina, 2007.
8. **RAU, Benjamin M.; CHAMBERS, Jeanne C.; BLANK, Robert R.; JOHNSON, Dale W.** Prescribed fire, soil, and plants: Burn effects and interactions in the central Great Basin. *Rangeland Ecology and Management.* 2008. Vol. 61, no. 2, p. 169–181. DOI 10.2111/07-037.1.
9. **SILVA, Sandra; CORREA, Francisco.** Análisis de la contaminación del suelo: Revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre Económico.* 2009. Vol. 12, no. 23, p. 13–34.
10. **FAO.** *Transición de la quema a la práctica de no quema. Un primer paso para la agricultura sostenible en el corredor seco de Baja Verapaz.* 2012. p. 82.
11. **PÉREZ, CS.** *Efecto de la quema en las poblaciones de macroinvertebrados del suelo del cultivo de caña de azúcar en Sonsonate, El Salvador.* 2016.
12. **RAMIREZ, Dámaso W.** Incendios en el humedal Ramsar, los pantanos de Villa

- (Lima-Perú): Avances en su conocimiento y perspectivas futuras. - *Journal of High Andean Research*. 2018. Vol. 20, no. 3, p. 347–360.
13. **AREVALO, E.** *Dinámica de los indicadores de calidad del suelo en el manejo de sistemas agroforestales con cacao*. 2014. p. 132.
 14. **GÁLVEZ, A. ; REINA, A. ; MENESES, E.** Cuantificación de macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril y uno convencional en bosque seco. *Revista Investigación Pecuaria*. 2014. Vol. 4, no. 2, p. 13–25.
 15. **TORRES VARGAS, D.; QUIROZ GUERRA, R.; JUSCAMAITA MORALES, J.** Efecto de una quema controlada sobre la población microbiana en suelos con pasturas en la SAIS Túpac Amaru - Junín, Perú. *Ecología Aplicada*. 2004. Vol. 3, no. 1–2, p. 139–147.
 16. **CÁCERES, J.** Efecto de la quema de vegetación en las propiedades físicas y químicas del suelo Huancayo. *Journal of Chemical Information and Modeling*. 2019. Vol. 53, no. 9, p. 1689–1699.
 17. **ORE PAYANO, Lizbeth Idiana; VERGARA POVES, Tatiana Marita.** *La macrofauna del suelo fue muestreada utilizándose el método recomendado por el programa “Tropical Soil Biology and Fertility” (TSBF/IUBS/Unesco) (Anderson & Ingram, 1993). Universidad Nacional del Centro del Perú (Posgrado)*. 2017.
 18. **GARCÍA, Y.; RAMÍREZ, Wendy.** Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso Soil quality indicators: A new way to evaluate this resource. *Pastos y Forrajes*. 2012. Vol. 35, no. 2, p. 125–137.
 19. **UNISARCAPP.** *Agricultura y seguridad alimentaria*. [online]. 2017. Available from: <https://unisarcapp.com/contenido/agricultura-y-seguridad-alimentaria/85>
 20. **SERFOR.** *Serfor insta a pobladores de Puno evitar la quema de residuos agrícolas y pastos porque ocasionan incendios forestales*. [online]. 2020. Available from: <https://www.serfor.gob.pe/portal/noticias/serfor-insta-a-pobladores-de-puno-evitar-la-quema-de-residuos-agricolas-y-pastos-porque-ocasionan-incendios-forestales>
 21. **FAO.** *La biodiversidad del suelo, conservación del suelo y agricultura*. [online]. Available from: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-biodiversity/conservacion->

del-suelo-y-agricultura/es/

22. PONCE, Estuardo Lara; BARRERA, Laura Caso; FERNÁNDEZ, Mario Aliphath. *Efectos de la roza, tumba y quema sobre el uso del suelo*. 2012.
23. BOLFOR, Sostenible; KENNARD, Deborah. *Guía para la realización de quemas controladas*. 1999.
24. MINERVINI, M.; MORRÁS, J.; TABOADA, M. Efectos del fuego en la matriz del suelo. Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógicas. *Ecología Austral*. 2018. Vol. 28, no. 1, p. 012–027.
25. CABRERA, G. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Cuba. *Pastos y Forrajes*. 2012. Vol. 35, no. 4, p. 349–363.
26. CIAT/TSBF-LAC. *Protocolo de muestreo para la macrofauna del suelo*. 1. [online]. 2011.-jun-2011. 2011.
27. COLOMÉ, D.; EDUARDO, P. *Metodología de investigación para estudiantes de posgrado en ingeniería*. 2018.
28. ARIAS-GÓMEZ, Jesús; VILLASÍS-KEEVER, Miguel Ángel; MIRANDA-NOVALES, María Guadalupe. The research protocol III. Study population. *Revista Alergia México*. 2016. Vol. 63, no. 2, p. 201–206. DOI 10.29262/ram.v63i2.181.
29. SÁNCHEZ, F. *Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos*. 2019. Vol. 13, no. 1, p. 102–122.
30. HOYOS, J. Principios éticos de la investigación en seres humanos y en animales. *Medicina*. 2000. Vol. 60, no. 2, p. 255–258.
31. **Municipalidad de Aco**. *Plan anual de evaluación y fiscalización ambiental* 2021. p. 1–13.

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de consistencia

Tabla 14. Operacionalización de las variables

Operacionalización de las variables							
Variables	Tipo de variables	Definición	Conceptualización	Categorías o dimensiones	Indicadores	Ítems	
Quemas agrícolas (X) Independiente	Naturaleza	Esta práctica es parte de la agricultura andina en la cual se queman los residuos agrícolas para eliminar las malezas y seguir utilizando el suelo para cultivos.	Esta práctica se encuentra relacionada con la degradación del ambiente sobre todo de suelos, el uso del fuego en la quema de residuos agrícolas perjudica a la macrofauna del suelo, deteriora su estructura y como consecuencia afecta el desarrollo de los cultivos, también aumenta la erosión de los suelos lo que la hace más vulnerable a las inundaciones y derrumbes.	Alta	Categoría propuesta que delimita un área ubicada al centro, donde se observa una combustión con más intensidad que deja cenizas.	Ubicar la zona e identificar la magnitud de la quema que se realizó, estimando un área de A = 15 m ²	
	Cualitativa						
	Complejidad			Simple	Media	Categoría propuesta que delimita un área ubicada entre el centro y la periferia, donde se observa una intensidad media que deja residuos carbonizados.	Ubicar la zona e identificar la magnitud de la quema que se realizó, estimando un área de M = 20 m ²
	Función						
	Independiente				Baja	Categoría propuesta que delimita un área ubicada periferia, en la cual se observa que resiste muy poca variación de viento que deja mayor cantidad de residuos vegetales.	Ubicar la zona e identificar la magnitud de la quema que se realizó, estimando un área de B = 28 m ²

Cantidad de macroinvertebrados (Y) dependiente	Naturaleza			Arácnidos	
	Cualitativa				
	Complejidad	El ecosistema de los macroinvertebrados es diverso y abundante cumple diferentes roles que son importantes porque descompensan la materia orgánica y liberan nutrientes, también facilitan los procesos que determinan la fertilidad del suelo.	Los macroinvertebrados del suelo son poco considerados al momento de establecer ciertas prácticas agrícolas, no obstante, se ven afectadas directamente por el impacto de las quemadas agrícolas, uso de insumos químicos, etc. Condición que se refleja en la reducción o eliminación de especies de la macrofauna.	Lombrices	Realizar la cuantificación de las especies más relevantes para el estudio identificadas en el área, utilizando una caracterización simple de la macrofauna para medir su papel en diferentes agroecosistemas y el impacto de las prácticas de manejo sobre las densidades de población y estructura de comunidades.
	Compuesta			Grillos	
	Función				
	Dependiente			Isópodos	
					Cuantificación de las especies aplicando el método de <i>Tropical Soil and Fertility Program</i> (TSBF)

Anexo 2
Fotografías



Figura 18. Quema agrícola en un terreno de cultivo



Figura 19. Extensión de la quema agrícola en un terreno de cultivo



Figura 20. Quema agrícola en un terreno de cultivo agrícola



Figura 21. Entrevista a los pobladores de la zona respecto a las quemas agrícolas



Figura 22. Entrevista a los pobladores de la zona respecto a las quemas agrícolas



Figura 23. Elección del terreno agrícola para el experimento



Figura 24. Delimitación del área del experimento



Figura 25. Experimento de quema agrícola en el área delimitada



Figura 26. Toma de muestra antes de la quema agrícola



Figura 27. Toma de muestra después de la quema agrícola



Figura 28. Separar las muestras extraídas del suelo



Figura 29. Toma de coordenadas geográficas de los puntos muestreados



Figura 30. Esparcimiento de las muestras recolectadas



Figura 31. Selección y conteo de la macrofauna encontrada

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO DE SUELO					Página 1 de 2		
TOMA DE NUESTRAS : EFECTO DE LA QUEMA AGRÍCOLA EN LA CANTIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS DEL SUELO EN EL DISTRITO DE ACO VICSO, CONCEPCIÓN 2021 REFERENCIA : UBICACION : El distrito de Aco se encuentra situado, margen derecha del Rio Mantaro y en la parte occidental de la provincia de Concepción, a 8 kilómetros de la ciudad Concepción, Región Junín.							
P.MUESTREO: ACO,1,ESP-1		FECHA: 01/09/2021		HORA: 10:00 am			
DESCRIPCIÓN: Las tomas de muestras se llevaron a cabo en una parcela de 1250 m ² .							
COORDENADAS (Datum WGS84)		Uso de suelo	Suelo agrícola	Suelo residencial / Parque	Suelo comercial / Industria / Extractivo		
ZONA : 18 L			X				
NORTE : 8678733		Profundidad (m)	Tipo de muestra				
ESTE : 0459429		0,25	Sedimento		Cuerpo de agua asociado : _____		
ALTITUD : 3502			Relave	Lodo	Desmante	Otros:	
OBSERVACIONES : Se extrajeron muestras de 25 x 25 cm para realizar la cuantificación de la macrofauna del suelo de una parcela en el Distrito de Aco.							

Figura 32. Registro de datos de campo, con coordenadas WGS 84

P.MUESTREO: ACO,1,ESP-2		FECHA: 01/09/2021		HORA: 11:30 am			
DESCRIPCIÓN: Las tomas de muestras se llevaron a cabo en una parcela de 1250 m ² , en el cual el tamaño del experimento fue de 49 m ² .							
COORDENADAS (Datum WGS84)		Uso de suelo	Suelo agrícola	Suelo residencial / Parque	Suelo comercial / Industria / Extractivo		
ZONA : 18 L			X				
NORTE : 8678735		Profundidad (m)	Tipo de muestra				
ESTE : 0459397		0,25	Sedimento		Cuerpo de agua asociado : _____		
ALTITUD : 3502			Relave	Lodo	Desmante	Otros:	
OBSERVACIONES : Se extrajeron muestras de 25 x 25 cm para realizar la cuantificación de la macrofauna del suelo de una parcela en el Distrito de Aco.							

Figura 33. Registro de datos de campo, con coordenadas WGS 84

P.MUESTREO: ACO,1,ESP-3		FECHA: 15/07/2021		HORA: 12:10 am			
DESCRIPCIÓN: Las tomas de muestras se llevaron a cabo en una parcela de 1250 m ² , en el cual el tamaño del experimento fue de 49 m ² .							
COORDENADAS (Datum WGS84)		Uso de suelo	Suelo agrícola	Suelo residencial / Parque	Suelo comercial / Industria / Extractivo		
ZONA : 18 L			X				
NORTE : 8678731		Profundidad (m)	Tipo de muestra				
ESTE : 0459398		0,25	Sedimento		Cuerpo de agua asociado : _____		
ALTITUD : 3502			Relave	Lodo	Desmante	Otros:	
OBSERVACIONES : Se extrajeron muestras de 25 x 25 cm para realizar la cuantificación de la macrofauna del suelo de una parcela en el Distrito de Aco.							

Figura 34. Registro de datos de campo, con coordenadas WGS 84

P.MUESTREO: <input type="text" value="ACO,1,ESP-4"/>		FECHA: 15/07/2021		HORA: 12:55 am	
DESCRIPCIÓN: Las tomas de muestras se llevaron a cabo en una parcela de 1250 m ² , en el cual el tamaño del experimento fue de 49 m ² .					
COORDENADAS (Datum WGS84) ZONA : 18 L NORTE : 8678729 ESTE : 0459392 ALTITUD : 3502	Uso de suelo	Suelo agrícola	Suelo residencial / Parque		Suelo comercial / Industria / Extractivo
		X			
	Profundidad (m)	Tipo de muestra			
	0,25	Sedimento		Cuerpo de agua asociado : _____	
	Relave	Lodo	Desmonte	Otros:	<input type="text"/>
OBSERVACIONES : Se extrajeron muestras de 25 x 25 cm para realizar la cuantificación de la macrofauna del suelo de una parcela en el Distrito de Aco.					
RESPONSABLE : Leslie Damaris Cotrina Tantavilca FECHA: 1/09/2021					

Figura 35. Registro de datos de campo, con coordenadas WGS 84