



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“IMPACTO DE AGROQUÍMICOS EN LA DENSIDAD
POBLACIONAL Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LA FAUNA
EDÁFICA DE LA FINCA SANTA ADELA- CAÑETE”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Flavia Ximena Olórtegui Izaguirre (0000-0003-1299-4279)

Asesor:

Luis Abraham Gomero Osorio (0000-0002-4739-2094)

Lima – Perú

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 17 de octubre del 2022.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Blgo. Wilbert Cruz Hilacondo
Miembro: Mg. Ing. David Licapa Tacuri
Miembro: Mg. Ing. César Oswaldo Arévalo Hernández

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"IMPACTO DE AGROQUÍMICOS EN LA DENSIDAD POBLACIONAL Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LA FAUNA EDÁFICA DE LA FINCA SANTA ADELA- CAÑETE"

Presentada por la bachiller:

- **Flavia Ximena Olórtegui Izaguirre**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Ing. Luis Abraham Gomero Osorio

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

Tesis: Flavia Ximena Olórtegui Izaguirre			Nota (en letras): (Diecisiete) 17
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (x)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Blgo. Wilbert Cruz Hilacondo
Presidente



Mg. Ing. David Licapa Tacuri
Miembro 1



Mg. Ing. César Oswaldo Arévalo Hernández
Miembro 2



Ing. Luis Abraham Gomero Osorio
Asesor

Impacto de agroquímicos en la densidad poblacional y actividad biológica de la
fauna edáfica de la finca Santa Adela- Cañete

Agrochemical impact in population density and biological activity of soil fauna in
Santa Adela plantation- Cañete

Flavia Olórtegui^{1a}

¹Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

^a <https://orcid.org/0000-0003-1299-4279>

Resumen

La costa peruana tiene la menor extensión agrícola a comparación de la sierra y selva; no obstante, usa la mayor cantidad de plaguicidas. En la provincia de Cañete hace falta información cuantitativa sobre cómo se está afectando la salud de suelo por uso de estos insumos agrícolas; por eso, en el distrito de Nuevo Imperial, se seleccionó la finca Santa Adela para evaluar los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo, que incluyeron a microorganismos y lombrices. Los resultados indicaron la presencia de varios plaguicidas, incluyendo dos persistentes como Aoxystrobin e Imidacloprid, junto con un suelo en proceso de salinización, con poca materia orgánica y bajo número de bacterias, actinomicetos y hongos a comparación del control; sin embargo, no se encontraron efectos adversos en lombrices. La eliminación de microorganismos sensibles junto con un uso energético ineficiente por organismos adaptados y resistentes altera no solo su estructura, sino también su funcionabilidad que puede traer consecuencias en los ciclos de nutrientes y en la calidad del suelo.

Palabras clave: plaguicidas, microorganismos, salud del suelo

Abstract

The Peruvian coast has the smallest agricultural extension compared to the highlands and jungle; however, it uses pesticides the most. In the province of Cañete, quantitative information is needed to know how soil health is being affected by the use of these agricultural inputs; therefore, in Nuevo Imperial district, the Santa Adela plantation was selected to evaluate the physical, chemical and biological parameters of soil, which included microorganisms and earthworms. The results indicated the presence of several pesticides, including two persistent ones such as Axozystrobin and Imidacloprid, together with a soil in a salinization process, with little organic matter and a low number of bacteria, actinomycetes and fungi compared to the control; nevertheless, no adverse effects were found in earthworms. The elimination of sensitive microorganisms together with an inefficient energy use by adapted and resistant organisms alters not only their structure, but also their functionality, which can have consequences on nutrient cycles and soil quality.

Key words: pesticides, microorganisms, soil health

Introducción

Los agroquímicos son sustancias o mezcla de sustancias de ingredientes químicos o biológicos que tienen el propósito de regular el crecimiento de plantas o de destruir, repeler o controlar plagas. Estas últimas generan pérdidas del 40% de los cultivos para la alimentación global (FAO, 2018) lo cual, junto con un incremento de la demanda de alimentos, genera el uso indiscriminado de estos insumos. La aplicación de los agroquímicos empleados para el control de plagas terminan en el suelo, afectando la diversidad de especies que cumplen un rol ambiental, impactando la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (FAO, 2015; Lehman et al., 2015).

Las especies que transcurren la mayor parte o toda su vida dentro del suelo, en la hojarasca superficial o en troncos en descomposición son denominados fauna edáfica (Brown et al., 2001), uno de los grupos es la macrofauna con invertebrados con una longitud igual o mayor a 10 mm y un ancho mayor a 2 mm (Cabrera et al., 2017). Dentro de la macrofauna son consideradas termitas, arácnidos y lombrices de tierra, las cuales mejoran la fertilidad del suelo por medio de la formación de humus, construcción de túneles y deposición de excrementos (Crespo, 2013; Dahlsjö et al., 2020). Estas facilitan la descompactación y aireación del suelo, asimismo aportan nutrientes al suelo.

La microbiota incluye microorganismos que son imprescindibles para mantener la calidad del suelo, estos incluyen a los hongos, bacterias y actinomicetos (bacterias gram positivas) que descomponen y mineralizan la materia orgánica (Acuña et al., 2013). Este proceso libera nutrientes y se da dentro de los primeros 10 cm debajo de la superficie, donde se encuentra hasta más de la mitad de la

población de microorganismos. El valor del contenido de la biomasa microbiana y la actividad biológica son indicadores de la salud del suelo puesto que mantienen la funcionalidad del ecosistema (Arora & Sahni, 2016).

Los plaguicidas tienen efectos negativos en estos organismos que han sido demostrados en diversos estudios (Pelosi et al., 2014). Las lombrices, al ser sensibles a la presencia de agroquímicos, se pueden ver afectadas por medio de las siguientes formas: interrupción de actividades enzimáticas, incremento de la mortalidad, disminución de fecundidad y crecimiento, cambio en el comportamiento alimenticio, y una disminución general de la biomasa (Pelosi et al., 2014; Potter et al., 1990). Sin embargo, existen estudios en donde fórmulas de plaguicidas, a concentraciones recomendadas para agricultura, no causan la mortalidad de lombrices; solo estrés (Ouina et al., 2017). Así también, dependiendo del tipo de plaguicida y dosis usada, generan un efecto inhibitorio en el crecimiento de microorganismos (Ataikiru et al., 2019; Pastor et al., 2015; Torres et al., 2009) como actinomicetos y hongos benéficos (Chaves-Bedoya et al., 2013).

Solo en el 2017, en el Perú se utilizaron alrededor de 10 mil toneladas de agroquímicos (FAO, 2021); siendo la región Costa con el mayor porcentaje de uso por más que posee el área agropecuaria con menor extensión (INEI, 2012). El Servicio Nacional de Sanidad Agraria- SENASA es la autoridad competente de la supervisión fitosanitaria y zoonosanitaria. Entre sus funciones se incluye el registro y fiscalización de agroquímicos dentro el territorio nacional (*Decreto Ley N° 25902, 1992; Decreto Supremo N°018-2008-AG, 2008*). Sin embargo, existen investigaciones en donde se demuestra la ausencia de un seguimiento

apropiado por las autoridades, como en el caso de comunidades de campesinos en la Sierra central que usan insumos agrícolas prohibidos (Montoro et al., 2009).

Según un informe realizado por la Universidad Nacional Federico Villareal, los horticultores del valle del río Cañete aplican plaguicidas de tal forma que generan riesgo no solo para su salud y el cultivo, sino también para el ambiente (Escobar et al., 2018). A su vez, se tiene un estudio cualitativo a nivel provincial en donde se entrevistaron a 80 agricultores sobre la contaminación por plaguicidas en campos de cultivo, obteniendo un 33% que considera una contaminación muy alta y un 35% una contaminación alta (Castillo et al., 2020).

Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación fue identificar el estado del suelo de la finca Santa Adela con prácticas agronómicas que usan grandes cantidades de agroquímicos en comparación al Refugio de Santiago, donde no se aplican agroquímicos.

Materiales y métodos

Área de estudio y diseño experimental

La investigación se realizó en el distrito de Nuevo Imperial, provincia de Cañete, departamento de Lima, ubicado entre las coordenadas 13°4'31.5" de latitud sur y 76°19'1.9" latitud oeste, a 205 m.s.n.m. La zona presenta una temperatura promedio anual de 19,8°C, con una máxima en verano de 23°C y de 16,3°C en invierno; y una precipitación anual promedio de 26,6 mm (Alagon, 2011).

El estudio se realizó en una plantación de manzanas verdes "Santa Rosa" (*Malus domestica*) ubicada en el distrito de Nuevo Imperial. El área cultivada es de 0,75 ha (Figura 1). Por medio de una entrevista al propietario, se supo que el fundo

fue adquirido en 1958 y su uso siempre fue agrícola. Durante el pasar de las décadas se cultivaron flores (margarita y dalia), papa, camote, vid, entre otros; siendo la vid el cultivo que más tiempo se mantuvo. El cultivo de manzana empezó en el 2016 por una mayor rentabilidad y se sostiene una buena productividad de 40 000 kg/ha/campaña con buena calidad del fruto.

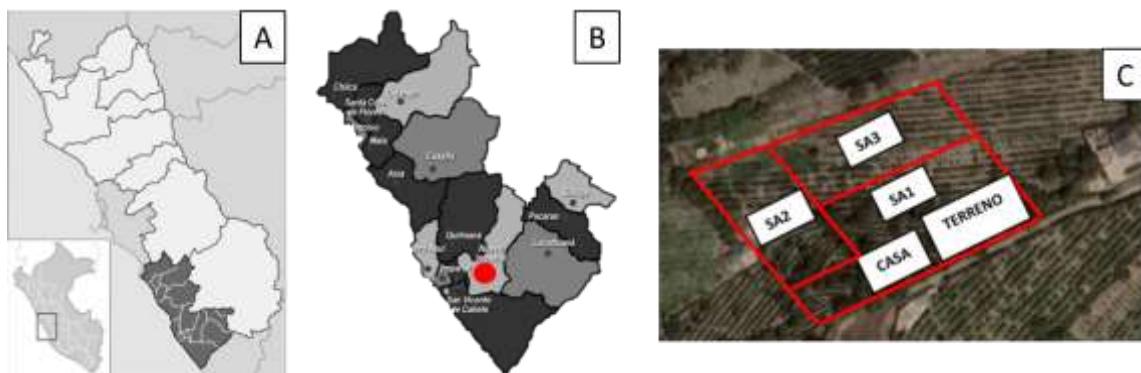


Figura 1: Ubicación geográfica de: (A) la provincia de Cañete; (B) distrito de Nuevo Imperial; (C) Finca *Santa Adela*

Del mismo modo, se seleccionó el jardín etnobotánico “Refugio de Santiago” cuyo sistema de producción de árboles frutales es orgánico desde el 2000, con un área menor a 1 ha (Figura 2). Mediante la misma entrevista al dueño, se supo que la propiedad fue adquirida en 1999 y el uso siempre fue de plantas perennes, siendo árboles frutales en la actualidad, que son manejados sin ningún insumo sintético y con grandes cantidades de compost. Ambos sitios de estudio se encuentran a una distancia de 24,7 km y presentan las mismas condiciones agroecológicas como clima, temperatura y humedad. La diferencia está entre el

uso y no uso de agroquímicos, lo cual se puede observar en la Tabla 1 donde se especifican el tipo y dosis de plaguicida usados en cada sitio estudiado.

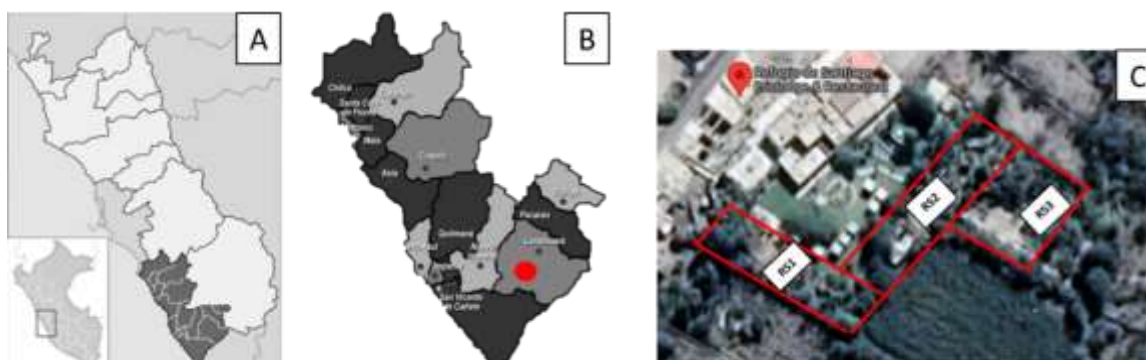


Figura 2: Ubicación geográfica de: (A) la provincia de Cañete; (B) distrito de Lunahuaná; (C) Refugio de Santiago

Tabla 1

Agroquímicos usados en cada sitio de estudio

Sitio	Ingrediente activo	Nombre comercial	Clase/dosis
Fundo Santa Adela	<u>Plaguicidas:</u>		
	Cianamida	Recargador 50 SL	Regulador de crecimiento/ 5-6 l*
	Chlorpyrifos	Sanpifos	
	Carbosulfan	Sulmat 480 EC	Insecticida/ 500 cc*
	Abamectina	Abamectam 1.8 EC	Insecticida/ 150 cc*
	Tebuconazole	Reventon 250 EW	Acaricida, insecticida/ 150 cc*
	Spirodiclofen	Chalango 250 SC	
	Azoxystrobin	Domador 500 WG	Fungicida/ 200-300 cc*
	Fipronil	Activo 200 SC	Acaricida/ 300 cc*
	Mancozeb,	Acroteb 690 WP	Fungicida/ 100 g*
	Dimethomorph		Insecticida/ 150 cc*
	Fenpyroximate,	Bye-Acar 100 SC	Fungicida/ 1 kg*
	Hexythiazox		
	Lambda-Cyhalothrin,	Militar 247 SC	Acaricida/ 300 cc*
	Thiamethoxam		Insecticida/ 200 cc*
<u>Fertilizantes</u>			
	Super fosfato Ca	8 bolsas/ ha	
	Nitrosol	4 bolsas/ha	
	Humic ferti	4 bolsas/ha	
	Urea	4 bolsas/ha	
	Guano		

Refugio de Santiago	Plaguicidas: Detergente, hormigas Fertilizantes : Compost	30 m ³ /ha/año
---------------------	--------------------------------------------------------------------	---------------------------

*Por barril de 200 l

Muestreo de suelo

Las muestras se recolectaron el 5 de diciembre del 2020, tres meses antes de la época de cosecha en cada uno de los sitios de estudio. Cada sitio se dividió en tres sub parcelas; en cada sub parcela se muestreó el suelo en 10 estaciones seleccionadas aleatoriamente a través de rejillas regulares de 1 m por lado a una profundidad de 15 cm. Estas se encontraron cerca de las plantas y se evitaron los bordes. De cada sub parcela se generó una muestra compuesta de 1 kg por 100 g extraídos de cada estación, obteniendo al final tres muestras compuestas por sitio estudiado correspondiendo a tres repeticiones. Este procedimiento se realizó tres veces por cada sitio estudiado teniendo en total 18 kg de suelo (Figura 3 y 4). Cada muestra fue depositada en bolsas de plástico de primer uso debidamente rotuladas y se depositaron en un cooler a 4-6°C hasta su análisis en el laboratorio.

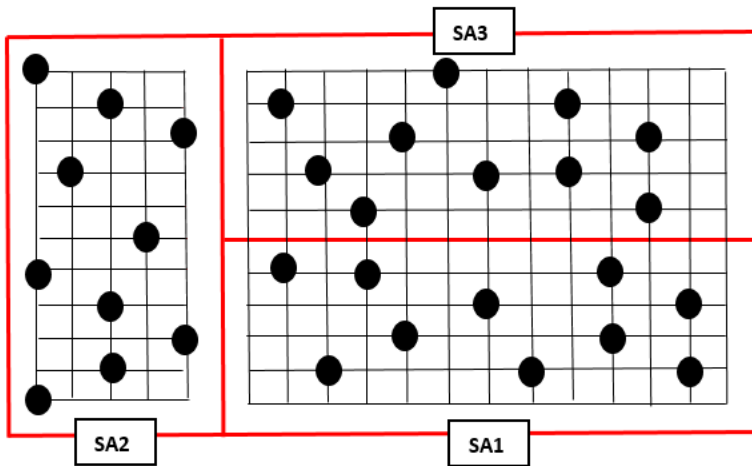


Figura 3: Fundo Santa Adela con los puntos de muestreo.

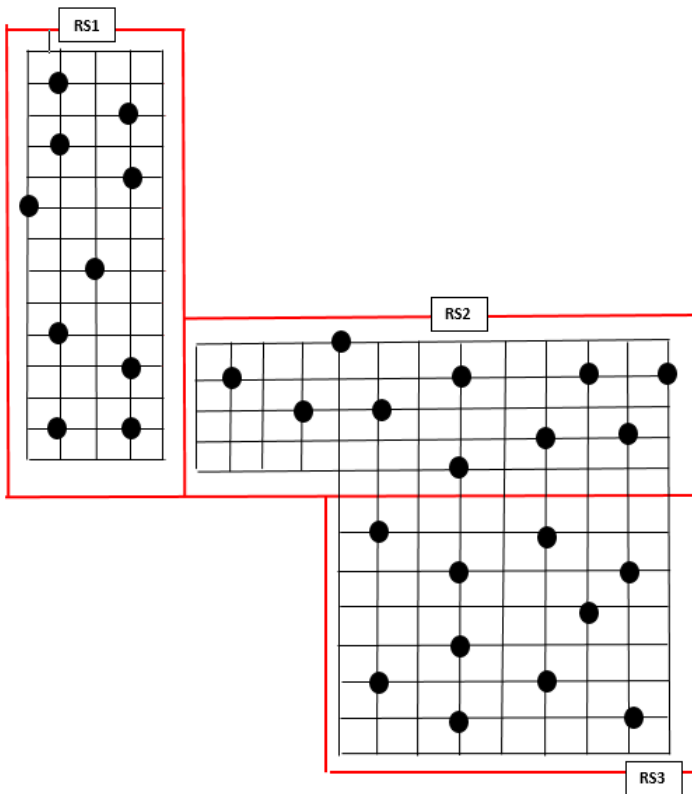


Figura 4: Refugio de Santiago con los puntos de muestreo.

Medición de variables

Las variables se dividieron en cuatro grupos: moléculas de plaguicidas, caracterización, actividad biológica, y salud del suelo. Las moléculas de plaguicidas fueron medidas por el laboratorio acreditado Ceimic a través del Análisis de Multi-Residuos de plaguicidas cuya metodología fue por medio de la Cromatografía Líquida con doble detector de masas junto con la Cromatografía Gaseosa con doble detector de masas (CEIMIC, 2020). Por otro lado, el Laboratorio de análisis de Suelos, Plantas, Aguas, y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) se encargó de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos del suelo siguiendo los pasos descritos en el Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego (Bazán, 2017). Entre estos, el pH se midió con potenciómetro en relación 1:1 de agua y suelo; la conductividad eléctrica (CE) con conductímetro relación 1:1; la materia orgánica a través del método de Walkley y Black con oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio; la capacidad de intercambio catiónico (CIC) por medio de la saturación del complejo arcillo-húmico con acetato de amonio y posterior destilación del nitrógeno por Kjeldahl; el carbonato de calcio mediante el método gasovolumétrico utilizando ácido clorhídrico: potasio disponible a través de la extracción con acetato de amonio con lectura por espectrofotometría de absorción atómica; fósforo disponible por medio del método de Olsen modificado habiendo extracción con bicarbonato.

Los parámetros físicos de estructura, densidad aparente (D_A) y porosidad fueron evaluados en campo siguiendo la metodología del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Para la estructura, se removieron 20 cm del suelo, se tomó nota del tipo, tamaño y grado de los agregados del suelo; siendo esto comparado con las tablas de clasificación propuestas por el USDA (Schoeneberger et al., 2012).

En el caso de la D_A , se empleó se usó un cilindro con volumen conocido (992,35 cm^3), el cual se introdujo en el suelo hasta ser llenado por completo (Forsythe, 1985). Se retiró el suelo dentro del cilindro y se dejó secar a temperatura ambiente hasta llegar a peso constante con uso de una balanza convencional. La D_A se evaluó mediante la relación del peso del suelo seco (g) y el volumen del cilindro (cm^3) multiplicado 100. Posteriormente, se evaluó la Porosidad total según Doran et al. (1999) mediante la fórmula $1-(D_A/2,65)$.

Evaluación biológica

Se evaluó la cantidad de bacterias, actinomicetos y hongos, junto con respiración basal a cargo del Laboratorio de análisis de Suelos, Plantas, Aguas, y Fertilizantes de la UNALM. Para cuantificar los tres grupos de microorganismos se usó dilución seriada y cultivo en medio sólido (Ramírez et al., 2017); para la respiración basal se empleó el método de captura en álcali descrito en Anderson (1982). La cantidad de lombrices fue medida en campo usando el procedimiento empleado en Wuest et al. (2005) donde se usó un cilindro de área conocida ($70,88\text{cm}^2$) el cual se introdujo en el suelo hasta llegar al ras de la superficie y

vertió la porción recolectada sobre una batea donde se contaron las lombrices de tierra presentes. Luego, se realizó un promedio del número de lombrices en base a los puntos de muestreo por sub parcela y el resultado se extrapoló a un área de 1 m².

Finalmente, se integraron los datos de los parámetros físicos, químicos y biológicos recopilados de ambos sitios y se mostraron en un gráfico radial hecho en el programa Excel para hacer una comparación entre los sistemas. Las tablas de valoración de cada parámetro fueron elaboradas a través de una recopilación bibliográfica. La escala utilizada fue del 1 al 10; siendo 1 representación de la peor calidad indicando valores muy bajos para CIC, materia orgánica, fósforo, potasio, carbonatos, porosidad, respiración, lombrices y microbiota (Abi-Saab, 2012; Andrade y Martínez, 2014; Doran et al., 1999; Gomero, 2017; Guerrero, 1998); e indicando valores extremos para CE, pH y DA (Abi-Saab, 2012; Doran et al., 1999; Rojas et al., 2018).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de la medición de las variables se analizaron a través de la prueba t de Student con un nivel de significancia de 0,05. En los casos donde no se cumplía homogeneidad de varianzas, se utilizó la prueba t de Welch. El programa estadístico que se empleó fue SPSS.

Para comparar entre sistemas, se usaron gráficos radiales del programa Excel.

Resultados

Evaluación de las trazas de plaguicidas identificadas

En la Tabla 2 se confirmó el no uso de agroquímicos en el Refugio de Santiago al no encontrar ningún ingrediente activo. Contrariamente, en el suelo Santa Adela se identificaron varias moléculas de plaguicidas; algunas de ellas coincidieron con el Programa de aplicación de manzana (Tabla 1) tales como: Chlorpyrifos, Tebuconazole, Azoxystrobin, Dimethomorph, Difeconazole y Cyhalothrin Lambda (Tabla 3). No obstante, hubo moléculas que no, entre ellas: Cianamida, Carbosulfan, Abamectina, Spirodiclofen, Fenpyroximate, Hexythiazox y Mancozeb.

Tabla 3

Ingredientes activos encontrados en los sitios de estudio

Pesticidas	Sitios de estudio					
	SA1	SA2	SA3	RS1	RS2	RS3
Azoxystrobin	ND	ND	0,018±0,004	ND	ND	ND
Carbendazim	0,058±0,017	0,048±0,014	0,283±0,082	ND	ND	ND
Chlorpyrifos	ND	ND	0,012±0,001	ND	ND	ND
Cyhalothrin Lambda	ND	ND	0,007±0,001	ND	ND	ND
Cypermethrin	ND	ND	0,043±0,007	ND	ND	ND
Difenoconazole	0,022±0,004	0,009±0,002	0,032±0,005	ND	ND	ND
Dimethoate	ND	ND	0,012±0,003	ND	ND	ND
Dimethomorph	ND	ND	0,029±0,005	ND	ND	ND
Imidacloprid	ND	0,006±0,002	0,018±0,005	ND	ND	ND
Iprodiona	ND	ND	0,059±0,018	ND	ND	ND
Lufenuron	ND	ND	0,025±0,005	ND	ND	ND
Pyrimethanil	0,015±0,003	0,006±0,001	0,095±0,020	ND	ND	ND
Tebuconazole	0,01±0,002	0,017±0,004	0,072±0,016	ND	ND	ND

ND: No Detectado. Valor ± incertidumbre Unidad: mg/kg de suelo

Al no existir Límites Máximos Permisibles (LMP) para los plaguicidas del estudio, se emplearon niveles de detección (*Screen Levels*) en suelo para la protección de agua subterránea y concentración letal media (LC₅₀) de lombriz de tierra (Tabla 4). Comparando con los niveles de detección, el Dimetoato fue el único en superar el límite lo cual estaría indicando que hay potencial riesgo de contaminación de aguas freáticas. Por otro lado, ninguna concentración sobrepasó los límites de LC₅₀ demostrando que no habría peligro mortal hacia la macrofauna edáfica.

Tabla 4

Niveles de detección y LC₅₀ de lombriz de tierra de plaguicidas encontrados

Ingrediente activo	Niveles de detección ¹ (mg/kg)	LC ₅₀ lombriz de tierra (mg i.a./kg)	Referencia para LC ₅₀ de lombriz
Azoxystrobin	-	278	Environmental Protection Agency (1997)
Carbendazim	-	5,7	World Health Organization (1993)
Chlorpyrifos	0,13	91,78	Zhou et al. (2007)
Cyhalothrin Lambda	-	68,5	Garcia et al. (2011)
Cypermethrin	230	69,78	Zhou et al. (2008)
Difenoconazole	-	6110	Teklu y Deniz Yakan (2021)
Dimethoate	0,0099	31	Teklu y Deniz Yakan (2021)
Dimethomorph	-	>1000	Spadafora, V. J. y Sieverding (1998)
Imidacloprid	-	10,7	Teklu y Deniz Yakan (2021)
Iprodiona	0,23	>500	Lewis et al. (2016)
Lufenuron	-	1,87	Badawy et al. (2013)
Pyrimethanil	-	626	Kovarich et al. (2020)
Tebuconazole	-	1381	Kovarich et al. (2020)

¹Fuente: Environmental Protection Agency, (2021)

Por más que solo el Dimetoato haya presentado el único riesgo potencial, en la Tabla 5 se puede identificar que es no persistente por lo cual se reduciría el nivel

de riesgo. Sin embargo, tanto el Azoxytrobin como el Imidacloprid son persistentes, teniendo la mayor cantidad de tiempo para causar efectos en la calidad y salud del suelo.

Tabla 5

Tiempo de vida media de los plaguicidas encontrados

Plaguicidas	DT ₅₀ en campo	Interpretación
Azoxytrobin	120,9-261,9 días	Persistente
Carbendazim	11-78 días	No persistente
Chlorpyrifos	0,32-88,9 días	No persistente
Cyhalothrin Lambda	12-40 días ¹	No persistente
Cypermethrin	9,3-31,2 días	No persistente
Difenoconazole	20-265 días	Moderadamente persistente
Dimethoate	4,6-9,8 días	No persistente
Dimethomorph	34-54 días	Moderadamente persistente
Imidacloprid	104-228 días	Persistente
Iprodiona	3,5-35,3 días	No persistente
Lufenuron	13-23,7 días ²	No persistente
Pyrimethanil	5,3-34,5 días	Moderadamente persistente
Tebuconazole	25,8-91,6 días	Moderadamente persistente

Tomado de Lewis et al. (2016). ¹ Behl y Rieder (1997). ² Mchenery (2016).

Caracterización

Análisis de la composición de suelo (Física -química)

En la Tabla 6, ambos sitios de estudio presentaron una textura franco arenosa junto con una estructura tipo granular, tamaño fuerte y grado fino. Tanto la densidad aparente y la porosidad no mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$); mostrando una clase moderada y alta, respectivamente (Figura 5).

Referente a las variables químicas, se pudo observar una conductividad eléctrica moderadamente salina y un porcentaje de materia orgánica bajo en el suelo Santa Adela (Figura 5). A su vez, la cantidad de fósforo mostró clase alta en ambos sitios (Figura 5) y presentó diferencias significativas, siendo la cantidad en suelo de Santa Adela significativamente menor que en el Refugio de Santiago.

Composición biológica del suelo

En la parte microbiológica, se encontró una cantidad de bacterias, actinomicetos y hongos muy baja en el suelo Santa Adela de manera significativa ($p < 0,05$). Sin embargo, por más que se tuvo un menor conteo de estos microorganismos, no hubo diferencias en la respiración. Cabe resaltar que los valores de respiración basal en ambos sitios de estudio fueron inusualmente altos. En el caso de lombrices, no hubo mayor diferencia reportada (Tabla 7).

Tabla 6

Variables fisicoquímicas de los sitios de estudio

Sitio	pH	C.E (dS/m)	M.O (%)	P (ppm)	K (ppm)	C.I.C.	T	D.A. (g/cm ³)	Porosidad (%)	CaCO ₃ (%)
SA	7.54ns	5,89a	1,33a	55,2a	511,67ns	11,95ns	Fr. A.	1,37ns	48,3ns	1,94ns
RS	7,88ns	0,92b	3,72b	98,23b	298,67ns	13,55ns	Fr. A.	1,37ns	48,43ns	2,10ns

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). SA: Santa Adela: RS: Refugio de Santiago. CE: conductividad eléctrica. MO: materia orgánica. P: Fósforo. K: Potasio. CIC: Capacidad de intercambio catiónico. T: Textura. DA: Densidad Aparente. NS: no significativo

Tabla 7

Variables biológicas de los sitios de estudio

Sitio	Bacterias ^a	Actinomicetos ^a	Hongos ^a	Respiración ^b	Nº lombrices /m ²
SA	$1,08 \times 10^6 \pm 3,6 \times 10^5$ a	$2,9 \times 10^4 \pm 1,5 \times 10^4$ a	$5,6 \times 10^5 \pm 3,9 \times 10^5$ a	$297 \pm 211,86$ ns	$235,14 \pm 81,46$ ns
RS	$8,5 \times 10^6 \pm 2,5 \times 10^6$ b	$2,7 \times 10^5 \pm 1,1 \times 10^5$ b	$2,6 \times 10^6 \pm 9,4 \times 10^5$ b	$506,67 \pm 288,39$ ns	$282,17 \pm 141,09$ ns

Valor \pm desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). SA: Santa Adela: RS: Refugio de Santiago. ^a UFC/g de suelo seco. ^b mg CO₂/g de suelo seco/ día. NS: no significativo

Comparación entre sistemas

Al integrar los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el gráfico radial (Figura 5) se observó puntajes claramente menores para la finca Santa Adela en conductividad eléctrica, materia orgánica y en todos los conteos de microorganismos. También se evidenció puntajes bajos para carbonato de calcio, CIC, densidad aparente y respiración para ambos sitios.

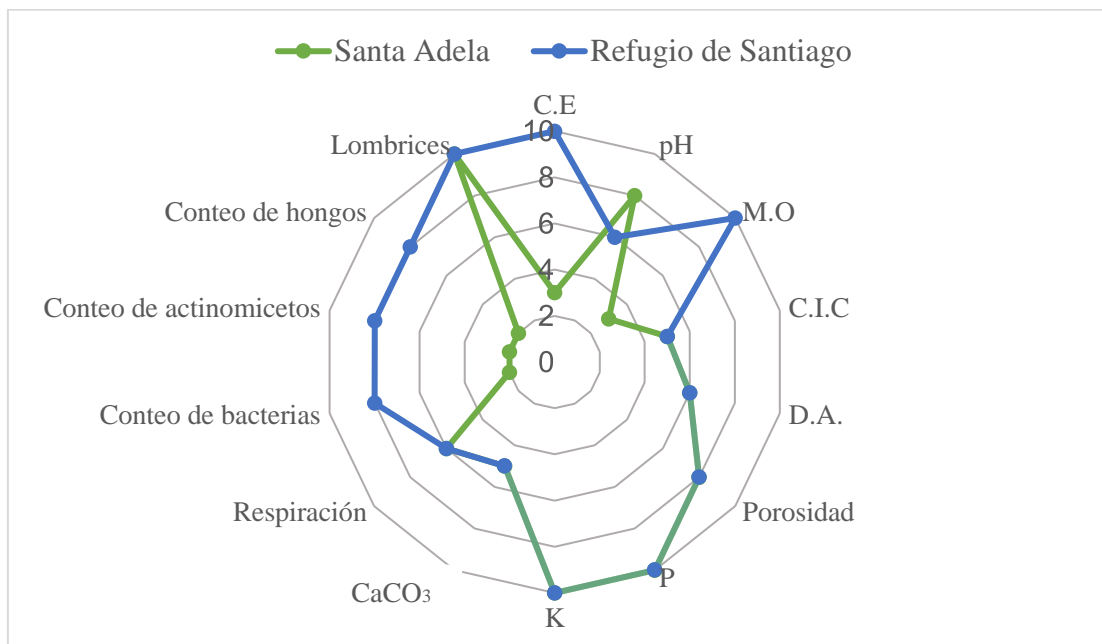


Figura 5: Parámetros fisicoquímicos y biológicos de los sitios de estudio. *Nota.* M.O: Materia orgánica. C.I.C: Capacidad de intercambio catiónico. D.A.: densidad aparente. P: Fósforo. K: Potasio. CaCO₃: Carbonato de calcio.

Discusión

La falta de límites máximos permisibles (LMP) de plaguicidas en suelo en la legislación peruana y en el mundo no significa que la presencia de ingredientes activos sea inocua. Es importante resaltar que en el suelo pueden ocurrir 3 procesos respecto a los plaguicidas: retención (adsorción y absorción), transporte, y degradación. Cada proceso es complejo y depende tanto de las propiedades fisicoquímicas del suelo, condiciones climáticas y características del plaguicida (Aparicio et al., 2015). Estos pueden hacer que los plaguicidas estén disponibles para las plantas o que las moléculas se trasladen a otro medio. Esto se observó en el estudio de Lizano (2016) con manzanas Delicia en los distritos de Calango y Santa Cruz de las Flores en la provincia de Cañete. La mitad de sus muestras presentaron Cipermetrina y Tebuconazole sin pasar los LMR del Codex. En relación a los plaguicidas persistentes encontrados, el Azoxystrobin en vegetales tiende a acumularse en las raíces frente a un bajo nivel de adsorción en el suelo (Xu et al., 2022) y en frutales tiene la capacidad de adentrarse en la parte interna del fruto (Utture et al., 2011). Del mismo modo, el Imidacloprid puede penetrar el albedo y membrana en frutas como la granada (Utture et al., 2012), su absorción depende de una alta cantidad de lípidos en raíces, una baja tasa de transpiración en plantas, de la materia orgánica en suelo, pH y concentración del plaguicida en el agua capilar (Ju et al., 2020). Adicionalmente, el Imidacloprid tiene gran afinidad con la hematita, presentando un riesgo mayor de acumulación en suelo que una lixiviación a corto plazo (Petkovic Didovic et al., 2022). No obstante, a largo plazo la lixiviación puede causar problemas puesto que el suelo es la vía principal de acceso de plaguicidas a cuerpos de agua superficiales y subterráneos (Arias-Estévez et al.,

2008) y en base a los resultados, tanto Dimetoato, Azoxytrobin e Imidacloprid pueden estar presentando un peligro para aguas subterráneas. Sin embargo, no hay estudios sobre la presencia de plaguicidas en el río Cañete u otros cuerpos de agua aledaños.

Referente a los parámetros químicos, mayor salinidad y la menor cantidad de fósforo en suelo con manejo convencional es coherente con la aplicación de insumos químicos. La presión sobre el suelo agrícola por una mayor producción genera una mayor remoción de macro elementos y genera la necesidad de suplir este déficit de nutrientes a través del empleo de fertilizantes químicos; lo cual podría estar generando un proceso de salinización (Pastor et al., 2015; Treder et al., 2020).

Un manejo orgánico del suelo depende de un gran uso de sustancias orgánicas (abonos verdes o compost) junto con prácticas que promuevan el incremento de materia orgánica tales como labranza cero, cultivos de cobertura, rotación de cultivos, entre otros (Alföldi et al., 2003; Bot & Benites, 2005). Puede que en el Refugio de Santiago no se den todas las prácticas orgánicas, pero el manejo que se está dando puede estar generando un aumento de materia orgánica a comparación del monocultivo. A su vez, también se ha observado una mayor cantidad de materia orgánica junto con mayores cantidades de fósforo, nitrógeno y potasio en cultivos de manzano de 15 años de edad con fertilizantes orgánicos y plaguicidas químicos en dosis menores a las recomendadas (Kai & Adhikari, 2021). Esto conllevó a una mayor cantidad de nutrientes ciclados que produjeron la misma cantidad de manzanas que las del cultivo con manejo convencional (Kai & Adhikari, 2021). Cabe destacar que una alta presencia de materia

orgánica previene efectos negativos de insumos químicos a través de la absorción de xenobióticos (Tejada et al., 2015), reduciendo la toxicidad e incrementado el número de degradadores (Bhattacharya & Sahu, 2013).

Existe una amplia gama de información respecto a cómo diferentes plaguicidas en distintas concentraciones afectan a organismos del suelo. De los plaguicidas encontrados en el presente estudio, Wang et al. (2018) analizaron el efecto de Azoxystrobin en suelo superficial, obteniendo una disminución significativa en bacterias y actinomicetos con aumento de la dosis, y un aumento de hongos junto con una inhibición de la respiración basal. Se presentó un pH ácido (5,22) como la razón del incremento de hongos. No obstante, Baćmaga et al. (2015) observaron una disminución de hongos junto con un incremento de bacterias y actinomicetos en los primeros 30 días de incubación para luego disminuir entre los días 60 y 90. Esto demuestra que la respuesta depende tanto del ingrediente activo como de la tolerancia de los microorganismos (Baćmaga et al., 2015).

La variación del número de microorganismos y de la respiración basal se ha presenciado tanto en la parte primaria como tardía de diversos estudios. Por ejemplo, Carbendazim en dosis recomendadas disminuyó significativamente el número de bacterias totales, hongos totales y actinomicetos hasta el día 21; luego, las cantidades incrementaron por la adaptación a condiciones nuevas (Mohiuddin, 2013). Este comportamiento también se dio con Chlorpyrifos pero con dosis alta y solo con la población de hongos hacia el final del estudio, a su vez, se notó un descenso de la respiración sin mejora con la misma dosis alta (Dutta et al., 2010). A sí mismo, se ha tenido inhibiciones dosis-dependiente de

poblaciones bacterias gram positivas, bacterias gram negativas y hongos totales con Cypemetrin, aludiendo a una incompatibilidad de los microorganismos con el plaguicida (Tejada et al., 2015). Esta incompatibilidad también fue observada en un estudio con dos suelos agrícolas (areno arcilloso y franco arcilloso) con Dimetomorph y Mancozeb. Frente a dosis altas, el metabolismo de microorganismos sensibles fue perturbado debido a una menor capacidad de fijación de fungicidas, resultando en una menor tasa de respiración; no obstante, frente a estas dosis altas, la cantidad de bacterias aumentó a causa del ingreso de nutrientes y de la presencia de hifas muertas, lo cual elimina antagonismo o competencia generada por hongos (Cycoñ et al., 2010).

Continuando con el punto anterior, el incremento de un grupo de microorganismos puede darse por inhibición de otro. Esto se dio con Tebuconazole y Cyhalothrin Lambda en donde, por más que no se afectara la respiración negativamente, disminuyó la cantidad de hongos aumentando la cantidad de bacterias con ambos plaguicidas (Cycoñ et al., 2006). Asimismo, la combinación de Difeconazole y Azoxystrobin tuvo un efecto perjudicial para los hongos, provocando un incremento de bacterias y actinomicetos hasta el día 12 de incubación junto con una inhibición de la respiración que se fue recuperando con el tiempo dando a entender que los efectos negativos de fungicidas desaparecen gradualmente por la degradación de sustancias tóxicas (Meenakshi et al., 2007). Esta recuperación luego de cierto tiempo después de la aplicación de plaguicidas fue estudiada con Iprodiona en suelo agrícola y pastizal con vermicompost, donde la actividad microbiana mermó entre los días 7 y 30 para luego incrementar solo en el suelo agrícola (Verdenelli et al., 2012). Aun así, puede que esta mejora conlleve ciertas consecuencias como la

afectación de abundancia de bacterias tales como Chloroflexia y Acidobacteria, junto con la disminución de enzimas esenciales (Zhang et al., 2017). Esta situación también sucedió con Imidacloprid en suelo pastizal, donde el número de bacterias heterótrofas tuvo una ligera disminución para luego aumentar; sin embargo, el grupo de bacterias nitrificantes fue severamente afectado junto con la respiración inducida del suelo dando a entender que ciertos grupos son más resistentes que otros (Cycoń y Piotrowska-Seget, 2015).

La reducción de microorganismos sensibles explicaría los números significativamente menores de bacterias, actinomicetos y hongos en el presente estudio. No obstante, resulta interesante que no haya diferencias en la respiración y que este valor sea extremadamente alto en ambos sitios. Eisenhauer et al. (2009) reportó sobre los estudios de en Dimetoato y Chlopyrifos, donde Chlorpyrifos (en cantidad baja de 2% p/p, 40 g/l de agua) incrementó la respiración específica del suelo mas no la basal ni la biomasa microbiana debiéndose a una ineficiente metabolización del carbono por parte de los microorganismos, direccionando gran parte de su energía a la respiración en vez del crecimiento (Eisenhauer et al., 2009). Del mismo modo, en el presente estudio se tiene una cantidad importante de nutrientes provenientes de diversos agroquímicos que resulta crucial como fuente de energía que no está siendo descompuesta adecuadamente, pudiendo generar así una alta respiración basal en el caso de Santa Adela; y en el caso del Refugio de Santiago, la fuente de energía proviene de la gran cantidad de compost que está generando estrés ecológico en la microbiota (Babur, 2019; Doran et al., 1999). Este exceso de nutrientes también se ha observado en cultivos orgánicos de manzanas en Corea del Sur, demostrando que un sistema de producción no siempre será

íntegramente mejor minimizando impactos negativos de la pérdida de nutrientes por agricultura; por eso, es importante hacer uso eficiente del compost para lograr un balance de nutrientes apropiado (Chung & Lee, 2008).

En el caso de las lombrices, se reporta el efecto negativo de los plaguicidas Difeconazole, y el Pirimetanil que son categorizados como supertóxico y extremadamente tóxico respectivamente (Velki et al., 2018). Inversamente, se ha demostrado resistencia de lombrices frente al Lufenuron con una dosis letal media de 206,31 mg i.a./kg a 14 días de exposición, generando un riesgo bajo al ecosistema suelo (Manrique-Guillén et al., 2018). Asimismo, se ha observado que el número de lombrices no fue significativamente diferente frente hasta cuatro veces las dosis recomendadas de Lindano y Endosulfan, dando a entender que las dosis de campo son relativamente seguras (Santamaría et al., 2018; Urkude et al., 2014). Esto se demuestra en el número de lombrices en ambos sitios de estudio, donde no hay mayor diferencia. A pesar de ello, es importante tomar en consideración el tiempo de estudio para observar los efectos progresivos en estos organismos. Siendo un ejemplo la investigación realizada por Treder et al. (2020), que identificó una disminución de la densidad individual y biomasa de lombrices en suelos agrícolas con plaguicidas (con dosis recomendadas) en comparación a suelos sin plaguicidas en sus 52 años de estudio.

La sanidad del suelo de la finca Santa Adela se encuentra en una situación peligrosa con un suelo en proceso de salinización, bajo en materia orgánica y en número de microorganismos en relación al Refugio de Santiago; que, hasta el momento, no ha generado problemas visibles a los productores. Este manejo no

solo afecta la funcionabilidad de los microorganismos, sino también a su estructura (Schmid et al., 2011). Por otro lado, el suelo del Refugio de Santiago se encuentra en mejor estado con baja salinidad, alta biomasa microbiana y una mayor cantidad de nutrientes como fósforo gracias a una cantidad considerable de materia orgánica que, a su vez, puede estar generando cierta cantidad de estrés a los microorganismos.

Conclusiones

La presencia de plaguicidas persistentes como Azoxyestrobilina e Imidacloprid, y del Dimetoato en el suelo de la finca Santa Adela generan no solo un riesgo de acumulación sino también un riesgo de lixiviación poniendo en peligro la calidad del suelo, aguas subterráneas, y de la misma planta. A su vez, gracias a todos los plaguicidas encontrados se presenciaron reducciones en la población microbiana al causar un posible estrés haciendo que usen fuentes de energía ineficientemente. Simultáneamente, el suelo del Refugio de Santiago presentó mejores parámetros biológicos y químicos con una cantidad de materia orgánica que puede estar incrementando la respiración de los microorganismos. Por último, se recomienda realizar más investigaciones sobre la cantidad de plaguicidas en suelo, agua (superficial y subterránea), planta y fruto en la provincia de Cañete; aplicar técnicas de desalinización de suelo y evaluar las cantidades de nutrientes que se agregan al suelo para buscar un mejor balance de estos.

Bibliografía

- Abi-Saab, R. (2012). *Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico la Estancia, Madrid, Cundinamarca, 2012. Utilizando indicadores de Calidad de Suelos* [Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8990/AbiSaabArriecheRosana2012.pdf?sequence=1>
- Acuña, O., Peña, W., Serrano, E., Pocasangre, L., Rosalen, F., Delgado, E., Trejos, J., & Segura, A. (2013). *La Importancia de los Microorganismos en la Calidad y Salud de Suelos*. http://www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN060651_spa.pdf&id=10470
- Alagon, F. (2011). *ESTUDIOS BASICOS DE INGENIERIA DEL SISTEMA DE REDES Y TRATAMIENTO DE ALCANTARILLADO DEL PUEBLO NUEVO DE CONTA-NUEVO IMPERIAL- CAÑETE* [Universidad Nacional de Ingeniería]. https://www.academia.edu/6750988/Tesis_BIM_Vladimir_Alcantara
- Alföldi, T., Fliessbach, A., Geier, U., Kilcher, L., Niggli, U., Pfiffner, L., Stolze, M., & Willer, H. (2003). La agricultura orgánica y el medio ambiente. En N. Scialabba & C. Hattam (Eds.), *Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria* (p. 280). <http://www.fao.org/docrep/005/Y4137S/y4137s03.htm#bm03>
- Anderson, J. P. E. (1982). Soil Respiration. En A. L. Page (Ed.), *Methods of Soil*

Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties (Vol. 9, Número 9, pp. 831–871). American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c41>

Andrade, M., & Martínez, M. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. En *Universidad de la Rioja* (Número 3).

Aparicio, V., De Gerónimo, E., Hernández, K., Pérez, D., Portocarrero, R., & Vidal, C. (2015). *Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente* (J. L. Costa & A. Andriulo (eds.); 1era ed., Vol. 148). Ediciones INTA.

Arias-Estévez, M., López-Periago, E., Martínez-Carballo, E., Simal-Gándara, J., Mejuto, J. C., & García-Río, L. (2008). The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 123(4), 247–260. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.07.011>

Arora, S., & Sahni, D. (2016). Pesticides effect on soil microbial ecology and enzyme activity- An overview. *Journal of Applied and Natural Science*, 8(2), 1126–1132. <https://doi.org/10.31018/jans.v8i2.929>

Ataikiru, T. L., Okpokwasili, G. S. C., & Okerentugba, P. O. (2019). Impact of Pesticides on Microbial Diversity and Enzymes in Soil. *South Asian Journal of Research in Microbiology*, 4(2), 1–16. <https://doi.org/10.9734/sajrm/2019/v4i230104>

Babur, E. (2019). Effects of parent material on soil microbial biomass carbon and basal respiration within young afforested areas. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 34(2), 94–101.

<https://doi.org/10.1080/02827581.2018.1561936>

Baćmaga, M., Kucharski, J., & Wyszowska, J. (2015). Microbial and enzymatic activity of soil contaminated with azoxystrobin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(10). <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4827-5>

Badawy, M. E. I., Kenawy, A., & El-Aswad, A. F. (2013). Toxicity assessment of buprofezin, lufenuron, and triflumuron to the earthworm *aporrctodea caliginosa*. *International Journal of Zoology*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/174523>

Bazán, R. (2017). *Manual De Procedimientos De Los Análisis De Suelos Y Agua Con Fines De Riego* (A. Reynoso (ed.); Instituto). GRÁFICA BRACAMONTE de Bracamonte Heredia Gustavo Adolfo. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf

Behl, B., & Rieder, D. (1997). *Lambda-cyhalothrin (Karate) New Use on Rice - Environmental Fate Data Requirements and Spray Drift Mitigation Languag.*

Bhattacharya, A., & Sahu, S. K. (2013). A comparison of effect of dimethoate and imidacloprid on soil respiration (carbon dioxide evolution from soil). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences J. Bio. & Env. Sci*, 3(6), 2220–6663. <http://www.innspub.net>

Bot, A., & Benites, J. (2005). Practices that influence the amount of organic matter. En *The importance of soil organic matter*.

Brown, G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, J., Bueno, J., Moreno, A., Lavelle, P., Ordaz, V., & Rodriguez, C. (2001). *Acta Zoológica Mexicana*

(nueva serie). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, *Es1*, 79–110.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57500006>

Cabrera, G., Socarrás, A., Gutiérrez, E., Tcherva, T., Martínez-Muñoz, C., & Lozada, A. (2017). Fauna del suelo. En C. Mancina & D. Cruz Flores (Eds.), *Diversidad biológica de Cuba. Métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas* (p. 501). AMA.

Castillo, B., Ruiz, J., Manrique, M., & Pozo, C. (2020). Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). *Espacios*, *41*(10), 11–22.

CEIMIC. (2020). *Presupuesto 1200828*.

Chaves-Bedoya, G., Ortíz-Moreno, M. L., & Ortiz-Rojas, L. Y. (2013). Effect of agrochemicals on soil microorganisms of a rice culture. *Acta Agronómica*, *62*(1), 66–72.

Chung, J.-B., & Lee, Y.-J. (2008). Comparison of Soil Nutrient Status in Conventional and Organic Apple Farm. *Korean Journal of Soil Science & Fertilizer*, *41*(1), 26–33.

Crespo, G. (2013). Funciones de los organismos del suelo en el ecosistema de pastizal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, *47*(4), 329–334.

Cycoń, M., & Piotrowska-Seget, Z. (2015). Biochemical and microbial soil functioning after application of the insecticide imidacloprid. *Journal of Environmental Sciences (China)*, *27*(C), 147–158.
<https://doi.org/10.1016/j.jes.2014.05.034>

Cycoń, M., Piotrowska-Seget, Z., Kaczyńska, A., & Kozdrój, J. (2006).

Microbiological characteristics of a sandy loam soil exposed to tebuconazole and λ -cyhalothrin under laboratory conditions. *Ecotoxicology*, 15(8), 639–646. <https://doi.org/10.1007/s10646-006-0099-8>

Cycoń, M., Piotrowska-Seget, Z., & Kozdrój, J. (2010). Responses of indigenous microorganisms to a fungicidal mixture of mancozeb and dimethomorph added to sandy soils. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 64(4), 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2010.03.006>

Dahlsjö, C. A. L., Stiblik, P., Jaklová, J., Zídek, M., Wicman Huaycama, J., Lojka, B., & Houška, J. (2020). The local impact of macrofauna and land-use intensity on soil nutrient concentration and exchangeability in lowland tropical Peru. *Biotropica*, 52(2), 242–251. <https://doi.org/10.1111/btp.12676>

Decreto Ley N° 25902, (1992).
http://transparencia.gob.pe/enlaces/pte_transparencia_enlaces.aspx?id_entidad=91#.YMfFFagzbIV

Decreto Supremo N°018-2008-AG, (2008).
<http://www.senasa.gob.pe/senasa/wp-content/uploads/jer/GESTION/DS018-2008-AG.pdf>

Doran, J., Servicio de Investigación Agrícola, & Equipo de Calidad de Suelos del NRCS. (1999). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf

Dutta, M., Sardar, D., Pal, R., & Kole, R. K. (2010). Effect of chlorpyrifos on microbial biomass and activities in tropical clay loam soil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160(1–4), 385–391.

<https://doi.org/10.1007/s10661-008-0702-y>

Eisenhauer, N., Klier, M., Partsch, S., Sabais, A. C. W., Scherber, C., Weisser, W. W., & Scheu, S. (2009). No interactive effects of pesticides and plant diversity on soil microbial biomass and respiration. *Applied Soil Ecology*, 42(1), 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.01.005>

Environmental Protection Agency. (1997). *Pesticide Fact Sheet: Azoxyastrobin*.

Environmental Protection Agency. (2021). *Regional Screening Levels (RSLs) - Generic Tables | US EPA*. <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables>

Escobar, P., Chuquichampi, R., Origuela, F., Guerra, G., & Gaitán, F. (2018). EVALUACIÓN DEL USO DE INSECTISIDAS SINTÉTICOS EN LOS CULTIVOS ALIMENTICIOS DE LOS VALLES DE MALA Y CAÑETE DEL DEPARTAMENTO DE LIMA. En *Universidad Nacional Federico Villareal*. http://www.unfv.edu.pe/facultades/fiis/images/oficinas/unidad_investigacion/INVESTIGACION_2019/MARTES7/FIIS_IF2018_ESCOBAR_RODRIGUEZ_PABLO_ERNESTO.pdf

FAO. (2015). *¿Qué hacen los microorganismos del suelo?* <http://bit.ly/1GoFCQe>

FAO. (2018). *Logros y desafíos de la CIPF 2018*. <http://www.fao.org/3/mx425es/mx425es.pdf>

FAO. (2021). *FAOSTAT*. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/RP>

Forsythe, W. (1985). *Física de suelos: manual de laboratorio* (Segunda ed). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7841/BVE19040149e.pdf;j>

sessionid=BF7E05A616A8B1B84CBE8D4488A0138B?sequence=1

- Garcia, M., Scheffczyk, A., Garcia, T., & Römbke, J. (2011). The effects of the insecticide lambda-Cyhalothrin on the earthworm *Eisenia fetida* under experimental conditions of tropical and temperate regions. *Environmental Pollution*, *159*(2), 398–400. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2010.10.038>
- Gomero, L. (2017). *Determinación de indicadores para evaluar la salud del suelo en sistemas de producción de café y cacao*.
- Guerrero, J. (1998). *Interpretaciones de análisis de suelos y recomendaciones*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. *Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario*, 62. <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
- Ju, C., Li, X., He, S., Shi, L., Yu, S., Wang, F., Xu, S., Cao, D., Fang, H., & Yu, Y. (2020). Root Uptake of Imidacloprid and Propiconazole Is Affected by Root Composition and Soil Characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *68*(52), 15381–15389. https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.0C02170/SUPPL_FILE/JF0C02170_SI_003.PDF
- Kai, T., & Adhikari, D. (2021). Effect of organic and chemical fertilizer application on apple nutrient content and orchard soil condition. *Agriculture (Switzerland)*, *11*(4), 1–10. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040340>
- Kovarich, S., Ceriani, L., Ciacci, A., Baldin, R., Perez Miguel, M., Gibin, D.,

- Carneseccchi, E., Roncaglioni, A., Mostrag, A., Tarkhov, A., Di Piazza, G., Pasinato, L., Sartori, L., Benfenati, E., Yang, C., Livaniou, A., & Dorne, J. Lou. (2020). *OpenFoodTox: EFSA's chemical hazards database*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3693783>
- Lehman, R. M., Cambardella, C. A., Stott, D. E., Acosta-Martinez, V., Manter, D. K., Buyer, J. S., Maul, J. E., Smith, J. L., Collins, H. P., Halvorson, J. J., Kremer, R. J., Lundgren, J. G., Ducey, T. F., Jin, V. L., & Karlen, D. L. (2015). *Understanding and Enhancing Soil Biological Health: The Solution for Reversing Soil Degradation*. 7, 988–1027. <https://doi.org/10.3390/su7010988>
- Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. J., & Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment*, 22(4), 1050–1064. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>
- Lizano J. (2016). *Evaluación química toxicológica de los plaguicidas organofosforados en agricultores , y en uvas y manzanas* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4651/Lizano_gj.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Manrique-Guillén, J. I., Iannacone, J., & Alvariño, L. (2018). Efecto Tóxico Del Lufenurón Sobre Seis Bioindicadores De Calidad Ambiental. *The Biologist*, 16(2). <https://doi.org/10.24039/rtb2018162249>
- Mchenery, J. G. (2016). *LUFENURON FOR SALMONIDS ENVIRONMENTAL ASSESSMENT IN SUPPORT OF AN IMPORT TOLERANCE REQUEST*.

- Meenakshi, S. N., Jeyaramraja, P. R., & Rajesh, M. (2007). Degradation of the fungicides, azoxystrobin and difenoconazole in soil and their influence on soil microbial activity. *Pest Technology*, 1(2), 133–138.
- Mohiuddin, D. (2013). Influence of fungicide (Carbendazim) and herbicides (2, 4-D and Metribuzin) on non-target beneficial soil microorganisms of Rhizospheric Soil of Tomato Crop. *Article in IOSR Journal of Environmental Science Toxicology and Food Technology*. <https://doi.org/10.9790/2402-0514750>
- Montoro, Y., Moreno, R., Gomero, L., & Reyes, M. (2009). Características de uso de plaguicidas químicos y riesgos para la salud en agricultores de la sierra central del Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 26(4), 466–472. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342009000400009
- Ouina, T., Panoff, J.-M., Koussémon, M., & Gonnety, T. (2017). Effect of pesticides and micro-organisms on earthworm *Eisenia fetida* (Savigny, 1826). *African Journal of Agricultural Research*, 12(9), 706–715. <https://doi.org/10.5897/ajar2016.11844>
- Pastor, J., Vera, M., & Martinez, A. (2015). Efecto de los plaguicidas sobre la calidad química y biológica del suelo. *Química Viva*, 14(1), 69–89.
- Pelosi, C., Barot, S., Capowiez, Y., Hedde, M., & Vandenbulcke, F. (2014). Pesticides and earthworms. A review. En *Agronomy for Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0151-z>
- Petkovic Didovic, M., Kowalkowski, T., & Broznic, D. (2022). Emerging

- Contaminant Imidacloprid in Mediterranean Soils: The Risk of Accumulation Is Greater than the Risk of Leaching. *Toxics*, 10. <https://doi.org/10.3390/toxics10070358>
- Potter, D., Buxton, M., Redmond, C., Patterson, C., & Powell, A. (1990). Toxicity of pesticides to earthworms in Kentucky bluegrass turf. *Journal of Economic Entomology*, 83(6), 2362–2369. <https://doi.org/10.1093/jee/83.6.2362>
- Ramírez, J. A., Parra, J. A., & Alvarez Aldana, A. (2017). Análisis de técnicas de recuento de Microorganismos. *Mente Joven*, 6, 01–08.
- Rojas, J., Mórtola, N., Romaniuk, R., & Russo, E. (2018). *GUÍA PARA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS BAJO AGRICULTURA EN CHACO SUBHÚMEDO PNSuelo 1134023-Indicadores de calidad del suelo para el monitoreo de la sustentabilidad de sistemas productivos*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/guia_evaluacion_calidad_de_suelos_chaco.pdf
- Santamaría, J., Parrado, C. A., & López, L. (2018). Soil microbial community structure and diversity in cut flower cultures under conventional and ecological management. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 42, 1–11. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20170016>
- Schmid, F., Moser, G., Müller, H., & Berg, G. (2011). Functional and structural microbial diversity in organic and conventional viticulture: Organic farming benefits natural biocontrol agents. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(6), 2188–2191. <https://doi.org/10.1128/AEM.02187-10>
- Schoeneberger, P. J., Wysocki, D. A., Benham, E. C., & Soil Survey Staff. (2012). *Field Book for Describing and Sampling Soils*. U.S. Department of

Agriculture.

https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052523.pdf

Spadafora, V. J. & Sieverding, E. (1998). New Fungicides: Opportunities and Challenges - A Case Study with Dimethomorph. *Proceedings of the Korean Society of Plant Pathology Conference*, 50–69.

Tejada, M., García, C., Hernández, T., & Gómez, I. (2015). Response of Soil Microbial Activity and Biodiversity in Soils Polluted with Different Concentrations of Cypermethrin Insecticide. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 69(1). <https://doi.org/10.1007/s00244-014-0124-5>

Teklu, B., & Deniz Yakan, S. (2021). *The Application of PRIMET For Pesticide Registration and Monitoring in Ethiopia*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-425656/v1>

Torres, D., Rojas, P., López, M., & Zamorra, F. (2009). EFECTO DE LOS INSECTICIDAS METHYL-PARATHION, CARBOFURAN Y LAMDACYHALOTRINA SOBRE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO. *REVISTA UNELLEZ DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, 27, 18–31. <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/ruct/article/view/128>

Treder, K., Jastrzębska, M., Kostrzewska, M. K., & Makowski, P. (2020). Do long-term continuous cropping and pesticides affect earthworm communities? *Agronomy*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy10040586>

Urkude, R., Dhurvey, V., Marganwar, R., & Dhawas, S. (2014). Influence of lindane and endosulfan on earthworm population. *Journal of Environmental*

Research And Development, 9(1), 184–187.

Utture, S. C., Banerjee, K., Dasgupta, S., Patil, S. H., Jadhav, M. R., Wagh, S. S., Kolekar, S. S., Anuse, M. A., & Adsule, P. G. (2011). Dissipation and distribution behavior of azoxystrobin, carbendazim, and difenoconazole in pomegranate fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(14), 7866–7873. <https://doi.org/10.1021/jf200525d>

Utture, S. C., Banerjee, K., Kolekar, S. S., Dasgupta, S., Oulkar, D. P., Patil, S. H., Wagh, S. S., Adsule, P. G., & Anuse, M. A. (2012). Food safety evaluation of buprofezin, dimethoate and imidacloprid residues in pomegranate. *Food Chemistry*, 131(3), 787–795. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.044>

Velki, M., Weltmeyer, A., Seiler, T. B., & Hollert, H. (2018). Acute toxicities and effects on multixenobiotic resistance activity of eight pesticides to the earthworm *Eisenia andrei*. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3959-x>

Verdenelli, R. A., Lamarque, A. L., & Meriles, J. M. (2012). Short-term effects of combined iprodione and vermicompost applications on soil microbial community structure. *Science of the Total Environment*, 414, 210–219. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.10.066>

Wang, F., Li, X., Zhu, L., Du, Z., Zhang, C., Wang, J., Wang, J., & Lv, D. (2018). Responses of soil microorganisms and enzymatic activities to azoxystrobin in cambisol. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(6), 2775–2784. <https://doi.org/10.15244/pjoes/81086>

World Health Organization. (1993). *Environmental Health Criteria* 149:

Carbendazim.

- Wuest, S. B., Caesar-Tonthat, T. C., Wright, S. F., & Williams, J. D. (2005). Organic matter addition, N, and residue burning effects on infiltration, biological, and physical properties of an intensively tilled silt-loam soil. *Soil and Tillage Research*, 84(2), 154–167. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.11.008>
- Xu, S., Song, J., Shen, F. *et al.* Uptake, Accumulation, and translocation of azoxystrobin by Vegetable plants in soils: influence of soil characteristics and plant species. *Bull Environ Contam Toxicol* **109**, 386–392 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00128-022-03556-w>
- Zhang, M., Wang, W., Zhang, Y., Teng, Y., & Xu, Z. (2017). Effects of fungicide iprodione and nitrification inhibitor 3, 4-dimethylpyrazole phosphate on soil enzyme and bacterial properties. *Science of the Total Environment*, 599–600, 254–263. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.011>
- Zhou, Shi -ping, Duan, C. qun, Fu, H., Chen, Y. hui, Wang, X. hua, & Yu, Z. fen. (2007). Toxicity assessment for chlorpyrifos-contaminated soil with three different earthworm test methods. *Journal of Environmental Sciences*, 19(7), 854–858. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(07\)60142-9](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(07)60142-9)
- Zhou, Shiping, Duan, C., Wang, X., Wong Hang Gi, M., Yu, Z., & Fu, H. (2008). Assessing cypermethrin-contaminated soil with three different earthworm test methods. *Journal of Environmental Sciences*, 20(11), 1381–1385. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)62236-6](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)62236-6)

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°182-2020-DACIA-DAFCA-U.CIENTIFICA.

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima, 19 de octubre del 2020

VISTO:

El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: **Impacto de agroquímicos en la densidad poblacional y actividad biológica de la fauna edáfica de la finca Santa Adela- Cañete**, presentado por:

- **Flavia Ximena Olortegui Izaguirre**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de posgrado para obtener el título profesional de **Ingeniero(a) Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

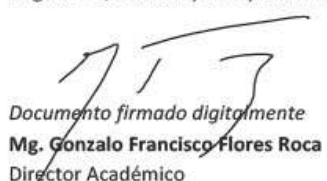
Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: **Impacto de agroquímicos en la densidad poblacional y actividad biológica de la fauna edáfica de la finca Santa Adela- Cañete** con N° de registro: **526-2019-PRE11**, y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **Luis Abraham Gomero Osorio** como asesor(a) para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese.


Documento firmado digitalmente
Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental