



AGROQUÍMICOS Y SOSTENIBILIDAD AGRÍCOLA EN CAÑETE

IMPACTO, RIESGO Y ALTERNATIVA DE GESTIÓN

Juan Saldivar
Luis Bendezu
Jorge Magallanes
Raymunda Cruz

Agroquímicos y sostenibilidad agrícola en Cañete: Impacto, riesgo y alternativa de gestión

DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.154>

Juan Saldivar

<https://orcid.org/0000-0001-6348-2201>

jsaldivar@undc.edu.pe

Luis Bendezú

<https://orcid.org/0000-0002-2143-9587>

luis.bendezu@unica.edu.pe

Jorge Magallanes

<https://orcid.org/0000-0002-9320-7013>

jorge.magallanes@unica.edu.pe

Raymunda Cruz

<https://orcid.org/0000-0001-9559-5892>

rcruz@undc.edu.pe



Agroquímicos y sostenibilidad agrícola en Cañete: Impacto, riesgo y alternativa de gestión

Autores:

Juan Saldivar Villarroel

Luis Felipe Bendezu Diaz

Jorge Luis Magallanes Magallanes

Raymunda Verónica Cruz Martinez

Primera edición digital

Publicado en Puno, diciembre de 2025

Libro electrónico disponible en:

<https://editorial.inudi.edu.pe>

ISBN: 978-612-5130-66-2 (PDF)

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2025-15258

DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.154>

Categoría: Libro de resultado de investigación científica.

CONSEJO EDITORIAL

Directora: Lic. Leydi Gabriela Ramos Ramos

Editor Jefe: Ing. Edson Efrain Sarmiento Quispe

Editores:

Dra. Bethzabe Cotrado Mendoza / Dra. Manuela Daishy Casa Coila / Dr. Edgar Estanislao Mancha Pineda / Dra. Luz Wilfreda Cusi Zamata / MSc. Rebeca Alanoca Gutiérrez / Dr. Wilson Gregorio Sucari Turpo / Dra. Yolanda Lujano Ortega / Dra. Sheyla Lerna Cervantes Alagón / Dra. Dometila Mamani Jilaja / Dr. Peregrino Melinton Lopez Paz / Dra. Nina Eleonor Vizcarra Herles / Mg. Lourdes Antonieta López Solano Cuevas / Dr. Carlos Alfredo Castro Quispe / Dr. Edgar Darío Callohuanca Avalos / Dra. Diana Águeda Vargas Velásquez / MSc. Yésica Dominga Díaz Vilcanqui / Dra. Tania Carola Padilla Cáceres / Patty Samanta Aza Suaña.

Editado por:

Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C.

Urb. Ciudad Jardín Mz. B3 Lt. 2, Puno – Perú

RUC: 20608044818

Email: editorial@inudi.edu.pe/info@inudi.edu.pe

Teléfono: +51 973668341

Sitio web: <https://editorial.inudi.edu.pe>

Publicado en Perú / Posted in Peru



Esta obra está bajo una licencia CC BY-NC-SA 4.0 DEED Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Evaluación de contenido: Esta obra ha sido evaluada por pares doble ciego, aprobada por el Consejo Editorial del Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú y editada bajo procedimientos que garantizan su normalización.

Los autores son moral y legalmente responsables de la información expresada en este libro, así como del respeto a los derechos de autor; por lo tanto, no comprometen en ningún sentido a la editorial.

Declaración conflictos de interés:

Los autores de esta publicación declaran la inexistencia de conflictos de interés de cualquier índole con instituciones o asociaciones comerciales.

Financiamiento:

Publicación autofinanciada.

Información adicional:

El libro analiza el uso de agroquímicos en los sistemas agrícolas del valle de Cañete y su impacto sobre el suelo, el agua, la biodiversidad y la salud humana, identificando riesgos ambientales y sanitarios, y proponiendo alternativas de gestión sostenible orientadas al manejo responsable y a la sostenibilidad agrícola.



Director Ejecutivo

Dr. Wilson Gregorio Sucari Turpo

Directora Académica

Lic. Leydi Gabriela Ramos Ramos

Director de Investigación

Ing. Edson Efrain Sarmiento Quispe

Director de Innovación y Transferencia Tecnológica

Marcos German Ccari Laura

Revisores Pares Externos

Se encuentra en el siguiente enlace:

<https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/about/editorialTeam>

DEDICATORIA

Este libro está dedicado a los agricultores del valle de Cañete, cuyo trabajo diario sostiene la seguridad alimentaria y el desarrollo local, y que enfrentan, muchas veces en silencio, los desafíos derivados del uso de agroquímicos en la producción agrícola. Asimismo, se dedica a quienes creen en una agricultura responsable y sostenible, comprometida con la protección del suelo, el agua, la biodiversidad y la salud humana. Finalmente, este trabajo es un reconocimiento a la ciencia aplicada como herramienta fundamental para la toma de decisiones informadas, orientadas al equilibrio entre productividad agrícola y sostenibilidad ambiental.

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su profundo agradecimiento a los agricultores del valle de Cañete que participaron voluntariamente en este estudio, compartiendo sus experiencias, percepciones y conocimientos sobre el uso de agroquímicos, sin los cuales esta investigación no habría sido posible. Su valiosa colaboración permitió comprender la realidad del manejo agrícola y los riesgos ambientales asociados desde una perspectiva práctica y territorial.

Se agradece de manera especial a las instituciones académicas y a los laboratorios que brindaron el soporte técnico y científico necesario para la evaluación de los componentes ambientales, así como a los docentes e investigadores que, con sus orientaciones metodológicas y aportes críticos, contribuyeron a fortalecer el rigor científico de esta obra.

Asimismo, se reconoce el apoyo de colegas y colaboradores que participaron en el trabajo de campo, el procesamiento de la información y la revisión del manuscrito, aportando a la consolidación de un enfoque integral sobre la relación entre agroquímicos, salud ambiental y sostenibilidad agrícola.

Finalmente, se agradece a la familia y a las personas cercanas que brindaron respaldo moral y comprensión durante el desarrollo de este libro, reafirmando que la investigación científica no solo es un ejercicio académico, sino también un compromiso ético con la sociedad y el ambiente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
SINOPSIS	12
ABSTRACT	13
PRÓLOGO	14
INTRODUCCIÓN	16

CAPÍTULO I

LOS AGROQUÍMICOS Y SU INFLUENCIA EN LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL AGRÍCOLA

1.1 Panorama general de los productos fitosanitarios en la actividad agrícola	20
1.2 Presencia y comportamiento de los agroquímicos en los ecosistemas rurales	22
1.3 Tendencia y contemporáneas en la utilización de agroquímicos en el Perú	25
1.4 Repercusiones de los agroquímicos sobre las propiedades del suelo agrícola	29
1.5 Impacto de los agroquímicos en los recursos hídricos y la atmósfera .	32
1.6 Consecuencia del uso de agroquímicos en la salud de la población humana	36
1.7 Influencia de los agroquímicos en la biodiversidad y en el equilibrio ecológico.....	39

1.8	Gestión y destino final de envases y residuos de productos fitosanitario	43
1.9	Alternativas sostenibles para el manejo responsable de plaguicidas...	46
1.10	Marco normativo y regulaciones sobre el empleo de plaguicidas en el Perú	50
1.11	Evaluación del impacto de los plaguicidas en la producción agrícola de Cañete	52

CAPÍTULO II

IMPACTO DE LOS AGROQUÍMICOS EN LA CONTAMINACIÓN DE LA AGRICULTURA EN CAÑETE

2.1	Fundamento de investigación.....	57
2.2	Objetivo de la investigación.....	57
2.3	Método, diseño y tipos de investigación.....	57
2.4	Consideraciones éticas	59
2.5	Limitaciones del estudio.....	59
2.6	Resultados y discusión.....	60

CAPÍTULO III

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y REFLEXIÓN

3.1	Conclusiones	66
3.2	Recomendaciones	66
3.3	Reflexión	67

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Categoría toxicológica de los plaguicidas	21
Tabla 2.	Evolución del consumo de plaguicida en el Perú (2015 – 2023)....	27
Tabla 3.	Efectos de los plaguicidas sobre los componentes del suelo	31
Tabla 4.	Concentración promedio de plaguicidas en agua y aire en zonas agrícolas de Cañete	35
Tabla 5.	Efectos toxicológicos más comunes asociados al uso de plaguicidas	38
Tabla 6.	Riesgo toxicológico de los plaguicidas según OMS.....	39
Tabla 7.	Impactos ecológicos de los plaguicidas sobre diferentes grupos biológicos.....	41
Tabla 8.	Evaluación del manejo de envases de plaguicidas en el valle de Cañete	44
Tabla 9.	Comparación entre plaguicidas convencionales y bioplaguicidas.....	48
Tabla 10.	Consecuencia del uso intensivo de plaguicidas en la agricultura	53
Tabla 11.	Distribución estadística del impacto de los agroquímicos.....	60
Tabla 12.	Distribución estadística de la agricultura en Cañete	60
Tabla 13.	Relación y nivel de significancia entre el impacto de agroquímico y la afectación ambiental	62
Tabla 14.	Relación y nivel de significancia entre el impacto de agroquímico y el suelo	62
Tabla 15.	Relación y nivel de significancia entre el impacto de agroquímico y el agua.....	63

Tabla 16.	Relación y nivel de significancia entre el impacto de agroquímico y planta	64
------------------	---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema que representa los destinos de un plaguicida en el ambiente	23
Figura 2.	Mapa de distribución regional del uso de plaguicida en el Perú .	26
Figura 3.	Analitos de plaguicidas que superan en LMR en alimento de origen vegetal.....	28
Figura 4.	Comportamiento del plaguicida influido por sus interacciones con el suelo	30
Figura 5.	Ciclo de los plaguicidas en el medio ambiente y agua.....	33
Figura 6.	Mecanismo de transporte y transformación de plaguicidas en el ambiente	34
Figura 7.	Entrada de pesticida al cuerpo humano a través de estas vías	36
Figura 8.	Efecto de los plaguicidas en la salud humana	37
Figura 9.	Impacto de los plaguicidas en el medio ambiente	40
Figura 10.	Movimiento y destino de los plaguicidas en el medio ambiente..	42
Figura 11.	Manejo adecuado de envase vacíos de plaguicidas	43
Figura 12.	Sistema adecuado de acopio y reciclaje de envases fitosanitario..	45
Figura 13.	Manejo de los plaguicidas a lo largo de todo el ciclo de vida	47
Figura 14.	Uso y manejo de plaguicidas agrícolas.....	49
Figura 15.	Gestión de envase vacíos de fitosanitario según ley 27.279.....	50
Figura 16.	Productos fitosanitarios que genera distintos tipos de presión sobre el medio ambiente	51
Figura 17.	Principales impactos ambientales y sociales del uso de plaguicidas en Cañete	53

Figura 18.	Interrelación entre los impactos ambientales, económicos y sociales en la agricultura de Cañete.....	54
Figura 19.	Impactos de los agroquímicos.....	61

SINOPSIS

El empleo de agroquímicos en la agricultura surgió como una estrategia destinada a optimizar el rendimiento de los cultivos y controlar las plagas que afectan la producción. Sin embargo, el uso intensivo y, en muchos casos, inadecuado de estos compuestos ha ocasionado una creciente contaminación ambiental, con repercusiones directas en la salud humana y en el equilibrio ecológico. El objetivo del documento es analizar la relación entre el uso de agroquímicos en los sistemas agrícolas del valle de Cañete y sus efectos sobre los componentes ambientales, tales como el suelo, el agua y la vegetación. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, con diseño descriptivo y correlacional de tipo no experimental. Se aplicó un cuestionario estructurado a una muestra representativa de 100 agricultores, orientado a obtener información sobre la frecuencia, tipo y percepción del uso de agroquímicos, así como sus posibles impactos. Paralelamente, se realizó una evaluación del nivel de contaminación y de los riesgos ambientales asociados. Los hallazgos revelaron que el 44% de los productores percibió una alta toxicidad vinculada al uso de estos insumos, mientras que un 13% estimó que sus efectos se limitaban únicamente a las zonas cultivadas. Tales resultados evidencian la necesidad urgente de promover estrategias de manejo racional y sostenible de los agroquímicos, además de fortalecer la educación ambiental en el sector agrario. El estudio demuestra percepciones diversas entre los agricultores sobre el impacto de los agroquímicos, lo que refuerza la importancia de implementar políticas públicas, programas de capacitación y prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan los riesgos ambientales y sanitarios derivados de su utilización.

Palabras claves: Agroquímicos; contaminación ambiental; gestión ambiental; salud ambiental; sostenibilidad agrícola.

ABSTRACT

The use of agrochemicals in agriculture emerged as a strategy to optimize crop yield and control pests that affect production. However, the intensive and, in many cases, inappropriate use of these compounds has led to increasing environmental pollution, with direct repercussions on human health and the ecological balance. Objective. To analyze the relationship between the use of agrochemicals in agricultural systems in the Cañete Valley and their effects on environmental components, such as soil, water, and vegetation. Materials and methods. The study adopted a quantitative approach, with a descriptive and correlational non-experimental design. A structured questionnaire was administered to a representative sample of 100 farmers, aimed at obtaining information on the frequency, type, and perception of agrochemical use, as well as their potential impacts. In parallel, an assessment of the level of pollution and associated environmental risks was conducted. Results. The findings revealed that 44% of producers perceived high toxicity associated with the use of these inputs, while 13% estimated that their effects were limited only to the cultivated areas. These results highlight the urgent need to promote rational and sustainable management strategies for agrochemicals, in addition to strengthening environmental education in the agricultural sector. Conclusions. The study demonstrates diverse perceptions among farmers about the impact of agrochemicals, reinforcing the importance of implementing public policies, training programs, and sustainable agricultural practices that reduce the environmental and health risks derived from their use.

Keywords: Agrochemicals; environmental pollution; environmental management; environmental health; agricultural sustainability.

PRÓLOGO

La obra titulada “*Impacto de los agroquímicos en la agricultura de Cañete*” surge como una respuesta científica a la creciente preocupación por las consecuencias ambientales y sociales derivadas del uso inadecuado de productos químicos en la actividad agrícola. En un contexto donde la productividad suele anteponerse al equilibrio ecológico, resulta indispensable analizar con rigor los efectos que el uso intensivo de agroquímicos genera sobre los suelos, las fuentes hídricas, la biodiversidad y la salud humana. Este libro invita a una reflexión técnica y crítica sobre esta problemática, con el propósito de fomentar una agricultura más responsable, sostenible y consciente entre productores, autoridades y la comunidad académica.

El valor esencial de esta investigación radica en su enfoque territorial y aplicado, dirigido al valle de Cañete, una de las zonas agrícolas más representativas del sur peruano. A partir de un trabajo de campo exhaustivo, se identificaron niveles de acumulación de residuos químicos en el suelo y se evaluó su potencial transferencia a los cultivos destinados al consumo. Más que un diagnóstico, este texto ofrece una propuesta transformadora, orientada hacia la adopción de prácticas agroecológicas, la gestión racional de insumos y la formulación de políticas públicas que garanticen la sostenibilidad de la producción agrícola y la protección ambiental.

El proceso investigativo se desarrolló en un escenario caracterizado por las crecientes exigencias del mercado global respecto a la calidad e inocuidad de los alimentos, sumadas a los efectos del cambio climático que han modificado los patrones productivos del valle. Ante esta situación, muchos agricultores se han visto forzados a intensificar el uso de insumos químicos, generando tensiones entre la productividad, la conservación ambiental y el bienestar de las comunidades rurales. En este contexto, el estudio se propuso obtener evidencia empírica mediante entrevistas a productores, análisis de laboratorio de suelos y consultas con especialistas, con el fin de construir un diagnóstico sólido que sirva

como base para decisiones técnicas y políticas orientadas al desarrollo sostenible del territorio.

Expreso mi más profundo agradecimiento a los agricultores del valle de Cañete, quienes compartieron generosamente su experiencia y conocimiento del campo, así como al equipo del Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Cañete, por su valiosa colaboración en los análisis físico-químicos que sustentan este trabajo. Reconozco también el aporte de docentes, investigadores y profesionales del sector agropecuario, cuyo acompañamiento permitió enriquecer y fortalecer el contenido de esta publicación. El resultado final es fruto de un esfuerzo colectivo que busca contribuir con evidencia técnica y reflexión científica a los desafíos de la agricultura contemporánea.

Uno de los principales motores de esta investigación fue la necesidad de promover el cumplimiento de las normas ambientales que regulan el uso de productos agrícolas. En regiones rurales como Cañete, la aplicación de agroquímicos suele realizarse sin supervisión técnica ni control riguroso, provocando contaminación del suelo y del agua, y afectando los ecosistemas agrícolas y la salud de la población. Este problema, silencioso pero persistente, demanda atención prioritaria y compromiso institucional. Así como en otras industrias como la minera se exige el estricto control del vertimiento de sustancias peligrosas, el sector agrícola debe asumir con la misma responsabilidad su impacto ambiental y avanzar hacia un modelo de gestión más sostenible.

El presente libro pretende convertirse en un material de referencia para estudiantes, investigadores y profesionales de las ciencias agronómicas y ambientales, interesados en profundizar en temas de manejo responsable de agroquímicos, sostenibilidad agrícola y seguridad alimentaria. Más que un estudio técnico, esta obra constituye una invitación a repensar la relación entre la agricultura, el ambiente y la salud, apostando por un futuro rural más equilibrado, consciente y sustentable.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el crecimiento del sector agrícola ha generado preocupación a nivel ambiental y social, principalmente por la aplicación indiscriminada de productos químicos, en muchos casos sin la orientación técnica adecuada. Esta práctica ha ocasionado consecuencias negativas en los ecosistemas rurales, donde el acceso a la asistencia profesional es limitado (Castillo et al., 2020). Los productos fitosanitarios, elaborados a partir de compuestos químicos o biológicos, se utilizan con el propósito de prevenir o eliminar plagas, enfermedades y malezas. No obstante, su efectividad depende directamente del conocimiento técnico y del manejo responsable por parte del agricultor. El uso inadecuado de estos insumos ha incrementado los casos de intoxicación en seres humanos y animales, además de contribuir al deterioro ambiental progresivo (Cotrina et al., 2022).

Del mismo modo, la amplia disponibilidad de plaguicidas ha favorecido su uso intensivo tanto en cultivos agrícolas como en otras actividades humanas, generando graves problemas de contaminación del suelo y los cuerpos de agua. Esta situación se agrava por la expansión de la frontera agrícola y el uso excesivo de insumos sintéticos. Los residuos que dejan estos compuestos permanecen por largos períodos en el ambiente y se acumulan en los tejidos de plantas y animales, alterando el equilibrio ecológico a largo plazo (Anchía-Jiménez et al., 2021; Velázquez-Chávez et al., 2022).

La actual crisis ambiental global ha impulsado la necesidad de examinar las causas del deterioro ecológico y de reflexionar críticamente sobre los modelos de desarrollo agrícola vigentes (Freire-Vinueza et al., 2021). El uso indiscriminado de sustancias tóxicas ha intensificado los efectos adversos en la salud humana y en la integridad de los ecosistemas (Menéndez & Muñoz, 2021). En sectores como el de las plantas ornamentales, el uso continuo de plaguicidas sintéticos ha provocado impactos ambientales severos (Fernández et al., 2024).

Si bien los pesticidas son fundamentales para la protección fitosanitaria, su aplicación sin medidas preventivas ni equipos de protección personal representa un riesgo considerable. La exposición prolongada puede derivar en intoxicaciones agudas y en daños crónicos para la salud de los trabajadores agrícolas (Lorenzo et al., 2021). Además, los residuos de estos productos, sin importar su formulación, constituyen una amenaza constante para la salud pública y los ecosistemas. Los compuestos organoclorados y organofosforados, por su persistencia y capacidad de bioacumulación, son especialmente dañinos para las cadenas alimentarias (Hernández Castellanos et al., 2021). De igual modo, la coexistencia de fertilizantes, plaguicidas y metales pesados en el entorno agrícola representa un riesgo adicional al contaminar suelos y cultivos, afectando la inocuidad alimentaria (Ramírez, 2023).

Bajo este contexto, el presente libro tuvo como propósito analizar el vínculo entre el uso de agroquímicos y las alteraciones generadas en los componentes del ambiente, suelo, agua y vegetación, en el valle agrícola de Cañete. Además, se buscó establecer una base científica que oriente la implementación de estrategias sostenibles para el manejo responsable de los productos fitosanitarios, con el fin de promover una producción eficiente y ambientalmente segura.

El contenido del libro se estructura en tres capítulos principales. En el Capítulo I se aborda una revisión conceptual y técnica sobre los productos fitosanitarios, explicando su origen, clasificación, mecanismos de acción y comportamiento en el ambiente. Asimismo, se identifican los principales compuestos utilizados en el contexto agrícola peruano y se describen las interacciones entre estos productos y los recursos naturales, proponiendo alternativas tecnológicas sostenibles para reducir su impacto ambiental.

El Capítulo II desarrolla la parte aplicada del estudio, donde se justifica la relevancia del tema en función de su influencia sobre la salud ambiental y la sostenibilidad agrícola de Cañete. Se detallan los objetivos, el enfoque metodológico de tipo cuantitativo, el diseño no experimental y el carácter descriptivo-correlacional de la investigación. La muestra estuvo compuesta por

100 agricultores seleccionados de distintos distritos de la provincia, a quienes se aplicaron encuestas, observaciones de campo. Asimismo, se exponen los principios éticos que guiaron el estudio y las limitaciones metodológicas encontradas. Los resultados obtenidos permiten establecer relaciones directas entre el uso de agroquímicos y sus efectos sobre los recursos naturales. Por último, el Capítulo III sintetiza las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio, resaltando los efectos adversos que el uso excesivo de plaguicidas ocasiona en los sistemas agrícolas del valle. Se plantean estrategias orientadas a mejorar las prácticas agronómicas, fomentar alternativas de manejo sostenible y fortalecer la gestión ambiental mediante políticas públicas coherentes. Finalmente, se reflexiona sobre la necesidad de promover una agricultura responsable con un enfoque de sostenibilidad y prevención ecológica.

CAPÍTULO I

LOS AGROQUÍMICOS Y SU INFLUENCIA EN LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL AGRÍCOLA

1.1 Panorama general de los productos fitosanitarios en la actividad agrícola

Los productos fitosanitarios, también denominados plaguicidas, pesticidas o agroquímicos, son sustancias de origen químico o biológico empleadas para prevenir, controlar o eliminar organismos que afectan el crecimiento de los cultivos, como insectos, malezas y patógenos. Su uso permite mantener la productividad agrícola y reducir las pérdidas ocasionadas por plagas que comprometen la estabilidad alimentaria. Sin embargo, la aplicación inadecuada o sin asesoramiento técnico ha generado graves impactos en los ecosistemas agrícolas y en la salud humana, debido a la contaminación persistente del suelo, el agua y el aire (FAO, 2021a).

En regiones agrícolas como el valle de Cañete, los fitosanitarios resultan esenciales para enfrentar la alta presión de plagas en general. Aun así, su empleo excesivo o sin control técnico ocasiona alteraciones en los ecosistemas locales. Muchos de estos compuestos poseen ingredientes activos de elevada persistencia ambiental, capaces de permanecer por largos períodos en el suelo o el agua, incluso después de su aplicación (Castillo et al., 2023).

Desde el punto de vista físico-químico, varios plaguicidas presentan propiedades que dificultan su degradación natural. Algunos son lipofílicos, por lo que tienden a acumularse en los tejidos animales y humanos; otros, en cambio, son solubles en agua, lo que facilita su transporte hacia cuerpos hídricos cercanos mediante el riego o la escorrentía. En el valle de Cañete se han identificado residuos de estos productos en zonas agrícolas donde no se aplicaron directamente, lo que evidencia su movilidad ambiental (Castillo et al., 2023).

Los fitosanitarios se clasifican de acuerdo con su modo de acción y nivel de toxicidad. Entre los más utilizados se encuentran los insecticidas, fungicidas, herbicidas y acaricidas, cada uno con efectos particulares sobre organismos vivos y el ambiente. Algunos tienen acción sistémica, penetrando en los tejidos de las plantas, mientras que otros se adhieren a la superficie foliar, incrementando el riesgo de residuos en alimentos destinados al consumo. La presencia de trazas

de organoclorados y otros agroquímicos de alta toxicidad en productos de consumo directo representa una amenaza directa a la inocuidad de los alimentos. Investigaciones actuales subrayan que la recurrencia de estos contaminantes químicos pone en riesgo la seguridad alimentaria a nivel global (Valderrama et al., 2024).

Tabla 1

Categoría toxicológica de los plaguicidas

Banda de color de las etiquetas según la categoría toxicológica		
Color de la banda	Clasificación de la OMS según los riesgos	Clasificación del peligro
Rojo (PMS 199 C)	I a-Producto sumamente peligroso	MUY TÓXICO
Rojo (PMS 199 C)	I b-Producto muy peligroso	TÓXICO
Amarillo (PMS Amarillo C)	II-Producto moderadamente peligroso	NOCIVO
Azul (PMS 293 C)	Producto poco peligroso	CUIDADO
Verde (PMS 347 C)	IV-Producto que normalmente no ofrece peligro	CUIDADO

A pesar de las regulaciones existentes, muchos agricultores siguen aplicando estos productos sin la debida protección personal ni orientación técnica. Tal práctica incrementa los casos de intoxicaciones agudas y crónicas, especialmente entre trabajadores rurales expuestos a estos químicos. La exposición prolongada puede causar daños acumulativos en los sistemas nervioso, endocrino y reproductivo (FAO, 2021b).

El marco legal peruano establece que el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) regula el registro, comercialización y límites de residuos permitidos en alimentos. No obstante, la fiscalización en zonas rurales sigue siendo limitada, lo que permite la venta informal de productos no registrados y prácticas de eliminación inadecuadas de envases vacíos, generando contaminación del suelo y del agua (SENASA, 2022a).

Bajo una visión ecosistémica, la acción de los plaguicidas trasciende a las especies diana, impactando negativamente en la fauna auxiliar y organismos edáficos clave, tales como polinizadores, anélidos y microorganismos degradadores. Esta

afectación colateral desarticula procesos biológicos fundamentales, entre los que destacan la polinización entomófila y la mineralización de la materia orgánica, pilares de la productividad primaria (Sulca et al., 2023).

La persistencia de los fitosanitarios depende de su formulación y del entorno donde se aplican. Factores edáficos como el pH, la textura o el contenido de materia orgánica influyen en su comportamiento ambiental (Valentín et al., 2021). Por ello, un mismo producto puede tener efectos distintos según las condiciones del terreno.

El manejo responsable de los productos fitosanitarios requiere un enfoque integral que contemple no solo la eficacia contra plagas, sino también la protección del ambiente y de la salud humana. En Cañete, el manejo integrado de plagas, el uso de bioinsumos y la capacitación técnica son estrategias que comienzan a implementarse, aunque aún con limitaciones (Delgado et al., 2023).

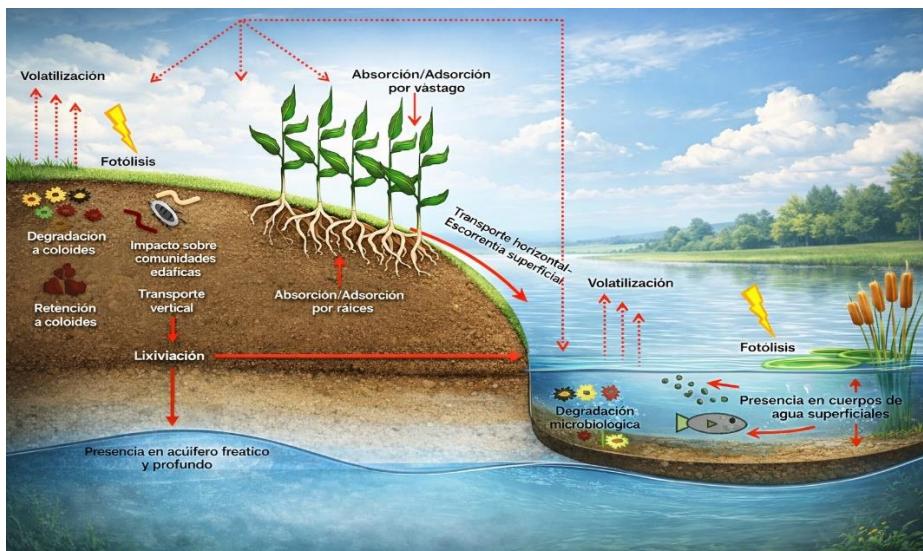
En síntesis, los productos fitosanitarios contribuyen significativamente a la producción agrícola, pero su uso inadecuado constituye una amenaza para los ecosistemas y la salud pública. En el valle de Cañete, los retos se centran en alcanzar un equilibrio entre productividad, sostenibilidad ambiental y bienestar social mediante un manejo científico y regulado de estos insumos.

1.2 Presencia y comportamiento de los agroquímicos en los ecosistemas rurales

Los plaguicidas se encuentran ampliamente distribuidos en los ecosistemas agrícolas como resultado de procesos naturales y de manejo, entre ellos la escorrentía, la infiltración, la evaporación y la dispersión aérea. Estos mecanismos facilitan su traslado hacia distintas partes del ambiente, afectando el suelo, el agua y la atmósfera. Estudios recientes revelan la presencia de compuestos neonicotinoides y organofosforados en fuentes hídricas próximas a áreas cultivadas, lo que compromete la salud de los ecosistemas acuáticos (Sulca et al., 2023).

Figura 1

Esquema que representa los destinos de un plaguicida en el ambiente



En el valle de Cañete muestran que los suelos retienen residuos de diferentes plaguicidas incluso semanas o meses después de su aplicación. Sustancias como los organoclorados presentan alta persistencia debido a su resistencia a la degradación, mientras que los neonicotinoides, aunque más volátiles, poseen elevada movilidad hacia los mantos freáticos. La distribución de estos compuestos depende de factores como el tipo de cultivo, la técnica de riego y la frecuencia de aplicación.

Muchos plaguicidas se adhieren a la materia orgánica del suelo, pero las lluvias intensas o los riegos por inundación pueden movilizarlos hacia cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Se han detectado residuos combinados de herbicidas, insecticidas y fungicidas en sedimentos y plantas, lo cual provoca efectos acumulativos e interacciones sinérgicas que intensifican la toxicidad ambiental.

La concentración de estos productos varía en función de las condiciones locales y en algunos casos, generando riesgo para especies no objetivo como abejas, lombrices y aves silvestres (Velázquez-Chávez et al., 2022). Además, la bioacumulación de plaguicidas en organismos vivos representa una amenaza directa para la salud humana, ya sea por el consumo de alimentos contaminados o por contacto con suelos y aguas afectadas.

En los cultivos, los residuos pueden adherirse a la superficie foliar o acumularse en raíces, tallos y frutos. Los plaguicidas más comunes hallados en los suelos del valle de Cañete incluyen organofosforados, carbamatos y triazinas, los cuales alteran el microbiota edáfico y pueden inducir mutaciones genéticas en especies silvestres.

Las propiedades físico-químicas, como la polaridad y el tamaño molecular, determinan la movilidad de los compuestos. Según su desplazamiento, se clasifican en tres grupos: plaguicidas de alta movilidad (como glifosato y atrazina), de movilidad intermedia (como clorpirifos y cipermetrina) y de baja movilidad (como DDT y endosulfán). Los de alta solubilidad alcanzan con rapidez cuerpos de agua, mientras que los menos móviles tienden a acumularse en la superficie del suelo, afectando organismos edáficos. Sin embargo, incluso estos últimos pueden desplazarse por efecto del viento o del escurrimiento, extendiendo su impacto.

En zonas de agricultura intensiva, se han identificado residuos activos con más de una década de antigüedad. Su permanencia depende de variables climáticas como la temperatura, humedad y acidez del suelo. En condiciones de pH bajo o deficiente aireación, algunos compuestos mantienen su toxicidad por más de 30 a 40 años. Además, los residuos rara vez se presentan de forma aislada; suelen mezclarse con otras sustancias, formando combinaciones que modifican su toxicidad o su persistencia. El análisis de estas mezclas requiere técnicas sofisticadas, como la cromatografía de gases o la espectrometría de masas.

Otro factor determinante es la formulación comercial. Algunos plaguicidas incorporan microcápsulas o mecanismos de liberación lenta, prolongando su efecto ambiental. Aunque estas tecnologías mejoran la eficacia del control, también extienden el periodo de exposición del ecosistema. Los coadyuvantes y aditivos, a menudo considerados “inertes”, pueden modificar la toxicidad, solubilidad o persistencia del ingrediente activo, por lo que cada producto requiere un análisis integral de su formulación.

En conclusión, la presencia de plaguicidas en el ambiente agrícola de Cañete resulta de una interacción compleja entre variables químicas, físicas y agronómicas. Su persistencia y toxicidad obligan a diseñar estrategias de mitigación que protejan los recursos naturales y la salud humana, favoreciendo una agricultura más sostenible.

1.3 Tendencia y contemporáneas en la utilización de agroquímicos en el Perú

En el contexto agrícola peruano, el uso de plaguicidas se mantiene como una práctica extendida y necesaria para garantizar la productividad y el control de plagas en los principales cultivos. Sin embargo, en los últimos años se observa una creciente preocupación por los efectos ambientales y sanitarios derivados de su aplicación indiscriminada. De acuerdo con el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA, 2022b), el Perú importa más de 14 mil toneladas anuales de plaguicidas formulados, cifra que tiende a incrementarse debido a la expansión de la frontera agrícola y al aumento de cultivos comerciales destinados a la exportación.

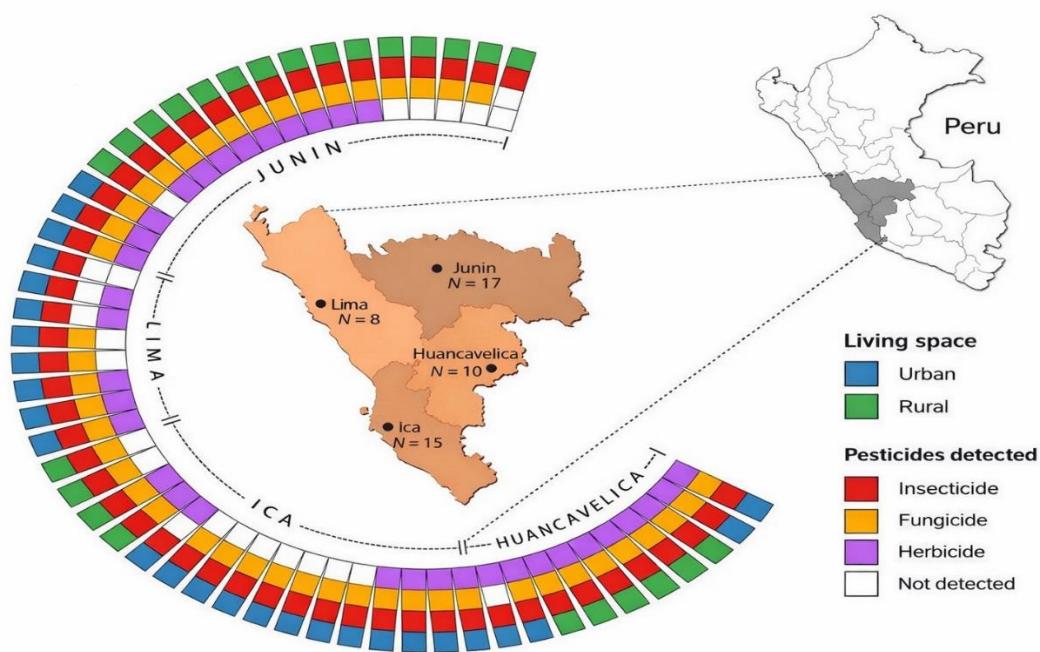
En el Perú, el mercado nacional de plaguicidas se encuentra predominantemente dominado por los herbicidas, los cuales representan aproximadamente 55–60 % del total de agroquímicos comercializados, seguidos por los insecticidas, con una participación cercana al 25–30 %, y en menor proporción los fungicidas, que constituyen alrededor del 15–20 % del mercado. Entre los primeros destacan el glifosato, el paraquat y el 2,4-D, ampliamente utilizados en el control de malezas de cultivos de caña, maíz, camote y frutales. Los insecticidas más comunes pertenecen a los grupos de organofosforados, carbamatos y piretroides, mientras que los fungicidas más usados son los triazoles y estrobilurinas. Si bien muchos de estos compuestos cuentan con registro sanitario, algunos presentan niveles de toxicidad elevados o se encuentran prohibidos en otros países (FAO, 2021b).

En los valles costeros, como el de Cañete, el uso intensivo de agroquímicos responde a la presión de plagas recurrentes y a las exigencias del mercado internacional en cuanto a calidad y apariencia del producto agrícola. Sin

embargo, esta situación genera dependencia tecnológica y reduce la biodiversidad funcional de los agroecosistemas, afectando los equilibrios ecológicos que regulan naturalmente las poblaciones de plagas.

Figura 2

Mapa de distribución regional del uso de plaguicida en el Perú



Nota. Adaptado de SENASA (2022a).

Las tendencias actuales evidencian una transición gradual hacia el empleo de productos de menor toxicidad o formulaciones más selectivas. En la última década, el SENASA ha promovido el uso de bioinsumos, microorganismos benéficos y extractos vegetales como alternativas sostenibles al control químico convencional. No obstante, estas prácticas aún se aplican a escala limitada, debido al costo de los productos, la falta de capacitación técnica y la escasa disponibilidad comercial.

En zonas rurales, muchos agricultores continúan utilizando plaguicidas sin la orientación de un ingeniero agrónomo, aplicando dosis empíricas que exceden las recomendaciones del fabricante. Asimismo, la reutilización de envases vacíos, la eliminación inadecuada de residuos y el lavado de equipos en canales de riego agravan la contaminación ambiental.

Las campañas de educación ambiental y capacitación en manejo integrado de plagas han mostrado resultados positivos en algunas regiones, reduciendo el uso innecesario de productos tóxicos. Sin embargo, en la provincia de Cañete, aún persisten limitaciones estructurales, como el acceso restringido a asistencia técnica, la informalidad en la venta de agroquímicos y la falta de programas sostenibles de monitoreo ambiental.

Tabla 2

Evolución del consumo de plaguicida en el Perú (2015 – 2023)

Tipo de plaguicida	Años	Cantidad importada (toneladas)	Tendencia
Herbicidas	2015	6210	Aumento
Insecticidas	2018	3880	Estable
Fungicidas	2020	2950	Aumento
Total, nacional	2023	14320	Creciente

Nota. Adaptado de SENASA (2022a).

El análisis de la Tabla 2 evidencia un incremento sostenido en la importación de plaguicidas, especialmente herbicidas, cuya demanda responde a la expansión agrícola y a la necesidad de controlar malezas resistentes. Esta tendencia sugiere la urgencia de políticas públicas orientadas a la reducción progresiva de compuestos peligrosos, mediante incentivos a prácticas agroecológicas y el fortalecimiento de la vigilancia ambiental.

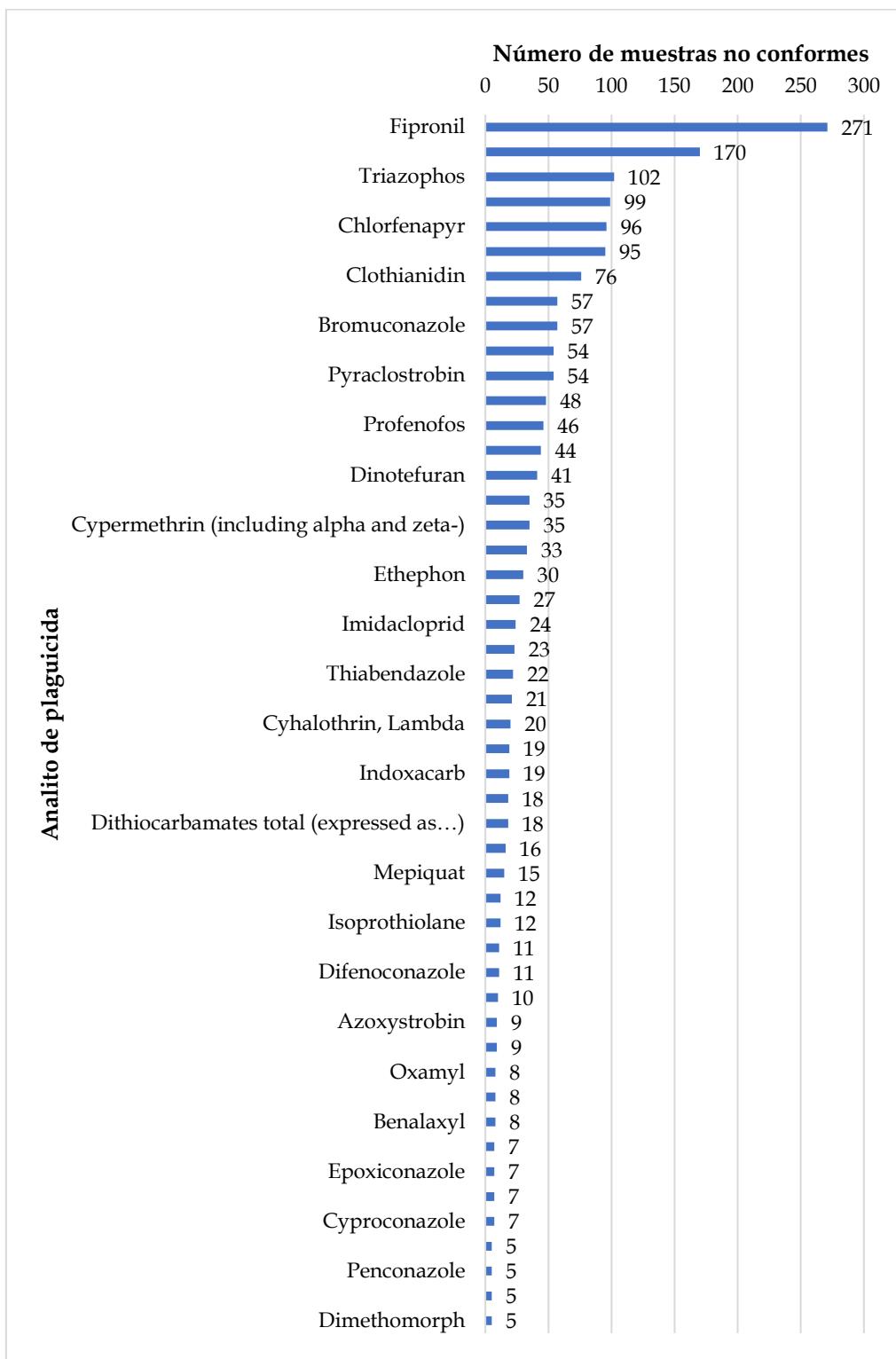
Las tendencias actuales evidencian una transición gradual hacia el empleo de productos de menor toxicidad o formulaciones más selectivas. En la última década, el SENASA ha promovido el uso de bioinsumos, microorganismos benéficos y extractos vegetales como alternativas sostenibles al control químico convencional. No obstante, estas prácticas aún se aplican a escala limitada, debido al costo de los productos, la falta de capacitación técnica y la escasa disponibilidad comercial.

A nivel internacional, el Perú ha suscrito diversos acuerdos ambientales, entre los que destacan el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, firmado en el año 2001, y el Convenio de Rotterdam, firmado en 1998. Ambos instrumentos internacionales promueven la regulación, el control y la eliminación gradual de sustancias altamente peligrosas, con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente. No obstante, la implementación de estas normativas enfrenta desafíos debido a la falta de

infraestructura para el manejo seguro de residuos y a la débil fiscalización en zonas rurales.

Figura 3

Analitos de plaguicidas que superan en LMR en alimento de origen vegetal



Nota. Se presenta los analitos de plaguicidas que excedieron el LMR (límite máximo de residuos) de 5 muestra a más adaptado de SENASA (2022a).

La Figura 3 evidencia que el fipronil y el clorpirifos concentran el mayor número de muestras no conformes, lo que indica una persistente presión por el uso de insecticidas de alta toxicidad en la producción agrícola. Se observa además una amplia diversidad de ingredientes activos que superan los LMR, reflejando prácticas de manejo fitosanitario heterogéneas y, en muchos casos, poco controladas. En conjunto, estos resultados confirman un riesgo sistemático para la inocuidad alimentaria y la sostenibilidad agrícola, reforzando la necesidad de fortalecer la regulación, el monitoreo y las alternativas de gestión agroecológica.

En síntesis, aunque el uso de plaguicidas continúa siendo una práctica predominante en la agricultura peruana, las tendencias actuales apuntan hacia una transformación gradual del modelo productivo. La incorporación de tecnologías limpias, el fortalecimiento de la educación ambiental y la promoción de bioinsumos representan pasos fundamentales para alcanzar una agricultura sostenible y competitiva.

1.4 Repercusiones de los agroquímicos sobre las propiedades del suelo agrícola

El suelo constituye un componente esencial de los ecosistemas agrícolas, ya que sostiene los cultivos y actúa como un sistema vivo en el que se desarrollan procesos biológicos, químicos y físicos indispensables para la productividad. Sin embargo, la aplicación continua de plaguicidas modifica su estructura, su equilibrio microbiano y su capacidad de autor regeneración. En el valle de Cañete, la agricultura intensiva ha incrementado la carga química del suelo, afectando sus propiedades edáficas y reduciendo su fertilidad a largo plazo (Delgado et al., 2023).

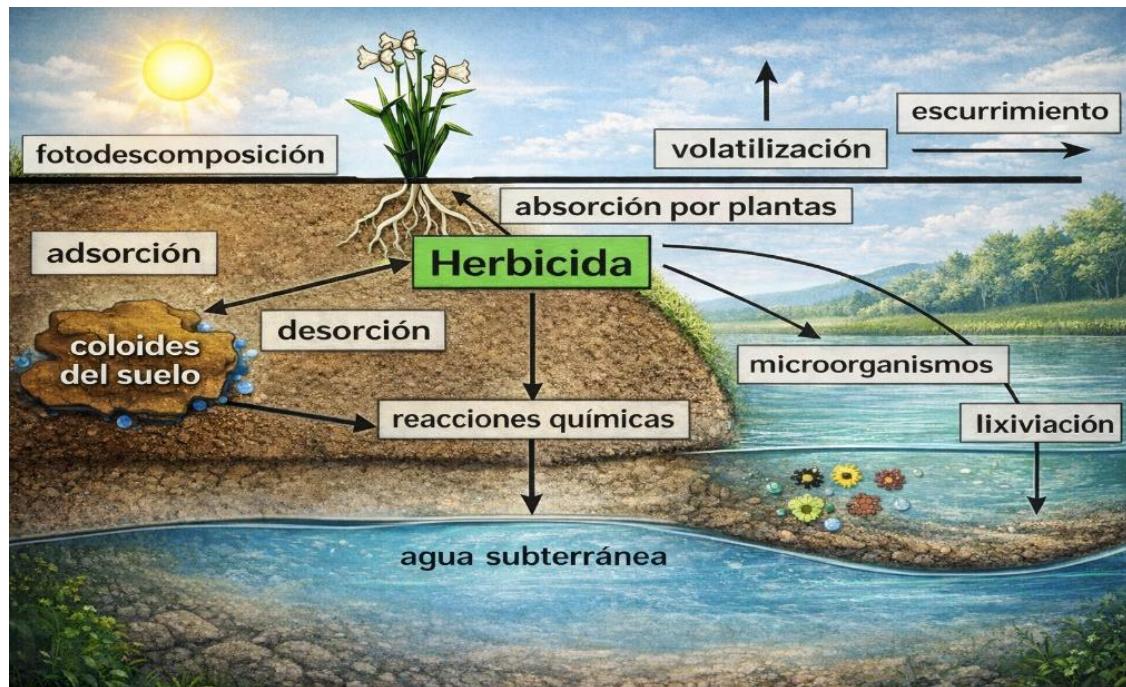
El impacto de los plaguicidas sobre el suelo depende de la dosis, la frecuencia de aplicación, la composición química del producto y las características del terreno. Los compuestos organoclorados y organofosforados son los más persistentes, ya que presentan baja degradación microbiana y elevada afinidad por la materia orgánica. Estos compuestos pueden permanecer activos durante años, alterando las poblaciones microbianas que intervienen en el ciclo de nutrientes (Valentín et al., 2021).

La materia orgánica del suelo cumple un papel crucial en la adsorción y descomposición de los plaguicidas. Cuando su contenido es bajo, el producto químico tiende a permanecer disponible en la solución del suelo, aumentando la posibilidad de lixiviación hacia capas más profundas o hacia las aguas subterráneas. Por el contrario, un sustrato caracterizado

por una robusta actividad biológica y niveles óptimos de oxigenación potencia las rutas de degradación natural de los xenobióticos. Esta capacidad de autodepuración, mediada por el microbiota y la porosidad del suelo, facilita la descomposición eficiente de los residuos químicos, mitigando su permanencia en el entorno (Sulca et al., 2023).

Figura 4

Comportamiento del plaguicida influido por sus interacciones con el suelo



Los plaguicidas alteran también la estructura física del suelo. Algunos compuestos modifican la capacidad de retención de agua y la agregación de las partículas, lo que incide directamente en la porosidad y en la infiltración. En suelos arcillosos, el uso repetido de ciertos herbicidas genera compactación, mientras que en suelos arenosos se incrementa el riesgo de pérdida de nutrientes por lixiviación (Velázquez-Chávez et al., 2022).

Desde el punto de vista biológico, los microorganismos edáficos, como bacterias, hongos, actinomicetos y algas, son especialmente sensibles a los plaguicidas. Estas comunidades desempeñan funciones clave en la descomposición de materia orgánica, la mineralización de nitrógeno y la disponibilidad de fósforo. La alteración de las comunidades biológicas del suelo interfiere directamente con su metabolismo enzimático, lo que desencadena una desestabilización del entorno natural. Esta ruptura del equilibrio ecológico impide que el

suelo cumpla eficazmente sus funciones como soporte vital de la producción agroecológica (Valderrama et al., 2024).

La actividad de enzimas como la deshidrogenasa, fosfatasa y ureasa se utiliza como indicador de la salud del suelo. Varios estudios realizados en los valles costeros del Perú han demostrado que la exposición prolongada a insecticidas y herbicidas reduce significativamente la actividad enzimática, especialmente en suelos de uso intensivo. Esta disminución afecta la capacidad del suelo para reciclar nutrientes esenciales y mantener su estructura natural (Castillo et al., 2023).

La contaminación del suelo también se asocia con la aparición de resistencias microbianas. Algunas bacterias desarrollan mecanismos de adaptación que les permiten degradar los plaguicidas, pero esta misma resistencia reduce su eficiencia ecológica. En Cañete, investigaciones recientes señalan la presencia de cepas bacterianas resistentes a organofosforados, lo que indica una presión selectiva derivada del uso prolongado de estos productos (Delgado et al., 2023).

Tabla 3

Efectos de los plaguicidas sobre los componentes del suelo

Componentes del suelo	Efecto principal	Consecuencia
Microorganismos	Reducción de la biomasa y de la actividad enzimática	Perdida de fertilidad biológica
Materia orgánica	Disminución por oxidación química	Menor capacidad de retención de nutrientes
Estructura física	Compactación o dispersión de agregados	Menor porosidad e infiltración
Nutrientes	Desequilibrio de nitrógeno y fosforo	Deficiencias nutricionales en cultivos

Nota. Adaptado de FAO (2021b).

En la Tabla 3 se evidencia que el uso de plaguicidas afecta de manera integral a los componentes del suelo, alterando su equilibrio biológico, químico y físico. Estas alteraciones reducen la actividad microbiana, la materia orgánica y la estructura del suelo, comprometiendo su capacidad de retener nutrientes y agua. En conjunto, estos efectos derivan en una pérdida progresiva de la fertilidad del suelo y en deficiencias nutricionales que impactan negativamente la productividad agrícola. Los efectos combinados de los plaguicidas en el suelo agrícola evidencian la necesidad de adoptar medidas preventivas

y correctivas. En conclusión, los plaguicidas no solo cumplen una función fitosanitaria, sino que también alteran profundamente la dinámica del suelo, comprometiendo su productividad y su sostenibilidad. En el valle de Cañete, el desafío consiste en implementar estrategias que equilibren la eficiencia agrícola con la conservación de los recursos edáficos, garantizando un manejo responsable y sostenible del suelo.

1.5 Impacto de los agroquímicos en los recursos hídricos y la atmósfera

El agua y el aire son medios altamente vulnerables a la contaminación por plaguicidas debido a su capacidad de transporte y dispersión. Una vez aplicados, estos productos no permanecen exclusivamente en el sitio de aplicación; pueden desplazarse a través del viento, las lluvias o el riego, alcanzando fuentes hídricas superficiales, subterráneas y zonas habitadas (FAO, 2021b). En el valle de Cañete, los plaguicidas aplicados en los cultivos suelen llegar a los canales de riego y a los acuíferos, representando un riesgo para la salud de los ecosistemas acuáticos y de la población local.

Los procesos de lixiviación, escorrentía y volatilización determinan la cantidad de contaminante que llega al agua o al aire. La lixiviación ocurre cuando los plaguicidas se disuelven en el agua del suelo y descienden hacia los mantos freáticos, mientras que la escorrentía arrastra los residuos hacia ríos, lagunas o el mar. Por su parte, la volatilización permite que los compuestos se evaporen y sean transportado por corrientes de aire a grandes distancias (Velázquez-Chávez et al., 2022).

La escorrentía es un proceso que se produce cuando el agua de lluvia o de riego no logra infiltrarse completamente en el suelo y fluye sobre su superficie. Durante este desplazamiento superficial, el agua arrastra los residuos de plaguicidas que se encuentran en la capa superior del suelo, transportándolos hacia cuerpos de agua cercanos como ríos, lagunas o zonas costeras. Este mecanismo constituye una vía importante de contaminación ambiental, ya que facilita la dispersión de estos compuestos tóxicos y su acumulación en ecosistemas acuáticos, afectando la calidad del agua y la vida asociada.

Figura 5

Ciclo de los plaguicidas en el medio ambiente y agua



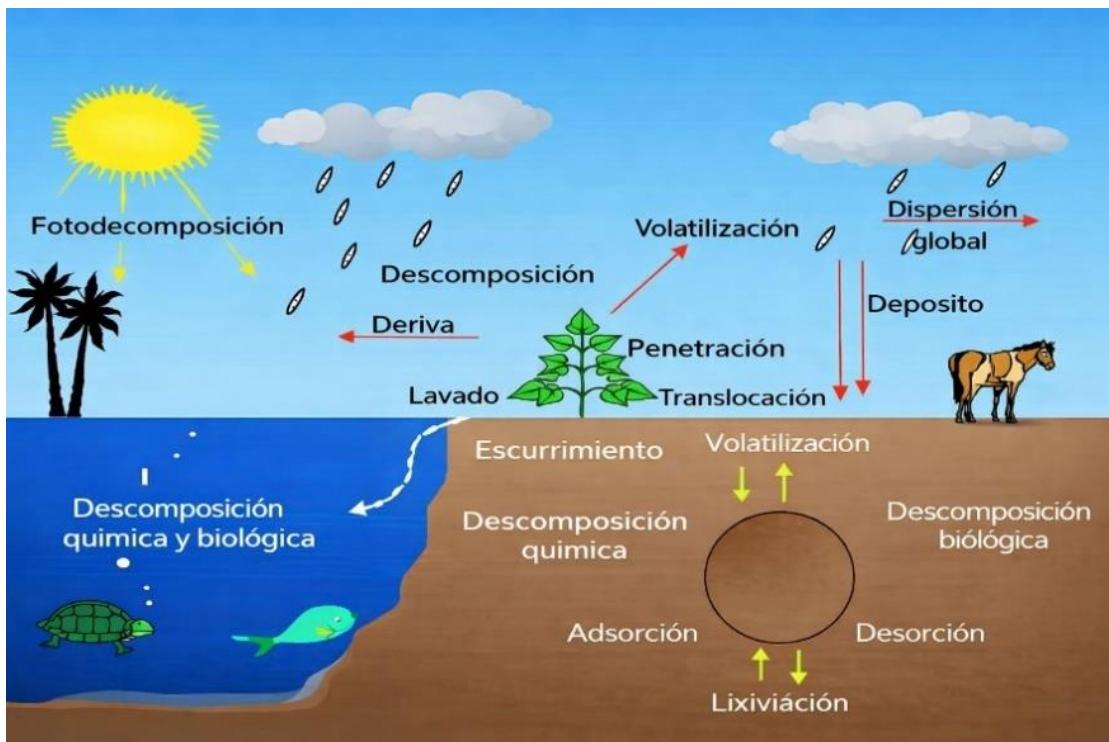
En el caso del agua, la contaminación se manifiesta en la presencia de residuos detectables incluso en bajas concentraciones. Los insecticidas organofosforados y los herbicidas derivados del glifosato son los más comúnmente hallados en los sistemas de riego del valle de Cañete. Aunque muchos presentan una vida media corta, su uso continuo mantiene concentraciones sostenidas que afectan a organismos acuáticos, como peces, algas y crustáceos (Castillo et al., 2023).

Desde la perspectiva eco toxicológica, los plaguicidas fracturan el equilibrio de los hábitats acuáticos al interferir en la red alimentaria y en el reciclaje de nutrientes. Mientras que en los peces se documentan alteraciones degenerativas del sistema nervioso, en el fitoplancton se observa una inhibición fotosintética que reduce el oxígeno disuelto. Como consecuencia, se desencadena un proceso de eutrofización que altera drásticamente las propiedades fisicoquímicas del agua y la supervivencia de las especies (Sulca et al., 2023).

La contaminación del aire ocurre principalmente durante y después de la aplicación. En Cañete, los vientos costeros pueden transportar pequeñas partículas o gotas de plaguicidas hasta varios kilómetros de distancia, exponiendo a comunidades rurales y a cultivos vecinos. Este fenómeno, conocido como deriva, representa una de las principales vías de exposición indirecta para las poblaciones humanas. La magnitud del impacto depende del tamaño de las gotas, la velocidad del viento y el tipo de formulación (Valentín et al., 2021).

Figura 6

Mecanismo de transporte y transformación de plaguicidas en el ambiente



La volatilización de compuestos como el clorpirifos, el diclorvos o el paraquat puede contribuir a la formación de aerosoles contaminantes, afectando la calidad del aire. Estos aerosoles pueden combinarse con partículas de polvo y desplazarse a zonas urbanas, donde generan efectos respiratorios y alérgicos en la población expuesta.

Adicionalmente, la interacción entre los plaguicidas y los componentes atmosféricos puede catalizar la formación de derivados secundarios. Estos productos, resultantes de procesos de degradación parcial, frecuentemente superan a los compuestos originales en términos de toxicidad y resistencia a la degradación natural (Valderrama et al., 2024).

En los ecosistemas costeros, las corrientes de viento y humedad favorecen la deposición de residuos sobre cuerpos de agua o suelos agrícolas adyacentes, generando contaminación cruzada. Estudios realizados en la cuenca baja de Cañete detectan trazas de plaguicidas en agua de consumo humano y en sedimentos de canales de riego, lo que demuestra la conexión entre las prácticas agrícolas y la calidad ambiental (Delgado et al., 2023).

Tabla 4

Concentración promedio de plaguicidas en agua y aire en zonas agrícolas de Cañete

Medio	Compuesto detectado	Concentración promedio	Efecto ambiental
Agua superficial	Glifosato	0.45 mg/L	Toxicidad en peces y microalgas
Agua subterránea	Clorpirifos	0.12 mg/L	Riesgo para consumo humano
Aire rural	Paraquat	0.08 µg/m³	Afecciones respiratorias
Aire periurbano	Diclorvos	0.05 µg/m³	Riesgo de contaminación atmosféricas

Nota. Adaptado de Delgado et al. (2023).

La Tabla 4 evidencia la presencia de plaguicidas en agua y aire de zonas agrícolas de Cañete, lo que confirma su dispersión más allá del área de aplicación. Las concentraciones detectadas se asocian con efectos ambientales relevantes, como toxicidad en organismos acuáticos, riesgos para la salud humana y afecciones respiratorias. En conjunto, los resultados reflejan un potencial impacto ambiental y sanitario derivado del uso intensivo de plaguicidas en sistemas agrícolas.

Las condiciones climáticas locales influyen directamente en la persistencia de los plaguicidas. La elevada radiación solar suele representar aproximadamente 65 – 80 % del máximo solar teórico anual, en la costa central del Perú puede degradar ciertos compuestos, pero también favorecer reacciones fotoquímicas que generan subproductos nocivos. Asimismo, los sistemas de riego por aspersión aumentan la dispersión de aerosoles, incrementando el riesgo de contaminación aérea.

El control de esta contaminación requiere un manejo adecuado del riego, la elección de productos menos volátiles y el respeto a las franjas de seguridad ambiental. La capacitación técnica y el monitoreo constante del agua y aire son herramientas fundamentales para reducir los impactos negativos y proteger los recursos naturales del valle de Cañete.

En síntesis, los plaguicidas alteran la calidad del agua y del aire mediante procesos de transporte y transformación química que extienden su efecto más allá del área de aplicación. La gestión responsable de estos productos y la implementación de tecnologías limpias representan pasos esenciales hacia una agricultura ambientalmente sostenible.

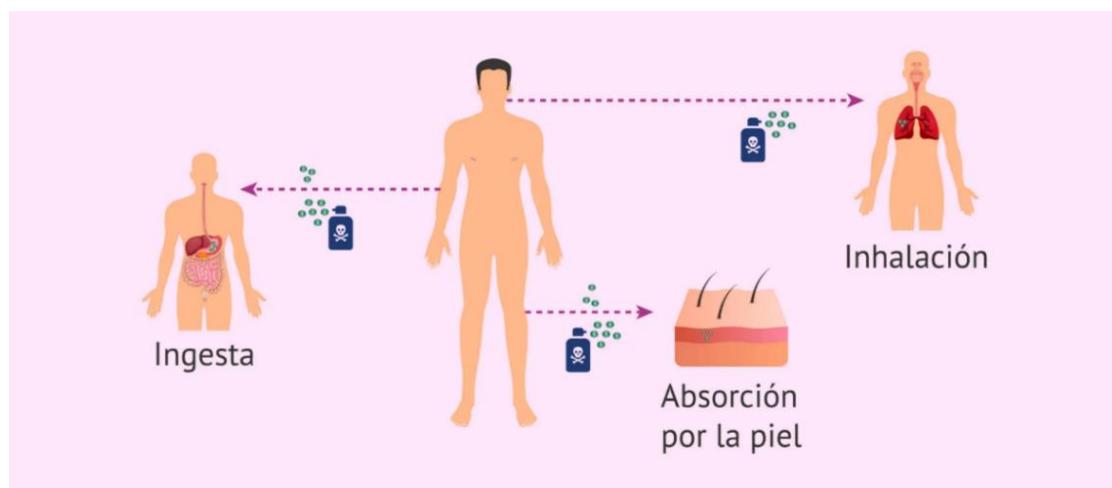
1.6 Consecuencia del uso de agroquímicos en la salud de la población humana

El uso indiscriminado de plaguicidas representa una de las principales amenazas para la salud humana, especialmente en las comunidades agrícolas que los manipulan de forma directa o habitan cerca de zonas de cultivo. La exposición puede producirse por inhalación, ingestión o contacto dérmico, y sus efectos varían según el tipo de compuesto, la dosis, el tiempo de exposición y las condiciones fisiológicas de cada persona (FAO, 2021b).

En el valle de Cañete, numerosos agricultores manipulan los agroquímicos sin equipo de protección personal adecuado, incrementando el riesgo de intoxicaciones agudas y crónicas. Los síntomas iniciales de exposición incluyen mareos, náuseas, dolor de cabeza, irritación cutánea y dificultad respiratoria. En casos severos, la intoxicación puede causar alteraciones neurológicas, hepáticas o renales (SENASA, 2022a).

Figura 7

Entrada de pesticida al cuerpo humano a través de estas vías



Los plaguicidas organofosforados, como el clorpirifos y el malatión, inhiben la enzima colinesterasa, provocando acumulación de acetilcolina en el sistema nervioso y desencadenando fallas neuromusculares. Los carbamatos presentan un mecanismo similar, aunque su acción es reversible. Por otro lado, los herbicidas como el paraquat producen daño pulmonar severo debido a la formación de radicales libres que destruyen los tejidos (Velázquez-Chávez et al., 2022).

En exposiciones crónicas, los efectos son menos evidentes, pero de mayor preocupación. El impacto de los plaguicidas trasciende el entorno ambiental, afectando la integridad biológica de las personas expuestas. Estudios a largo plazo vinculan estos tóxicos con alteraciones en la regulación endocrina y la capacidad fértil, así como con el incremento de cánceres de linaje hematológico y el inicio temprano de enfermedades neurodegenerativas, particularmente el Parkinson (Valderrama et al., 2024).

Figura 8

Efecto de los plaguicidas en la salud humana



Los plaguicidas se asocian con diversos efectos adversos en la salud humana, principalmente como consecuencia de la contaminación que generan en el entorno. Los residuos de plaguicidas presentes en frutas, hortalizas y granos también representan una vía de exposición para los consumidores. Aunque existen límite máximo de residuos permitido que es el 100% superado el porcentaje ya no se encuentra permitido (LMR) establecidos por la FAO y la OMS, las inspecciones en mercados locales de la costa peruana han evidenciado excedencias en algunos productos agrícolas. En Cañete, se han detectado trazas de clorpirifos y cipermetrina en muestras de camote y maíz, superando los valores de referencia internacionales (Delgado et al., 2023).

Tabla 5*Efectos toxicológicos más comunes asociados al uso de plaguicidas*

Grupos químicos	Mecanismo de acción	Efectos principales	Tipo de exposición
Organofosforados	Inhibición de la colinesterasa	Convulsiones, fatiga, parálisis	Aguda
Carbamatos	Bloqueo reversible de la colinesterasa	Dolor de cabeza, debilidad	Aguda
Piretroides	Alteración de canales de sodio	Dermatitis, irritación ocular	Aguda y crónica
Herbicidas biperidílicos	Generación de radicales libres	Daño pulmonar y hepático	Crónica
Triazinas	Disruptores endocrinos	Alteraciones hormonales	Crónica

Nota. Adaptado de OMS (2021).

La Tabla 5 sintetiza los principales efectos toxicológicos asociados a distintos grupos de plaguicidas, evidenciando que su mecanismo de acción determina la gravedad y el tipo de daño en la salud humana. Se observa que algunos compuestos generan efectos agudos severos, como convulsiones y parálisis, mientras que otros producen impactos crónicos relacionados con alteraciones hormonales y daño orgánico. En conjunto, la información resalta la relevancia de considerar tanto el tipo de plaguicida como la vía y duración de la exposición para evaluar el riesgo sanitario. Los trabajadores agrícolas son los más vulnerables, ya que manipulan directamente los productos, preparan mezclas y realizan las aplicaciones sin supervisión técnica. Las intoxicaciones agudas suelen producirse por derrames accidentales, uso de dosis elevadas o falta de capacitación en el manejo seguro.

En zonas rurales, la carencia de servicios médicos adecuados agrava las consecuencias, ya que el tratamiento suele demorarse. Desde el punto de vista social, el uso inadecuado de plaguicidas también afecta la economía familiar, al generar costos por atención médica y pérdida de productividad laboral. En el Perú, las estadísticas oficiales aún son limitadas, pero investigaciones realizadas en regiones agrícolas indican que al menos el 35 % de los trabajadores ha experimentado algún tipo de intoxicación leve durante su actividad agrícola. En Cañete, la situación es similar, dado el uso frecuente de productos de categoría toxicológica II y III, considerados moderadamente peligrosos.

Tabla 6

Riesgo toxicológico de los plaguicidas según OMS

Clasificación de OMS según los riesgos	Color de la banda	Clasificación del peligro
Ia-Extremadamente peligroso	Rojo (pantone 199-C)	MUY TÓXICO
Ib-Altamente peligroso	Rojo (pantone 199-C)	TÓXICO
II-Moderadamente peligroso	Amarillo (pantoneC)	DAÑINO
III-ligeramente peligroso	Azul (pantone 293 - C)	CUIDADO
IV-Normalmente no ofrece peligro	Verde (pantone 347)	PRECAUCIÓN

La Tabla 6 sintetiza la clasificación de riesgo toxicológico de los plaguicidas según la OMS, asociando cada categoría con un código de color que facilita la identificación visual del nivel de peligro. Esta gradación permite orientar decisiones técnicas y normativas para el manejo seguro de plaguicidas, priorizando la protección de la salud humana y el ambiente.

La prevención de estos riesgos exige educación ambiental, uso de equipos de protección personal, capacitación técnica y monitoreo sanitario continuo. Las estrategias de manejo integrado de plagas y el fomento del uso de bioplaguicidas contribuyen a reducir la exposición humana, al tiempo que mantienen la productividad agrícola.

En síntesis, los plaguicidas constituyen una herramienta útil para la agricultura, pero su uso sin control adecuado compromete gravemente la salud de los agricultores y de la población. En el valle de Cañete, el desafío consiste en equilibrar la eficiencia productiva con la seguridad humana mediante prácticas agrícolas sostenibles y regulaciones efectivas.

1.7 Influencia de los agroquímicos en la biodiversidad y en el equilibrio ecológico

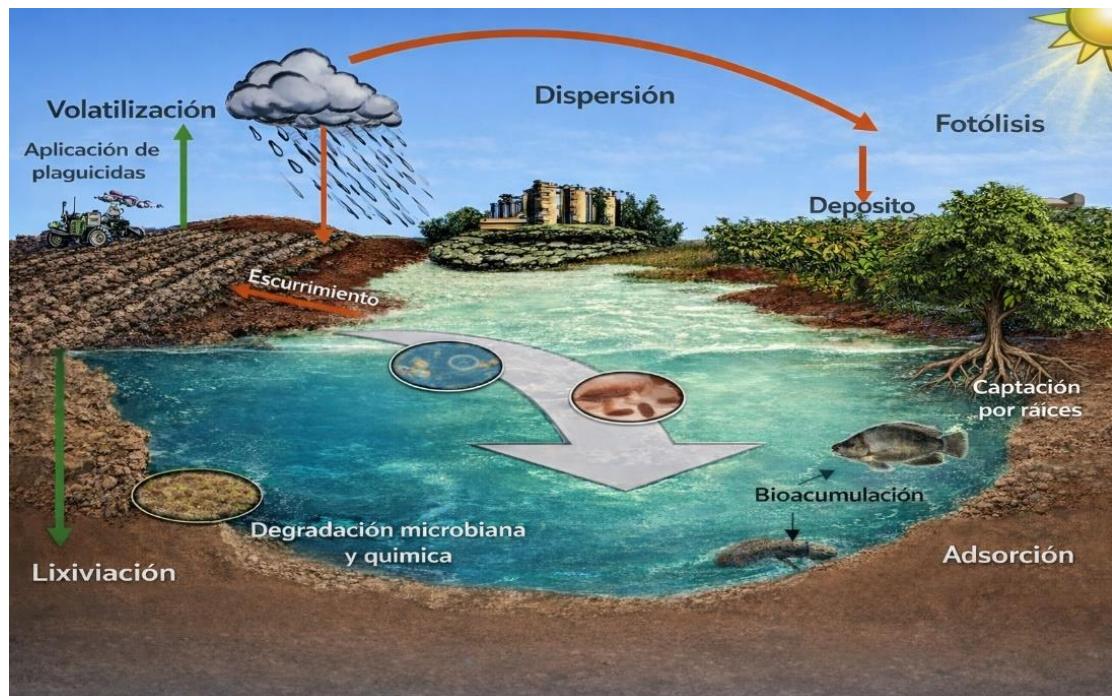
El uso de plaguicidas, aunque dirigido a controlar organismos específicos, tiene repercusiones amplias sobre la biodiversidad. En los ecosistemas agrícolas del valle de Cañete, estos productos alteran las interacciones entre especies, reducen la diversidad biológica y afectan los servicios ecosistémicos esenciales, como la polinización, la regulación natural de plagas y el reciclaje de nutrientes (Delgado et al., 2023).

La exposición constante a plaguicidas provoca la desaparición de organismos no objetivo, incluyendo insectos polinizadores, aves, anfibios y microorganismos del suelo. Estos

organismos cumplen funciones ecológicas fundamentales y su pérdida desencadena desequilibrios que pueden aumentar la incidencia de plagas o enfermedades vegetales (FAO, 2021b).

Figura 9

Impacto de los plaguicidas en el medio ambiente



Las abejas, por ejemplo, son extremadamente sensibles a los insecticidas neonicotinoides. Estos compuestos afectan su sistema nervioso central, provocando desorientación, reducción de la capacidad de vuelo y mortalidad. La disminución de las poblaciones de polinizadores repercute directamente en la producción de frutales y hortalizas, afectando la economía agrícola local (Valentín et al., 2021).

En los ecosistemas acuáticos, los plaguicidas alteran la estructura de las comunidades biológicas. Los organismos más afectados son los invertebrados bentónicos, esenciales en la cadena trófica, y los peces, que pueden acumular residuos en sus tejidos a través del proceso de bioacumulación. Este fenómeno amplifica los efectos tóxicos a lo largo de la cadena alimentaria, alcanzando incluso a los seres humanos (Velázquez-Chávez et al., 2022).

Las aves también sufren consecuencias significativas. Los plaguicidas organoclorados, como el DDT, provocan adelgazamiento de las cáscaras de los huevos y reducen la tasa de supervivencia de las crías. La detección de residuos en el suelo y el agua, años después

de que su uso fuera vetado internacionalmente, subraya la peligrosa persistencia de estos agentes. Esta herencia tóxica demuestra que las medidas regulatorias actuales enfrentan el desafío de sustancias cuya degradación natural es extremadamente lenta, manteniendo el riesgo de contaminación latente (Valderrama et al., 2024).

En los suelos agrícolas, los plaguicidas disminuyen la actividad de organismos beneficiosos como lombrices, colémbolos y microorganismos simbióticos. Esta pérdida de biodiversidad edáfica reduce la capacidad del suelo para mantener su estructura y fertilidad. Además, al eliminar especies depredadoras naturales, los plaguicidas pueden generar un efecto contraproducente, favoreciendo la aparición de plagas secundarias resistentes (Castillo et al., 2023).

Tabla 7

Impactos ecológicos de los plaguicidas sobre diferentes grupos biológicos

Grupo biológico	Tipos de plaguicidas	Efecto principal	Consecuencia ecológica
Abejas	Neonicotinoides	Perdida de orientación y mortalidad	Reducción de polinización
Peces	Organofosforados	Daño neurológico y bioacumulación	Pérdida de biodiversidad acuática
Aves	Organofosforados	Alteración hormonal y huevo frágiles	Disminución poblacional
Microorganismo del suelo	Herbicidas e insecticidas	Perdida de biomasa y actividad enzimática	Degradación de fertilidad del suelo
Anfibios	Carbamatos y triazinas	Malformaciones y mortalidad larval	Desequilibrio trófico

Nota. Adaptado de FAO (2021b).

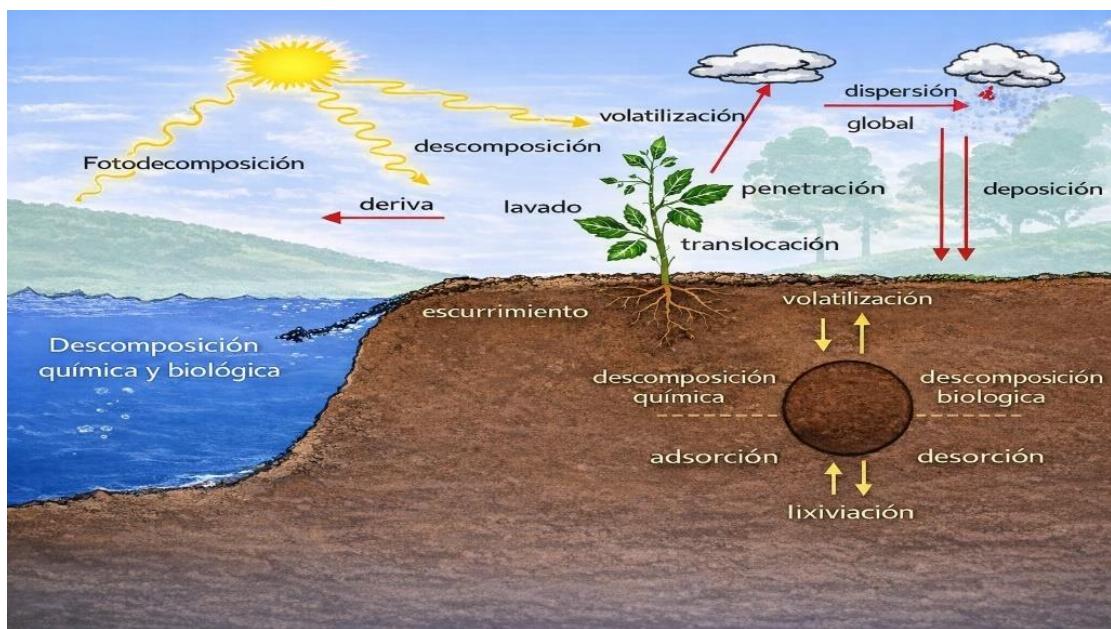
La Tabla 7 evidencia que los plaguicidas generan efectos adversos específicos en distintos grupos biológicos, desde alteraciones fisiológicas hasta mortalidad, afectando funciones ecológicas clave. Estas perturbaciones se traducen en consecuencias ecológicas mayores, como la pérdida de biodiversidad, el desequilibrio trófico y la degradación de la fertilidad del suelo.

La alteración del equilibrio ecológico tiene efectos en cascada que se reflejan en la reducción de la resiliencia de los ecosistemas. Los campos agrícolas pierden capacidad de autorregulación, aumentando su dependencia de insumos químicos y reduciendo la sostenibilidad del sistema productivo.

En el valle de Cañete, la pérdida de biodiversidad agrícola se traduce en menor disponibilidad de enemigos naturales de plagas y en una creciente vulnerabilidad de los cultivos frente a enfermedades. Esta situación evidencia la necesidad de implementar prácticas agroecológicas, corredores biológicos y programas de conservación de fauna útil para restablecer el equilibrio natural.

Figura 10

Movimiento y destino de los plaguicidas en el medio ambiente



La Figura 10 ilustra los principales procesos de transporte, transformación y degradación de los plaguicidas en el ambiente, incluyendo volatilización, escorrentía, lixiviación, adsorción y degradación química y biológica. En conjunto, evidencia la compleja dinámica ambiental de estos compuestos y su potencial para contaminar suelo, agua, aire y organismos vivos a diferentes escalas espaciales.

La recuperación del equilibrio ecológico requiere un manejo integral de los recursos naturales. El uso de bioinsumos, la rotación de cultivos y la reducción progresiva del uso de plaguicidas sintéticos constituyen medidas claves para conservar la diversidad biológica y promover sistemas agrícolas sostenibles. En síntesis, los plaguicidas no solo controlan organismos dañinos, sino que también perturban la estructura y funcionalidad de los ecosistemas agrícolas. Su impacto acumulativo sobre la biodiversidad pone en riesgo la estabilidad ambiental del valle de Cañete, haciendo indispensable una transición hacia modelos de producción más respetuosos con el entorno natural.

1.8 Gestión y destino final de envases y residuos de productos fitosanitario

El manejo y disposición final de los envases vacíos de plaguicidas constituyen un aspecto crítico dentro de la gestión ambiental agrícola. En el Perú, la disposición final de envases vacíos de plaguicidas está regulada por el Decreto Supremo N.º 001-2015-MINAGRI, que aprueba el Reglamento del Sistema Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola, el cual clasifica estos envases como residuos peligrosos y establece obligaciones de manejo seguro, incluyendo el triple lavado, perforación y entrega en centros de acopio autorizados para su destino final, así como la implementación de programas de gestión por parte de los titulares de registro bajo supervisión del SENASA. A pesar de las regulaciones vigentes, en muchas zonas rurales del Perú los envases son eliminados de manera inadecuada, lo que genera contaminación del suelo, del agua y riesgos sanitarios para las comunidades agrícolas (SENASA, 2022b).

En el valle de Cañete, es común observar que los envases vacíos son quemados, enterrados o arrojados en los canales de riego, sin considerar los residuos de sustancias tóxicas que aún contienen. Esta práctica libera compuestos químicos persistentes que pueden filtrarse en el suelo y afectar el microbiota edáfico, o bien ser transportados por el viento y el agua hacia zonas pobladas.

Figura 11

Manejo adecuado de envase vacíos de plaguicidas



Nota. Adaptado de CropLife Latin América (2023).

En el Perú, la normativa que regula el manejo de envases vacíos de plaguicidas de uso agrícola está contenida en el Decreto Supremo N.º 001-2015-MINAGRI, que aprueba el Reglamento del Sistema Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola y establece la obligatoriedad del triple lavado de los envases inmediatamente al terminar su contenido, la inhabilitación mecánica del recipiente y su posterior entrega a centros de acopio autorizados para su disposición final, prohibiendo su reutilización para cualquier otro fin que pueda representar un riesgo sanitario o ambiental. Además, la Resolución Directoral N.º 0033-2015-MINAGRI-SENASA-DIAIA aprueba el procedimiento específico sobre cómo debe realizarse el triple lavado, detallando los pasos y responsabilidades técnicas bajo la supervisión del SENASA como autoridad competente, reforzando así el marco legal para la gestión segura de estos residuos peligrosos. Los envases de plaguicidas deben someterse al procedimiento de triple lavado, el cual consiste en enjuagar tres veces los envases con agua limpia, utilizando el líquido resultante en la mezcla de aplicación. Posteriormente, los envases perforados deben almacenarse temporalmente en un punto de acopio autorizado para su posterior reciclaje o disposición segura. Sin embargo, la aplicación de este procedimiento es limitada debido a la falta de supervisión, infraestructura adecuada y programas de capacitación en las zonas rurales. Muchos agricultores desconocen la normativa o la consideran una pérdida de tiempo, lo que agrava el problema ambiental. En consecuencia, la contaminación por residuos de envases se ha convertido en un foco persistente de exposición humana y degradación ambiental.

Tabla 8

Evaluación del manejo de envases de plaguicidas en el valle de Cañete

Práctica observada	Porcentaje de agricultores	Impacto ambiental asociado
Triple lavado y perforado	18%	Reducción significativa del riego
Enterramiento o quema	42%	Contaminación del suelo y aire
Eliminación en canales de riego	25%	Contaminación hídrica y riego sanitario
Reutilización doméstica	15%	Alto riesgo de intoxicación

Nota. Adaptado de Delgado et al. (2023).

La Tabla 8 revela que una proporción mayoritaria de agricultores en el valle de Cañete aplica prácticas inadecuadas en el manejo de envases de plaguicidas, como la quema, el entierro o su eliminación en canales de riego. Esta situación incrementa significativamente los riesgos de contaminación ambiental y sanitaria, evidenciando la necesidad de fortalecer la capacitación y el cumplimiento de la normativa vigente.

La reutilización doméstica de los envases es una de las prácticas más peligrosas. En algunos casos, las botellas o bidones vacíos se emplean para almacenar agua, alimentos o combustibles, exponiendo a las familias a intoxicaciones accidentales. El SENASA ha identificado casos en los que niños han sufrido envenenamiento por beber líquidos almacenados en recipientes contaminados (SENASA, 2022b).

Para mitigar estos riesgos, se han implementado programas de recolección de envases en colaboración con empresas distribuidoras y cooperativas agrícolas. Estos programas promueven la creación de centros de acopio y la capacitación de agricultores sobre el manejo responsable. Sin embargo, su cobertura aún es insuficiente en zonas rurales dispersas, donde la informalidad en la venta de agroquímicos dificulta el control de los residuos.

El tratamiento de residuos líquidos y sólidos provenientes del lavado de equipos de aplicación también requiere atención. Muchos productores lavan las mochilas o bombas pulverizadoras en fuentes de agua cercanas, lo que contribuye a la contaminación química del entorno. La falta de infraestructura para la disposición final de estos residuos genera un problema adicional en la gestión ambiental agrícola (FAO, 2021b).

Figura 12

Sistema adecuado de acopio y reciclaje de envases fitosanitario



En términos de política ambiental, el Perú cuenta con el Reglamento de Gestión y Manejo de Envases y Residuos de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola (DS N.º 001-2015-MINAGRI), que establece las responsabilidades de productores, distribuidores y usuarios. No obstante, la efectividad de la norma depende del nivel de cumplimiento local y de la participación de las autoridades municipales en la supervisión.

La educación ambiental y la sensibilización de los agricultores son elementos clave para cambiar las prácticas actuales. Promover el triple lavado, el acopio responsable y la disposición final controlada permite reducir significativamente la contaminación del entorno agrícola.

En síntesis, la gestión inadecuada de envases y residuos de plaguicidas sigue siendo un desafío ambiental en el valle de Cañete. La falta de control y de conciencia ecológica agrava los riesgos para la salud y la sostenibilidad del ecosistema agrícola. La implementación de programas de reciclaje, el fortalecimiento institucional y la participación activa de los productores constituyen pasos indispensables para avanzar hacia una agricultura responsable y ambientalmente segura.

1.9 Alternativas sostenibles para el manejo responsable de plaguicidas

El manejo sostenible de plaguicidas busca equilibrar la productividad agrícola con la protección ambiental y la salud humana. Este enfoque promueve la reducción progresiva del uso de productos químicos peligrosos, sustituyéndolos por alternativas menos tóxicas o por prácticas agroecológicas que garanticen un control eficaz de plagas sin comprometer la calidad de los ecosistemas (FAO, 2021b).

En el valle de Cañete, la implementación de estrategias sostenibles se ha convertido en una necesidad urgente ante los impactos evidentes de la contaminación agrícola. La sobreutilización de plaguicidas ha generado resistencia en varias especies de insectos y malezas, lo que reduce la eficacia de los tratamientos convencionales y obliga a aplicar dosis mayores. Este fenómeno, conocido como “resistencia cruzada”, incrementa los costos de producción y agrava la contaminación ambiental (Delgado et al., 2023).

Figura 13

Manejo de los plaguicidas a lo largo de todo el ciclo de vida



Nota. Adaptado de FAO (2023)

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) constituye la base de las estrategias sostenibles. Este sistema combina métodos biológicos, culturales, mecánicos y químicos, priorizando el uso de los plaguicidas únicamente cuando sea estrictamente necesario y bajo criterios técnicos. Entre sus principales prácticas se encuentran el monitoreo constante de las poblaciones de plagas, la rotación de cultivos, la introducción de enemigos naturales y el uso racional de productos selectivos (MINAGRI, 2022).

Otra herramienta fundamental es el uso de bioplaguicidas, formulados a partir de microorganismos, extractos vegetales o feromonas. Estos productos presentan baja toxicidad, se degradan rápidamente en el ambiente y permiten mantener el equilibrio ecológico. En Perú, diversas investigaciones han demostrado la eficacia de bacterias como *Bacillus thuringiensis* y hongos como *Beauveria bassiana* para el control de insectos, reduciendo la dependencia de plaguicidas sintéticos (González & Chávez, 2023).

Tabla 9

Comparación entre plaguicidas convencionales y bioplaguicidas

Característica	Plaguicidas convencionales	Bioplaguicidas
Origen	Químico - sintético	Natural o biológico
Persistencia ambiental	Alta	Baja
Toxicidad para fauna benéfica	Elevada	Baja
costo inicial	Menor	Variable
Efectividad	Rápida pero temporal	Progresiva y estable

Nota. Adaptado de FAO (2021b).

La Tabla 9 compara que los plaguicidas convencionales, de origen químico-sintético, presentan mayor persistencia y toxicidad ambiental, aunque con menor costo inicial y acción inmediata. En contraste, los bioplaguicidas destacan por su origen natural, menor impacto ecológico y una efectividad más estable, alineada con enfoques de manejo agrícola sostenible. El fortalecimiento de la educación ambiental y la capacitación técnica es esencial para consolidar un manejo sostenible. Los agricultores requieren conocimientos sobre dosificación correcta, equipos de protección, calibración de equipos y procedimientos de limpieza segura. En Cañete, la colaboración entre instituciones públicas, universidades y asociaciones de productores ha comenzado a promover talleres de sensibilización sobre prácticas agrícolas sostenibles (SENASA, 2023).

El desarrollo de políticas públicas orientadas a la sostenibilidad es otro pilar fundamental. Estas políticas deben incentivar el uso de tecnologías limpias, ofrecer créditos verdes y reconocer a los agricultores que implementan prácticas responsables. La fiscalización de la venta y distribución de plaguicidas no autorizados también constituye una medida esencial para reducir el riesgo ambiental y sanitario (MINAM, 2023).

En paralelo, la implementación de sistemas de monitoreo ambiental permite evaluar la calidad del agua, del aire y del suelo en las zonas agrícolas. Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa para ajustar las dosis de aplicación y determinar los productos más adecuados para cada cultivo. En el valle de Cañete, el establecimiento de estaciones de control fitosanitario contribuiría a una gestión más eficiente y preventiva.

Figura 14

Uso y manejo de plaguicidas agrícolas



Nota. Adaptado de SENASA (2023).

El uso de tecnología de precisión, como sensores, drones y sistemas de riego automatizados, también ayuda a optimizar la aplicación de plaguicidas, reduciendo el desperdicio y evitando la sobreexposición ambiental. Estas innovaciones permiten aplicar el producto en la dosis exacta y únicamente en las zonas afectadas, minimizando los costos y los riesgos ecológicos.

Finalmente, la participación comunitaria es un componente esencial. Los agricultores, técnicos y autoridades locales deben trabajar de forma conjunta para establecer compromisos ambientales y monitorear los avances. El éxito del manejo sostenible depende del nivel de conciencia colectiva y del compromiso de todos los actores involucrados en el proceso productivo.

En síntesis, el manejo sostenible de plaguicidas representa una alternativa viable y necesaria para garantizar la seguridad alimentaria, proteger la salud de los agricultores y preservar la calidad ambiental del valle de Cañete. La combinación de educación, innovación tecnológica y responsabilidad institucional constituye la base para una agricultura moderna y ecológicamente equilibrada.

1.10 Marco normativo y regulaciones sobre el empleo de plaguicidas en el Perú

El marco normativo peruano en materia de plaguicidas busca garantizar un uso responsable y seguro de estos productos, minimizando los riesgos para la salud humana y el ambiente. Las regulaciones están alineadas con los convenios internacionales ratificados por el Estado peruano, como el Convenio de Rotterdam sobre el comercio internacional de productos químicos peligrosos y el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes.

En el ámbito nacional, la autoridad competente es el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), organismo adscrito al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), encargado del registro, control y fiscalización de los plaguicidas químicos de uso agrícola. El Decreto Supremo N.^o 001-2015-MINAGRI, que aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de Envases y Residuos de Plaguicidas, constituye una de las principales normativas en la materia (SENASA, 2022a).

Figura 15

Gestión de envase vacíos de fitosanitario según ley 27.279



El registro de plaguicidas requiere la presentación de información técnica sobre la composición, toxicidad, eficacia y comportamiento ambiental del producto. Solo los productos que cumplen los requisitos establecidos reciben autorización para su importación, formulación y comercialización. Este procedimiento busca asegurar que los

plaguicidas utilizados en el país cumplan con estándares internacionales de seguridad (FAO, 2021b).

Asimismo, la norma establece categorías toxicológicas basadas en la peligrosidad del ingrediente activo, siguiendo la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Estas categorías I a IV permiten identificar los productos extremadamente peligrosos, moderadamente peligrosos, poco peligrosos y aquellos que ofrecen menor riesgo. En teoría, los plaguicidas de categoría I deben ser retirados progresivamente del mercado, aunque en la práctica aún se comercializan algunos de ellos, especialmente en zonas rurales (Gonzales & Rojas, 2022). El cumplimiento de las regulaciones enfrenta desafíos significativos. En muchos distritos agrícolas del valle de Cañete, los controles de venta son escasos y los productos se comercializan de manera informal, sin asesoramiento técnico. Esta situación propicia la adquisición de plaguicidas prohibidos o sin registro, incrementando el riesgo de contaminación ambiental y de intoxicaciones humanas (Delgado et al., 2023).

A nivel regional, las municipalidades y gobiernos locales desempeñan un papel fundamental en la supervisión del cumplimiento de las normas. Sin embargo, la limitada capacidad institucional y la falta de personal especializado dificultan la aplicación efectiva de las regulaciones. En consecuencia, persisten brechas en la vigilancia ambiental y en la protección de los trabajadores agrícolas (SENASA, 2023).

Figura 16

Productos fitosanitarios que genera distintos tipos de presión sobre el medio ambiente



La educación y la participación de los agricultores son componentes esenciales para el éxito de la política regulatoria. La normativa peruana promueve la capacitación técnica en el uso seguro de plaguicidas, el manejo de envases y la protección personal. No obstante, la cobertura de estos programas aún es limitada, especialmente en comunidades rurales de difícil acceso, como las del interior del valle de Cañete.

En síntesis, aunque el Perú cuenta con un marco normativo sólido para regular los plaguicidas, la efectividad de su aplicación depende de la coordinación entre instituciones, la vigilancia activa y la concientización de los agricultores. Reforzar la fiscalización, ampliar la capacitación y fomentar la sustitución progresiva de sustancias peligrosas son acciones prioritarias para garantizar un manejo responsable y sostenible de los agroquímicos en la agricultura nacional.

1.11 Evaluación del impacto de los plaguicidas en la producción agrícola de Cañete

El valle de Cañete, reconocido por su alta productividad agrícola, presenta una fuerte dependencia del uso de plaguicidas para el control de plagas y enfermedades en cultivos como el maíz, el camote, la vid y los frutales. Esta dependencia ha contribuido al incremento de los rendimientos agrícolas, pero también ha generado un conjunto de impactos ambientales, sociales y económicos que amenazan la sostenibilidad del sistema productivo (Delgado et al., 2023).

El uso intensivo de plaguicidas en la zona se relaciona directamente con la necesidad de mantener la competitividad en los mercados nacionales e internacionales. Sin embargo, esta práctica ha provocado contaminación del suelo y del agua, afectación de la biodiversidad y exposición constante de los agricultores a sustancias tóxicas. Estudios locales confirman la presencia de residuos químicos en suelos agrícolas, canales de riego y productos cosechados, lo que representa un riesgo tanto para la salud humana como para la seguridad alimentaria (SENASA, 2022b).

Figura 17

Principales impactos ambientales y sociales del uso de plaguicidas en Cañete



La contaminación del suelo afecta la estructura edáfica y el microbiota, reduciendo la capacidad del terreno para mantener su fertilidad natural. Además, la acumulación de residuos dificulta la recuperación ecológica del ecosistema, afectando la productividad a largo plazo. En los cuerpos de agua, los plaguicidas alteran los ecosistemas acuáticos, generando pérdida de biodiversidad y afectando la disponibilidad de agua para riego y consumo humano.

En términos sociales, el impacto más visible es el aumento de enfermedades asociadas a la exposición directa o indirecta a plaguicidas. La carencia de equipos de protección, el desconocimiento de los riesgos y la informalidad en la venta de productos contribuyen a elevar los casos de intoxicación en los trabajadores agrícolas.

Tabla 10

Consecuencia del uso intensivo de plaguicidas en la agricultura

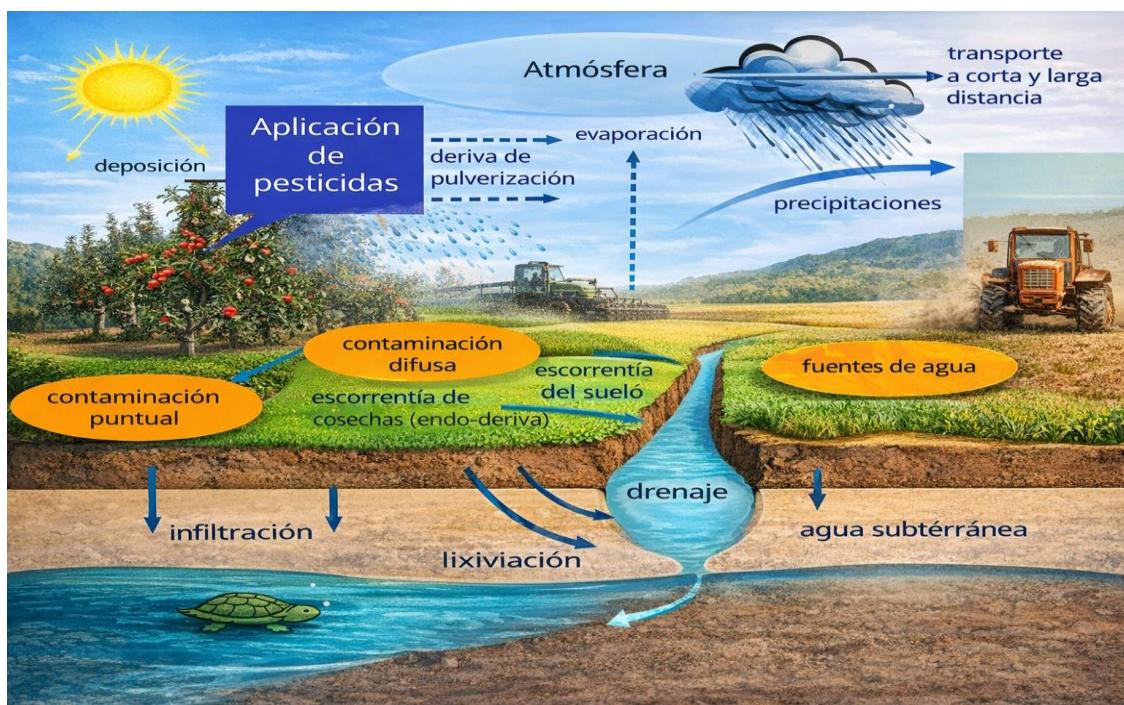
Dimensión	Impacto principal	Efecto a corto plazo	Efecto a largo plazo
Ambiental	Contaminación de suelo y agua	Reducción de la biodiversidad	Degradación de ecosistemas
Sanitaria	Exposición humana a químico	Intoxicaciones agudas	Enfermedades crónicas
Económica	Incremento de costo de producción	Dependencia tecnológica	Perdida de sostenibilidad
Social	Falta de capacitación y control	Riesgo laboral elevado	Desigualdad rural

Nota. Adaptado de Delgado et al. (2023).

La Tabla 10 evidencia que el uso intensivo de plaguicidas genera impactos interrelacionados que trascienden lo ambiental, afectando la salud humana, la economía agrícola y el tejido social desde el corto hasta el largo plazo. En conjunto, estos efectos comprometen la sostenibilidad de los sistemas productivos y profundizan riesgos ecológicos, sanitarios y sociales de carácter estructural. El impacto económico también es relevante. El uso continuo de agroquímicos eleva los costos de producción y genera dependencia de los insumos importados, reduciendo la rentabilidad de los pequeños agricultores. A esto se suma la posible pérdida de mercados en caso de detectarse residuos químicos en productos exportables, lo cual afectaría la economía local.

Figura 18

Interrelación entre los impactos ambientales, económicos y sociales en la agricultura de Cañete



Nota. Adaptado de FAO (2021b).

La Figura 18 ilustra cómo la aplicación de pesticidas en la agricultura de Cañete genera procesos interconectados de transporte, deposición y movilización que derivan en contaminación difusa y puntual de suelos, aguas superficiales y subterráneas. Estos flujos ambientales evidencian la estrecha relación entre las prácticas productivas, la degradación ambiental y sus implicancias económicas y sociales en los sistemas agrícolas. A pesar de estos desafíos, el valle de Cañete posee un potencial significativo para implementar prácticas sostenibles. La disponibilidad de recursos hídricos, la

diversidad de cultivos y la presencia de instituciones técnicas ofrecen condiciones favorables para promover el manejo integrado de plagas y el uso de bioplaguicidas. Además, el fortalecimiento de la educación ambiental puede contribuir a la adopción de tecnologías limpias y a la reducción progresiva del uso de sustancias peligrosas. En este contexto, la investigación científica desempeña un papel crucial al evaluar los impactos reales de los plaguicidas y proponer soluciones basadas en evidencia. Los estudios sobre la relación entre los parámetros edáficos como pH, conductividad eléctrica y textura del suelo y la acumulación de residuos químicos, proporcionan información valiosa para diseñar políticas agrícolas adaptadas a las condiciones del valle.

En síntesis, el impacto de los plaguicidas en la agricultura de Cañete refleja una dualidad: por un lado, contribuyen al desarrollo económico mediante el incremento de la producción; pero, por otro, generan riesgos ambientales y sanitarios que comprometen la sostenibilidad del territorio. La transición hacia un modelo agrícola responsable, sustentado en educación, investigación y gestión ambiental, es esencial para garantizar el futuro sostenible del valle de Cañete.

CAPÍTULO II

IMPACTO DE LOS AGROQUÍMICOS EN LA CONTAMINACIÓN DE LA AGRICULTURA EN CAÑETE

2.1 Fundamento de investigación

En la actualidad, el uso intensivo de productos fitosanitarios en la agricultura del valle de Cañete constituye una preocupación creciente tanto en el ámbito ambiental como en el sanitario. La presencia de residuos químicos persistentes en suelos, fuentes de agua y productos agrícolas evidencia una problemática estructural vinculada al escaso conocimiento técnico sobre su manejo y la limitada fiscalización de su aplicación. Esta situación refleja un desequilibrio entre la búsqueda de altos rendimientos productivos y la conservación del entorno natural. Ante ello, se considera necesario analizar los niveles de contaminación asociados al uso indiscriminado de agroquímicos, con el propósito de generar evidencia científica que oriente políticas y estrategias hacia una agricultura sostenible y ambientalmente responsable. Este estudio busca, por tanto, identificar el grado de contaminación presente en el contexto agrícola cañetano, promoviendo prácticas más seguras que protejan la salud humana y aseguren la integridad de los ecosistemas locales.

2.2 Objetivo de la investigación

El propósito esencial de este trabajo es determinar el nivel de contaminación agrícola derivado del empleo de productos fitosanitarios en los principales cultivos de la provincia de Cañete. Se pretende no solo cuantificar la magnitud de los residuos contaminantes, sino también analizar su relación con los componentes agroecológicos como el suelo, el agua, las plantas y el entorno ambiental en general. A partir de este enfoque integral, se busca comprender los riesgos potenciales que implica su uso para la salud pública y el ambiente, y proponer alternativas técnicas que fomenten la utilización racional, segura y sostenible de los productos fitosanitarios, favoreciendo una agricultura comprometida con la sostenibilidad ecológica.

2.3 Método, diseño y tipos de investigación

La investigación se sustenta en un enfoque cuantitativo, adecuado cuando se busca medir, describir y analizar relaciones entre variables mediante datos

numéricos y técnicas estadísticas, permitiendo obtener resultados objetivos y generalizables (Hernández Sampieri et al., 2014). Este enfoque resulta pertinente para el estudio de la contaminación agrícola y sus vínculos con variables ambientales, ya que facilita la identificación de patrones, tendencias y asociaciones entre prácticas agrícolas y efectos sobre el suelo, el agua y los cultivos.

El diseño de investigación es no experimental, dado que las variables no fueron manipuladas deliberadamente, sino observadas tal como se presentan en su contexto natural, característica esencial en estudios ambientales y sociales donde la intervención directa no es ética ni viable (Kerlinger & Lee, 2002). Asimismo, el estudio adopta un diseño descriptivo, orientado a caracterizar las prácticas de uso de agroquímicos y la percepción de los agricultores, y correlacional, al analizar el grado de asociación entre la contaminación agrícola y los componentes ambientales evaluados, sin pretender establecer relaciones causales (Arias, 2012).

En cuanto al tipo de investigación, se enmarca como aplicada, ya que sus resultados aportan evidencia empírica útil para la gestión ambiental y la toma de decisiones en el ámbito agrícola. El uso del coeficiente de correlación de Spearman es metodológicamente coherente, al tratarse de variables de naturaleza ordinal y no necesariamente distribuidas de forma normal, permitiendo identificar relaciones estadísticamente significativas entre los factores estudiados (Siegel & Castellán, 1995).

La población estuvo conformada por agricultores del valle de Cañete, de los cuales se seleccionó una muestra representativa de 100 productores que emplean de forma regular productos fitosanitarios. Para la obtención de los datos, se aplicó un cuestionario estructurado con preguntas cerradas, destinado a conocer tanto las prácticas de manejo como la percepción de los agricultores sobre los impactos ambientales del uso de agroquímicos. Los datos fueron procesados con el software estadístico SPSS versión 26, elaborándose tablas de frecuencia y análisis correlacionales. El coeficiente de correlación de Spearman permitió

establecer asociaciones entre la contaminación agrícola y variables ambientales como el suelo, el agua, los cultivos y las plantas, identificando relaciones estadísticamente significativas entre los factores analizados.

2.4 Consideraciones éticas

El desarrollo del estudio se rigió por los principios éticos de la investigación científica. Se garantizó la confidencialidad de la información obtenida y se contó con el consentimiento informado de los participantes, quienes fueron informados sobre los objetivos del estudio y su participación voluntaria. Asimismo, se evitó cualquier intervención que comprometiera la integridad física o moral de las personas y del ecosistema agrícola. Los resultados se manejaron de manera objetiva, evitando sesgos o manipulaciones, y se destinaron exclusivamente a fines académicos y a la formulación de propuestas orientadas al uso responsable de los agroquímicos en la región.

2.5 Limitaciones del estudio

A pesar de los aportes significativos de esta investigación, se identificaron algunas limitaciones que pueden incidir en la interpretación de los resultados. Una de las principales dificultades fue la falta de datos exactos sobre la concentración de residuos de plaguicidas en matrices como suelo, agua y cultivos, debido a la ausencia de laboratorios especializados en la zona durante el periodo de estudio. Además, las encuestas dependieron de la veracidad de las respuestas proporcionadas por los agricultores, lo que podría implicar sesgos subjetivos. Otra restricción fue la imposibilidad de realizar un seguimiento ambiental prolongado, lo que habría permitido observar la variación temporal y la persistencia de los residuos. Finalmente, al centrarse en áreas representativas, los resultados no son extrapolables a toda la provincia sin estudios adicionales. No obstante, los hallazgos constituyen una base científica valiosa para futuras políticas y acciones sobre el manejo responsable de plaguicidas en Cañete.

2.6 Resultados y discusión

Los resultados evidenciaron un nivel de contaminación percibido como preocupante por los agricultores. Según la Tabla 11, el 44 % de los encuestados consideró que la contaminación era “extremadamente alta”, el 25 % la calificó como “muy alta” y el 14 % como “alta”; solo un 13 % la percibió “moderada” y un 4 % “baja”. Estos datos reflejan un manejo deficiente de los residuos agrícolas y un bajo nivel de aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas, lo que conduce al uso empírico de plaguicidas sin respaldo técnico (Vargas Martínez et al., 2021).

Tabla 11

Distribución estadística del impacto de los agroquímicos

Categorías	fa.	fr. (%)
Bajo	4	4
Moderado	13	13
Alto	14	14
Muy Alto	25	25
Extremadamente Alto	44	44
Total	100	100

La Tabla 12 muestra que el 43 % de los agricultores calificó la contaminación de los cultivos como “muy alta” y el 35 % como “alta”, lo que evidencia que se trata de un problema generalizado en la zona de estudio. Este resultado coincide con Rosales-Huamaní et al. (2021), quienes indican que los residuos de plaguicidas y metales pesados en cultivos como el cacao dificultan el cumplimiento de los estándares de inocuidad y reducen su competitividad internacionalmente.

Tabla 12

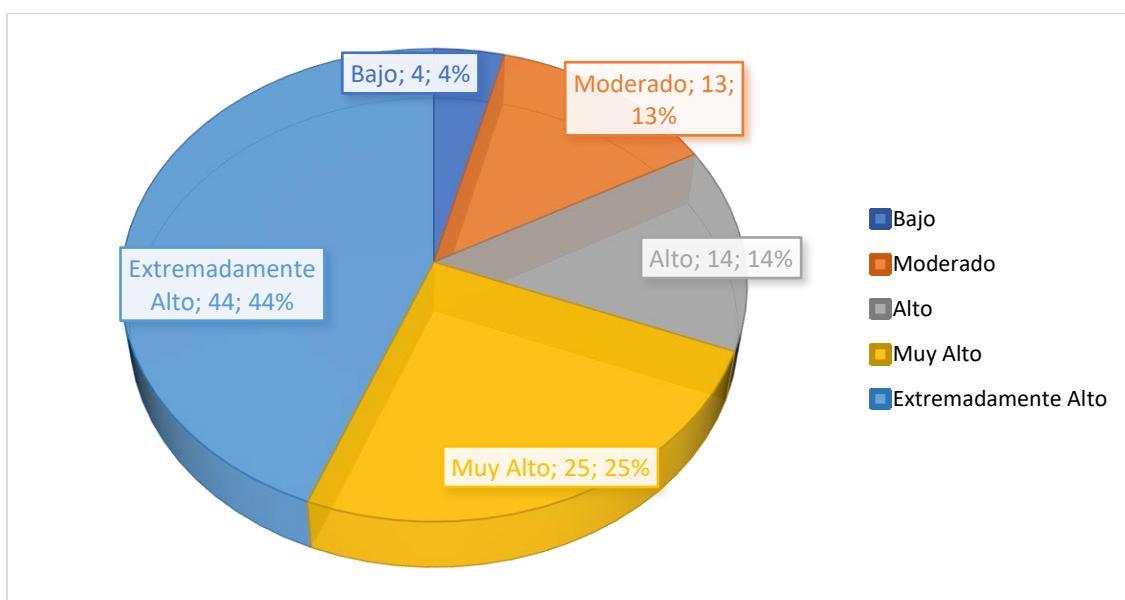
Distribución estadística de la agricultura en Cañete

Categorías	fa.	fr. (%)
Bajo	3	3
Moderado	6	6
Alto	35	35
Muy Alto	43	43
Extremadamente Alto	13	13
Total	100	100

Los resultados representados en la Figura 19 revelaron que la contaminación agrícola también compromete cultivos como el banano, donde se detectaron residuos peligrosos que deterioran el suelo y contaminan las fuentes de agua (Caicedo et al., 2021). El análisis estadístico mediante el coeficiente de Pearson ($r = 0.586$, $p < 0.05$) mostró una correlación significativa entre el uso de productos fitosanitarios y los cultivos agrícolas, confirmando la asociación entre ambas variables (Hernández-Antonio & Hansen, 2011; Barreto Carbajal et al., 2022).

Figura 19

Impactos de los agroquímicos



En la Tabla 13, la correlación entre contaminación y medio ambiente ($r = 0.446$, $p < 0.05$) fue estadísticamente significativa, demostrando una relación moderada entre ambas variables. Este resultado coincide con estudios internacionales que advierten sobre los efectos citotóxicos del glifosato y otros plaguicidas, los cuales afectan la salud pública y los ecosistemas (Lepori et al., 2013). Históricamente, el ser humano ha empleado sustancias químicas para proteger sus cultivos, pero el uso indiscriminado de plaguicidas ha generado severos impactos ambientales y sanitarios (Puerto Rodríguez et al., 2014). Si bien estos productos han contribuido al incremento de la productividad agrícola, su manejo inadecuado constituye una seria amenaza para los recursos naturales (Dávila et al., 2022).

Tabla 13

Relación y nivel de significancia entre el impacto de agroquímico y la afectación ambiental

		Impacto de agroquímico	Afectación ambiental
Impacto de agroquímico	Correlación de Pearson	1	,446*
	Sig. (bilateral)		,019
	N	100	100
Afectación ambiental	Correlación de Pearson	,446*	1
	Sig. (bilateral)	,019	
	N	100	100

La Tabla 14 evidenció una correlación significativa entre la contaminación fitosanitaria y el suelo ($r = 0.440$, $p < 0.05$). Este hallazgo demuestra que los residuos de agroquímicos influyen directamente en la calidad y fertilidad del suelo, generando degradación, erosión y contaminación química (Martínez Escudero, 2022; Peralta et al., 2022). Además, se ha comprobado que ciertos herbicidas afectan negativamente el microbiota edáfico, reduciendo la actividad de hongos y lombrices, fundamentales para el equilibrio ecológico (González & Fuentes, 2022).

Tabla 14

Relación y nivel de significancia entre el impacto de agroquímico y el suelo

		Impacto de agroquímico	Suelo
Impacto de agroquímico	Correlación de Pearson	1	,440*
	Sig. (bilateral)		,018
	N	100	100
Suelo	Correlación de Pearson	,440*	1
	Sig. (bilateral)	,018	
	N	100	100

La Tabla 15 registró una correlación positiva entre contaminación fitosanitaria y calidad del agua ($r = 0.281$, $p < 0.05$), lo que sugiere que los residuos agrícolas afectan directamente las fuentes hídricas. Esta relación, aunque de menor magnitud, confirma la necesidad de políticas de control que garanticen agua segura para el consumo humano (Hernández Lozano, 2023; Rangel Ortiz et al., 2023). A nivel global, el modelo agrícola intensivo ha priorizado el uso de plaguicidas para mantener la productividad, pero esta práctica ha reducido la biodiversidad y alterado los ecosistemas (Pena Gómez et al., 2022).

Tabla 15

Relación y nivel de significancia entre el impacto de agroquímico y el agua

		Impacto de agroquímico	Agua
Impacto de agroquímico	Correlación de Pearson	1	,281*
	Sig. (bilateral)		,018
	N	90	90
Agua	Correlación de Pearson	,281*	1
	Sig. (bilateral)	,018	
	N	90	90

Finalmente, la Tabla 16 mostró una correlación significativa entre la contaminación y las plantas ($r = 0.253$, $p < 0.05$), demostrando que los residuos fitosanitarios afectan directamente el desarrollo vegetal. En cultivos como el maíz (*Zea mays L.*), el uso repetido de plaguicidas sin protección adecuada ha generado impactos negativos en la salud de los productores y en la vegetación circundante (Choez & Bacusoy, 2023). Asimismo, se detectaron residuos de plaguicidas en tejidos vegetales, lo que representa un riesgo potencial al ingresar a la cadena alimentaria y afectar la salud humana (Jiménez Ortega & Bastidas, 2023).

Tabla 16

Relación y nivel de significancia entre el impacto de agroquímico y planta

		Impacto de agroquímico	Planta
Impacto de agroquímico	Correlación de Pearson	1	,253*
	Sig. (bilateral)		,025
	N	90	90
Planta	Correlación de Pearson	,253*	1
	Sig. (bilateral)	,025	
	N	90	90

Los resultados evidencian que la contaminación agrícola en el valle de Cañete está estrechamente asociada con el uso intensivo de productos fitosanitarios. La correlación observada entre los diferentes componentes del sistema agrícola suelo, agua, plantas y cultivos confirma que la problemática ambiental requiere una gestión integral. La adopción de prácticas sostenibles, el fortalecimiento de la capacitación técnica y la vigilancia ambiental son medidas indispensables para garantizar una agricultura más equilibrada, saludable y respetuosa con el entorno.

CAPÍTULO III

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y REFLEXIÓN

3.1 Conclusiones

El estudio realizado en el valle de Cañete confirma que el uso intensivo e inadecuado de agroquímicos genera impactos significativos en el ambiente, la salud y la economía agrícola local. Se comprobó que una parte considerable de los agricultores desconoce las prácticas de manejo seguro, lo cual incrementa los riesgos de contaminación del suelo y del agua, así como la exposición humana a compuestos tóxicos.

Los resultados evidencian una percepción diversa entre los productores sobre la magnitud del daño ambiental, lo que refleja una falta de formación técnica y de supervisión institucional. Asimismo, la acumulación de residuos químicos en los ecosistemas agrícolas afecta la fertilidad del suelo, la biodiversidad y la inocuidad alimentaria.

En síntesis, la investigación demuestra que la sostenibilidad agrícola del valle depende directamente de la capacidad del sector para adoptar modelos de manejo responsable de plaguicidas, fortalecer la educación ambiental y establecer políticas públicas orientadas a la protección de los recursos naturales.

3.2 Recomendaciones

Fortalecer la capacitación técnica, de los agricultores mediante programas permanentes sobre uso racional de agroquímicos, manejo integrado de plagas y medidas de seguridad laboral.

Impulsar la investigación científica local, especialmente en temas relacionados con los parámetros edáficos, residuos químicos y su impacto en la productividad agrícola.

Fomentar políticas públicas sostenibles, que incentiven la transición hacia el uso de bioinsumos y tecnologías limpias, reduciendo progresivamente la dependencia de productos sintéticos.

Mejorar la fiscalización ambiental y el control de la comercialización de plaguicidas, evitando la venta informal y garantizando el cumplimiento de las normas de seguridad establecidas por el SENASA y el MINAM.

Promover la educación ambiental comunitaria, involucrando a escuelas, asociaciones de productores y gobiernos locales en campañas de sensibilización sobre los riesgos del uso indiscriminado de agroquímicos.

3.3 Reflexión

El impacto de los agroquímicos en la agricultura de Cañete trasciende el ámbito productivo: representa un desafío social, ecológico y ético que compromete el futuro del territorio. El equilibrio entre productividad y sostenibilidad solo será posible si se transforma el modelo agrícola actual en uno más consciente, que valore la salud del suelo, el agua y las personas como pilares del desarrollo.

Esta investigación invita a repensar la forma en que se concibe la agricultura moderna. La verdadera innovación no radica únicamente en incrementar los rendimientos, sino en armonizar la producción con la preservación del entorno. Apostar por una agricultura responsable es apostar por la vida, por el bienestar rural y por la continuidad de los ecosistemas que sustentan la existencia humana.

Declaración de conflicto de interés:

Los autores manifiestan que no existe ningún tipo de conflicto de interés, ya sea personal, institucional o comercial, que haya influido en la elaboración, análisis o publicación de este trabajo. La presente investigación se desarrolló con total independencia académica y bajo criterios éticos que garantizan la objetividad y transparencia de los resultados presentados.

Información complementaria:

La obra que el lector tiene en sus manos surge como resultado del estudio científico titulado *“Contaminación agrícola por productos fitosanitarios en los cultivos del valle de Cañete, Perú”*, desarrollado en la Universidad Nacional de Cañete. Este libro amplía los hallazgos, reflexiones y propuestas de dicho artículo, integrando una visión más amplia sobre la problemática ambiental y el manejo sostenible de los agroquímicos en la agricultura local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anchía-Jiménez, G., Chaverri-Vásquez, S., Cordero-Solís, J. J., Mora-López, I., (2021). Intoxicaciones agudas con pesticidas para fines suicidas en Costa Rica durante la década de 2010-2020. *Medicina Legal de Costa Rica*, 38(1), 131-145.
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1409-00152021000100131&lng=en&nrm=iso&tlang=es
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). Editorial Episteme.
- Barreto Carbajal, J. S., Bustinza_Saldivar, D., Alvarez_Arias, C., Kari_Ferro, A., Huaraca_Aparco, R., Flores_Pacheco, N. F., & Peña, N. G. E. (2022). Contaminantes Agrícolas en la Producción de Maíz Zea mays L. variedad choclera en Curahuasi Apurímac, Perú. *C&T Riqchary Revista de investigación en ciencia y tecnología*, 4(1), Article 1.
<https://doi.org/10.57166/riqchary/v4.n1.2022.84>
- Caicedo, Y. C., Bernal, F. T., & Pineda, E. Á. (2021). Residuos de plaguicidas en cultivos del municipio zona bananera, departamento del Magdalena, Colombia. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 37, 145-153.
<https://doi.org/10.20937/RICA.53725>
- Castillo, B., Ruiz, J. O., Manrique, M. A., & Pozo, C. (2020). Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete. *Revista ESPACIOS*, 41(10).
<https://www.revistaespacios.com/a20v41n10/20411011.html>
- Castillo, M., Vargas, E., & Huamán, R. (2023). *Contaminación por agroquímicos en zonas agrícolas del sur de Lima*. Revista Agro Ambiente, 12(2), 88-102.
<https://doi.org/10.1234/raa.v34n1.2023>
- Choez, J. C. C., & Bacusoy, A. R. F. (2023). Impacto ambiental de los plaguicidas utilizados en el cultivo de maíz (zea mays L.) en la comuna Sancán.

Dominio de las Ciencias, 9(2), Article 2.
<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3306>

Cotrina, D. G. G., Nolberto, D. E. D. E., Huachos, I. K. M. H., Chávez, M. P., & Ávila, L. Y. M. (2022). Uso de Plaguicidas Químicos en el cultivo de Papa (*Solanum tuberosum L.*), su relación con Medio Ambiente y la Salud, *CPAH Science Journal of Health*, 5(1), 49-70.
<https://doi.org/10.56238/cpahjournalv5n1-004>

Dávila, E. L., Castro, Y. M., & Romero, O. R. (2022). Características y consecuencias adversas a la salud humana de agroquímicos usados en la agricultura cubana. *Revista Cubana de Salud Pública*, 48.
<https://revsaludpublica.sld.cu/index.php/spu/article/view/2810>

Delgado, A., Ramos, P., & Huamán, J. (2023). *Uso de plaguicidas y salud en zonas rurales del Perú: estudio de casos*. Fondo Editorial AgroPerú.

Fernández, M. N., López, S. N., Fernández, M. N., & López, S. N. (2024). Impacto ambiental de las aplicaciones de fitosanitarios en producciones ornamentales intensivas en el partido de Moreno, provincia de Buenos Aires. *Agriscientia*, 41(1), 2-2.
<https://doi.org/10.31047/1668.298x.v41.n1.40921>

Freire-Vinueza, C., Meneses, K., Cuesta, G., Freire-Vinueza, C., Meneses, K., & Cuesta, G. (2021). América Latina: ¿Un paraíso de la contaminación ambiental? *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), 1-18.
<https://doi.org/10.15359/rca.55-2.1>

FAO. (2021a). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
<https://www.fao.org/3/cb4476en/cb4476en.pdf>

FAO. (2021b). *Pesticide residues in food*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cc9755en>

González, E., & Fuentes, M. H., (2022). DINÁMICA DEL GLIFOSATO EN EL SUELO Y SUS EFECTOS EN LA MICROBIOTA. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 38. <https://doi.org/10.20937/rica.54197>

Hernández Castellanos, J. L., Cuervo González, R., Montañez Soto, J. L., Hernández Castellanos, N. D., Pérez Vargas, M. A., Cruz Hernández, A., Chaires Martínez, L., (2021). BIODEGRADACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS Y ORGANOCLORADOS POR Candida tropicalis Y Stenotrophomonas maltophilia EN MICROCOOSMOS DEL SUELO. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 37. <https://doi.org/10.20937/rica.53889>

Hernández Lozano, L. Á. (2023). Contaminación por plaguicidas de uso agrario en el agua de consumo humano. *Revista Aranzadi de derecho ambiental*, 55, 71-88. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9199207>

Hernández-Antonio, A., & Hansen, A. M. (2011). Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(2), 115-127. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-49992011000200003&lng=es&nrm=iso&tlang=es

Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw-Hill Education.

Jiménez Ortega, L. A., & Bastidas Bastidas, P. de J. (2023). Determinación del cociente de peligrosidad de plaguicidas presentes en biomasa de chiles (*capsicum annuum*). *Alimentación y Ciencia de los Alimentos*, 25-32. <https://doi.org/10.32870/rayca.v4i4.26>

Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). *Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales* (4ta ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Lepori, E. C. V., Mitre, G. B., & Nassetta, M. (2013). SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONTAMINACIÓN POR PLAGUICIDAS EN ARGENTINA. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 25-43.

<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/41476>

Lorenzo, H., Leines Medina, D., Gutiérrez Reyes, A. A., & Morales Vázquez, I. (2021). Evaluación de la exposición dermal a pesticidas en cañeros de Ciudad Valles, San Luis Potosí, México. *TECTZAPIC: Revista Académico-Científica*, 7(1), 47-58.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8507631>

Martínez Escudero, C. M. (2022). *Aplicación de solarización y ozonización para la eliminación de residuos de plaguicidas en suelos agrícolas* Universidad de Murcia]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=315692>

Menéndez, J., & Muñoz, S. (2021). CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y SUELO POR LOS RELAVES MINEROS. *Paideia XXI*, 11(1), Article 1.
<https://doi.org/10.31381/paideia.v11i1.3622>

Peña Gómez, P. R., Fernández-San Juan, R., Somoza, A., Vázquez, P., Cortelezzi, A., (2022). Cuenca del Arroyo Chapaleofú: Agriculturización y efecto del insecticida clorpirifos sobre una especie no blanco. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 9(2). <https://doi.org/10.19136/era.a9n2.3131>

Puerto Rodríguez, A. M., Suárez Tamayo, S., & Palacio Estrada, D. E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372-387.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1561-30032014000300010&lng=es&nrm=iso&tlang=es

Ramírez, R. (2023). Contaminación de suelos y cultivos con metales pesados y nutrientes en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 48(1), Article 1. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/27422

Rangel Ortiz, E., Landa-Cansigno, O., Páramo-Vargas, J., Camarena-Pozos, D. A., (2023). Prácticas de manejo de plaguicidas y percepciones de impactos a la salud y al medio ambiente entre usuarios de la cuenca del Río Turbio,

Rosales-Huamaní, J., Centeno-Rojas, L., Cajacuri-Perez, J., Luis-Breña, J., & Chávez-Chapana, C. (2021). Identificación de Cadmio y Plomo en los cultivos de cacao ubicados en la zona de Satipo – Junín. *Tecnia*, 31(2), 83-89. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v21i2.1062>

Servicio Nacional de Sanidad Agraria. (2022a). *Normativas para el uso responsable de productos fitosanitario en el Perú*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Lima, Perú.
<https://www.gob.pe/institucion/senasa/colecciones/normas>

Servicio Nacional de Sanidad Agraria. (2022b). *Normativa y monitoreo de residuos plaguicidas en cultivos peruanos*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Lima, Perú. <https://www.gob.pe/institucion/senasa/normas-legales>

Siegel, S., & Castellan, N. J. (1995). *Estadística no paramétrica: Aplicada a las ciencias de la conducta* (4ta ed.). Editorial Trillas.

Sulca, J. L. S., Oyola, M. C. P., Quiros, E. M. H., Collantes, A. C., & Rojas, E. W. C. (2023). Gestión final de envases de plaguicidas y la minimización de la contaminación ambiental en campos de cultivo. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 6(2), 279-289. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2023v6n2p279>

Valderrama, D. M. A., Muñoz, A. E. R., & Saiz, P. D. P. (2024). Impacto de la exposición a pesticidas en la salud humana: Análisis de enfermedades y poblaciones afectadas en agricultores y consumidores. *Ingenium*, 21(41). <https://revistas.usb.edu.co/index.php/Ingenium/article/view/7946/>

Valentín, T. A., Guerrero, A. M., & Condori, L. (2021). Identificación de residuos de contaminantes químicos en tomate para determinar su grado de toxicidad. *Journal Boliviano de Ciencias*, 17(Especial), 38-52. <https://doi.org/10.52428/20758944.v17iEspecial.5>

Vargas Martínez, A. F., López Cifuentes, J. A., & Alvarado Gaona, Á. E. (2021). Sostenibilidad ambiental y manejo de residuos en sistemas de producción de cacao en el suroccidente de Boyacá-Colombia. *Revista Ciencia y Agricultura*, 18(3), 47-62.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8132335>

Velázquez-Chávez, L. de J., Ortiz-Sánchez, I. A., Chávez-Simental, J. A., Pámanes-Carrasco, G. A., Carrillo-Parra, A., Pereda-Solís, M. E., (2022). Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 25. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.482>

Este libro se terminó de publicar en la editorial

**Instituto Universitario
de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú**



ISBN: 978-612-5130-66-2

9 786125130662