



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

EFFECTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LA SALUD Y LA CALIDAD
DE PRODUCTOS DE LA COLMENA DE (*Apis mellifera*) EN HUANCVELICA

Línea de investigación:
Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Medio Ambiente y
Desarrollo Sostenible

Autor

Huamán Jurado, Rodrigo

Asesor

Quispe Prado, Wilber

ORCID: 0000-0003-2452-3669

Jurado

Petrlik Azabache, Ivan Carlo

Lezama Gonzales, Pedro Martin

Sobrado Gomez , Angel

Lima - Perú

2025



EFFECTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LA SALUD Y LA CALIDAD DE PRODUCTOS DE LA COLMENA DE (*Apis mellifera*) EN HUANCABELICA

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	3%
2	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
3	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	Candia Chalco, Ruby Edgar. "Liderazgo pedagógico del docente y logro de aprendizaje en tiempos de COVID - 19 en las IIEE primarias de la provincia de Yunguyo 2020 - 2021", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru)	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

EFFECTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LA SALUD Y LA CALIDAD DE
PRODUCTOS DE LA COLMENA DE (*Apis mellifera*) EN HUANCAVELICA

Línea de Investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Autor

Huamán Jurado, Rodrigo

Asesor

Quispe Prado, Wilber

ORCID: 0000-0003-2452-3669

Jurado

Petrlík Azabache, Ivan Carlo

Lezama Gonzales, Pedro Martin

Sobrado Gomez , Angel

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

A mis hermanos, en especialmente a mi hermana Luz Angelica, por su apoyo incondicional y constante, por ser mi fuente de fortaleza y motivación en cada paso de mi vida personal y profesional. Con todo cariño a mi esposa Maritza G. Lope y a mis preciadas hijas, quienes son fuente de motivación e inspiración para mi constante superación por un futuro mejor.

Agradecimiento

A Dios, por concederme la fortaleza y el entendimiento necesarios para culminar con éxito mi formación universitaria.

Agradezco al Dr. Wilber Quispe Prado, mi asesor, por su valiosa orientación durante la elaboración, ejecución y redacción del trabajo de investigación.

A los apicultores de la región y amigos, por su colaboración y apoyo durante la recolección y procesamiento de la información.

ÍNDICE

Resumen	i
Abstract	ii
I INTRODUCCION	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Descripción del problema a nivel local y global.....	2
1.2.1 A nivel global.....	2
1.2.2 A nivel local.....	3
1.3 Formulación del problema	5
1.3.1 Problema general	5
1.3.2 Problemas específicos.....	5
1.4 Antecedentes	5
1.5 Justificación de la investigación	8
1.6 Limitaciones de la investigación.....	9
1.7 Objetivos de la investigación	10
1.7.1 Objetivo general.....	10
1.7.2 Objetivos específicos	10
1.8 Hipótesis	11
1.8.1 Hipótesis general.....	11
1.8.2 Hipótesis específicas.....	11
II MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 Importancia ecológica y productiva de <i>Apis mellifera</i>	12
2.2 Contaminación ambiental: fuentes, matrices y contexto altoandino	12
2.3 Vías de exposición de las abejas y la colmena a contaminantes.....	13
2.4 Efectos de plaguicidas en la salud de <i>Apis mellifera</i>	14
2.4.1 Efectos de metales pesados y otros inorgánicos	14
2.4.2 Abejas y productos de la colmena como bioindicadores.....	15
2.5 Calidad de los productos de la colmena: parámetros y contaminación	16
2.6 Interacciones entre contaminantes, patógenos y estrés nutricional	16
2.7 Marco conceptual para el estudio en Huancavelica	17
2.8 Indicadores y métodos de medición.....	17
2.9 Calidad de la miel	18
2.9.1 Implicancias para la calidad de productos e inocuidad alimentaria.....	18
2.10 Contaminación ambiental	18

2.10.1	Definición y Tipos de Contaminación	19
2.10.2	Fuentes de Contaminación.....	20
2.10.3	Impacto Global de la Contaminación	21
2.11	<i>Apis mellifera</i> : Biología y Comportamiento.....	21
2.11.1	Estructura de la Colmena	22
2.11.2	Ciclo de Vida de abejas <i>A. mellifera</i>	23
2.11.3	Comportamiento Social de abejas <i>A. mellifera</i>	23
2.12	Efectos de la Contaminación en <i>Apis mellifera</i>	24
2.12.1	Efectos Fisiológicos de abejas <i>A. mellifera</i>	25
2.12.2	Efectos Comportamentales de abejas <i>A. mellifera</i>	25
2.12.3	Efectos en la Reproducción de abejas <i>A. mellifera</i>	26
2.12.4	Calidad de Productos de la Colmena de abejas <i>A. mellifera</i>	27
2.13	Miel de abejas <i>A. mellifera</i>	27
2.13.1	Cera de abejas <i>A. mellifera</i>	28
2.13.2	Propóleos de abejas <i>A. mellifera</i>	28
2.13.3	Jalea Real de abejas <i>A. mellifera</i>	29
2.13.4	Contaminación de la Miel de abejas <i>A. mellifera</i>	31
2.13.5	Alteración de la Cera de abejas <i>A. mellifera</i>	32
2.13.6	Propóleos y sus Propiedades de abejas <i>A. mellifera</i>	32
2.13.7	Jalea Real y su Pureza de abejas <i>A. mellifera</i>	33
2.13.8	Estudios de Caso de abejas <i>A. mellifera</i>	34
2.14	Estudio en Zonas Urbanas	35
2.15	Estudio en Zonas Rurales.....	35
2.16	Comparación entre Diferentes Regiones	36
2.17	Métodos de Mitigación	37
2.17.1	Prácticas de Apicultura Sostenible.....	38
2.18	Políticas Ambientales.....	38
2.19	Educación y Concienciación.....	39
III	MÉTODO	41
3.1	Tipo de investigación.....	41
3.1.1	Enfoque	41
3.1.2	Alcance	41
3.1.3	Diseño	41
3.1.4	Unidad de análisis	41
3.2	Población y muestra.....	41
3.2.1	Población.....	41
3.2.2	Muestra	42

3.3	Operacionalización de variables	42
3.4	Instrumentos.....	43
3.4.1	Cuestionario Likert para apicultores (24 ítems).....	43
3.4.2	Instrucción:	43
3.4.3	Puntuación e interpretación.....	44
3.4.4	Validez del instrumento	44
3.4.5	Fiabilidad del instrumento	44
3.5	Procedimientos.....	45
3.5.1	Prueba de normalidad	45
3.5.2	Planteamiento de la hipótesis.....	45
3.6	Análisis de datos	46
3.7	Consideraciones éticas	46
3.7.1	Consentimiento informado.....	46
3.7.2	Confidencialidad	46
3.7.3	Bienestar animal.....	47
3.7.4	Cuidado ambiental	47
3.7.5	Uso responsable de datos	47
IV	RESULTADOS.....	48
4.1	Análisis descriptivo de la variable contaminación ambiental.....	48
4.2	Análisis descriptivo de la variable salud y calidad de productos de la colmena	49
4.2.1	Análisis descriptivo de la dimensión salud de las abejas.....	50
4.2.2	Análisis descriptivo de la dimensión calidad de la miel de abejas	51
4.2.3	Análisis descriptivo de la dimensión calidad de subproductos de la colmena (polen , propóleo, Jalea real, etc.)	52
4.3	Contrastación de las hipótesis.....	54
4.3.1	Hipótesis general.....	54
4.3.2	Hipótesis específicas 1	55
4.3.3	Hipótesis específica 2	57
4.3.4	hipótesis específica 3	58
V	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
VI	CONCLUSIONES	64
VII	RECOMENDACIONES.....	65
VIII	REFERENCIAS.....	66
IX	ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	42
Tabla 2. Estadísticas de fiabilidad	44
Tabla 3. Prueba de Normalidad Kolmogorov-Smirnov ^a	45
Tabla 4. Frecuencia de la variable contaminación ambiental.....	48
Tabla 5. Frecuencias de la variable salud y calidad de productos de la colmena.....	49
Tabla 6. Frecuencias de la dimensión salud de las abejas	50
Tabla 7. Frecuencias de la dimensión calidad de la miel de abejas.....	51
Tabla 8. Frecuencias de la dimensión calidad de subproductos de la colmena (polen , propóleo, Jalea real, etc.)	52
Tabla 9. Rho de spearman sobre la correlación de las variables V1 Y V2	54
Tabla 10. Rho de spearman sobre la correlación de las variables V1 Y V2D1.....	56
Tabla 11. Rho de spearman sobre la correlación de las variables V1 Y V2D2.....	57
Tabla 12. Rho de spearman sobre la correlación de las variables V1 Y V2D3.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Biología y comportamiento de las abejas <i>A. mellifera</i>	12
Figura 2. Como el mercurio entra en el medio ambiente.....	13
Figura 3. Efecto de las pesticidas en las abejas <i>A. mellifera</i>	14
Figura 4. Comportamiento de las abejas.....	15
Figura 5. Porcentaje de frecuencias de la variable contaminación ambiental	48
Figura 6. Porcentaje de Frecuencias de variable salud y calidad de productos de la colmena	49
Figura 7. Porcentaje de las Frecuencias de la dimensión salud de las abejas	50
Figura 8. Porcentaje Frecuencias de la dimensión calidad de la miel de abejas.....	51
Figura 9. Porcentaje de Frecuencias de la dimensión calidad de subproductos de la colmena (polen, propóleo, Jalea real, etc.)	53

RESUMEN

Objetivo: Determinar la relación entre los niveles de contaminación ambiental y su impacto en la salud de las abejas *A. mellifera* y la calidad de los productos de la colmena en Huancavelica. **Método:** Se empleó un diseño cuantitativo, no experimental, correlacional y transversal. Se encuestó a 196 apicultores con un instrumento Likert validado, construyendo índices de contaminación (aire, agua, suelo), salud de las abejas y calidad de miel y subproductos. El análisis utilizó correlación de Spearman ($\alpha = 0.05$, bilateral). **Resultados:** muestran una relación directa, monotónica y significativa entre contaminación y el deterioro conjunto de salud y calidad ($\rho = 0.965$; $p < 0.001$), confirmando la hipótesis general. Específicamente, se observó asociación positiva y fuerte entre contaminación y deterioro de la salud de las abejas ($\rho = 0.672$; $p < 0.001$), muy fuerte con el deterioro de la calidad de la miel ($\rho = 0.800$; $p < 0.001$) y muy fuerte con el deterioro de la calidad de subproductos como polen, jalea real y propóleo ($\rho = 0.839$; $p < 0.001$). En conjunto, los efectos son altos a extremadamente altos, revelando un patrón consistente de mayor deterioro a mayor contaminación, asumiendo índices orientados al deterioro (valores altos = peor condición). **Conclusión:** Los niveles más elevados de contaminación se asocian con peores resultados sanitarios y de calidad/inocuidad. Se recomienda corroborar los hallazgos con mediciones de residuos y parámetros fisicoquímicos, y aplicar modelos ajustados por covariables y diseños longitudinales para fortalecer la inferencia y orientar intervenciones.

Palabras clave: contaminación ambiental, *Apis mellifera*, salud de las abejas, calidad de la miel, subproductos apícolas, Huancavelica, correlación de Spearman

ABSTRACT

Objective: To determine the relationship between the levels of environmental pollution and its impact on the health of *Apis mellifera* bees and the quality of hive products in Huancavelica.

Methods: A quantitative, non-experimental, correlational and cross-sectional design was used.

We surveyed 196 beekeepers with a validated Likert instrument, constructing indexes of contamination (air, water, soil), bee health and quality of honey and by-products. The analysis used Spearman correlation ($\alpha = 0.05$, bilateral). **Results:** showed a direct, monotonic and significant relationship between pollution and the joint deterioration of health and quality ($\rho = 0.965$; $p < 0.001$), confirming the general hypothesis. Specifically, a strong positive association was observed between contamination and deterioration of bee health ($\rho = 0.672$; $p < 0.001$), very strong with deterioration of honey quality ($\rho = 0.800$; $p < 0.001$) and very strong with deterioration of the quality of by-products such as pollen, royal jelly and propolis ($\rho = 0.839$; $p < 0.001$). Overall, the effects are high to extremely high, revealing a consistent pattern of higher deterioration at higher contamination, assuming deterioration-oriented indices (high values = worse condition). **Conclusion:** Higher levels of contamination are associated with worse health and quality/quality outcomes. It is recommended to corroborate the findings with measurements of waste and physicochemical parameters, and to apply covariate-adjusted models and longitudinal designs to strengthen inference and guide interventions.

Key words: environmental pollution, *Apis mellifera*, bee health, honey quality, bee by-products, Huancavelica, Spearman correlatio

I INTRODUCCION

La apicultura es fundamental para los ecosistemas y la economía local en muchas partes del Perú. La abeja melífera *Apis mellifera* es una de las especies más importantes para la polinización de cultivos y la producción de miel y otros productos apícolas. Sin embargo, en las últimas décadas, las actividades mineras, agrícolas e industriales de la región de Huancavelica han provocado un aumento de la contaminación, lo que ha generado preocupación por sus efectos en la salud de las abejas y la calidad de los productos apícolas. (Fonseca et al., 2022).

Los metales pesados, los pesticidas y otros compuestos químicos se encuentran entre los contaminantes que pueden acumularse en el medio ambiente y entrar en la cadena alimentaria de estos insectos. Esto puede perjudicar su salud y producción, así como la seguridad y el valor económico de la miel, la cera y el polen. En este caso, es importante investigar cómo la contaminación afecta la salud de *A. mellifera* y la calidad de los productos apícolas en Huancavelica. Esto ayudará a crear políticas que protejan la apicultura regional y promuevan la gestión sostenible. (Rimachi y Huamán, 2023).

1.1 Planteamiento del problema

La contaminación ambiental es una de las mayores amenazas para la salud de los ecosistemas y la calidad de los alimentos en todo el mundo. En las últimas décadas, las actividades industriales, mineras y agrícolas se han intensificado, lo que ha provocado un aumento de productos químicos nocivos, metales pesados y residuos de plaguicidas en todos los continentes. Esta situación ha afectado gravemente a las poblaciones de abejas *A. mellifera*, importantes para la polinización de las plantas y la producción de alimentos. Numerosos estudios indican una disminución en las colonias de abejas y la existencia de residuos contaminantes en la miel y otros productos apícolas, lo que pone en peligro la salud del

consumidor y la sostenibilidad de la apicultura mundial. (Bobadilla y Mejía, 2023). En Huancavelica, provincia conocida por sus apicultores, la minería, la agricultura intensiva y las actividades industriales, la contaminación se está convirtiendo en un problema cada vez mayor. La salud de las abejas y el crecimiento natural de las colonias se ven perjudicados por los contaminantes presentes en el aire, el agua y las plantas. Esto les cuesta dinero a los apicultores. Además, la posibilidad de que la miel, el polen y la cera estén contaminados hace que estos productos sean menos seguros y de menor calidad, lo que perjudica su atractivo en el mercado y la confianza del cliente. Sin embargo, en Huancavelica existe una escasez de datos científicos que midan o delimiten con precisión los impactos de la contaminación ambiental en la salud de las abejas y la calidad de los productos de la colmena. Esta situación dificulta la respuesta y la puesta en marcha de políticas para salvaguardar la apicultura regional y garantizar que el público tenga acceso a productos apícolas seguros. (Castro, 2022).

1.2 Descripción del problema a nivel local y global

1.2.1 A nivel global

La contaminación ambiental está ejerciendo cada vez más presión sobre la salud de las abejas melíferas *A mellifera* y la calidad de los productos de la colmena. El estudio de IPBES muestra que los polinizadores están disminuyendo y que los plaguicidas, la pérdida de hábitat, las enfermedades y la contaminación son las principales causas. Esto tiene efectos sobre la seguridad alimentaria y los servicios ecosistémicos. (Potts et al., 2016).

Simultáneamente, la evidencia indica la presencia de residuos extensos de agroquímicos en las matrices de las colmenas (miel, polen, cera, propóleos), lo que provoca efectos letales y subletales en las abejas, incluyendo desorientación, alteraciones cognitivas, inmunosupresión y mayor vulnerabilidad a patógenos, particularmente por insecticidas sistémicos y exposiciones con fungicidas y acaricidas. (European Food Safety Authority [EFSA], 2013; Mullin et al., 2010; Pisa et al., 2017; Goulson et al., 2015).

Las abejas, con su radio de acción de 2-3 km y su interacción con el néctar, el polen,

el agua y el polvo, actúan como bioindicadores que acumulan la contaminación del paisaje y la transmiten a los productos de la colmena. (Conti y Botrè, 2001).

Además de pesticidas, la miel y el polen contienen metales traza como Hg, Pb, Cd y As en diferentes situaciones, y los niveles dependen de su procedencia y del uso del suelo. Su toxicidad está relacionada con el estrés oxidativo, los cambios en el sistema nervioso y los efectos sobre el microbiota de las abejas (Bogdanov, 2006; Bilandžić et al., 2017). La contaminación del aire y la deposición de material particulado e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) pueden servir como puntos de entrada a la colmena. (Lambert et al., 2012). Estas exposiciones ponen en riesgo los estándares de seguridad y calidad de la miel establecidos por el Codex, lo que perjudica tanto la salud de la colonia como la confianza de los consumidores y comercializadores. (CODEX, 2022). En resumen, las abejas están expuestas a contaminantes químicos de muchas fuentes en todo el mundo, y se ha demostrado que esto afecta su salud y la calidad de los productos de miel.

1.2.2 A nivel local

Huancavelica presenta un perfil de riesgo único debido a que cuenta con asentamientos urbanos y rurales, así como antiguos yacimientos mineros y agroecosistemas altoandinos. Históricamente, la provincia albergó uno de los centros mineros de cinabrio (HgS) más grandes y antiguos del mundo; la extracción y el procesamiento de mercurio durante la época colonial y períodos posteriores produjeron emisiones y vertidos de Hg que han tenido un impacto duradero en los suelos, los sedimentos y, potencialmente, en las aguas locales. (Cooke et al., 2009).

El mercurio puede permanecer durante mucho tiempo en lugares montañosos fríos y desplazarse, lo que significa que las perturbaciones, el polvo y la escorrentía pueden llevarlo a los lugares de forrajeo de las abejas, contaminando las plantas y los suministros de agua que utilizan las colonias. (Pisa et al., 2021).

Este contexto hace factible la transmisión de metales a las matrices de las abejas en colmenares situados cerca de emplazamientos mineros o rutas de polvo y deposición.

Las zonas agrícolas de alta altitud de Huancavelica también incluyen parcelas de cultivo, prados y zonas de flora natural. Durante las campañas estacionales, se pueden utilizar pesticidas sintéticos en estas áreas. La investigación indica que, en tales situaciones, las colonias acumulan combinaciones de residuos en la miel, el polen y, particularmente, en la cera que funciona como reservorio lipofílico, lo que supone un peligro de recontaminación crónica de la colmena y consecuencias subletales para la salud. (Lambert et al., 2013). Las condiciones de los altos Andes (hipoxia moderada, grandes fluctuaciones diarias de temperatura y notable estacionalidad floral) podrían modificar la respuesta fisiológica de las abejas y su tolerancia a los contaminantes y las infecciones; sin embargo, estos efectos están poco descritos en la zona andina. (Goulson et al., 2015).

Aunque es posible que las abejas en Huancavelica estén expuestas a metales y pesticidas, no existe suficiente información sistemática sobre: a) los niveles de estos contaminantes en el aire, el agua y el suelo donde las colmenas recolectan alimento; b) los niveles de estos contaminantes en los productos apícolas locales (miel, polen, cera, propóleos) y cómo se comparan con los estándares de seguridad; y c) la relación entre estas exposiciones y la salud de las colonias (tamaño de la población, cría, mortalidad, carga de patógenos). La apicultura es una actividad social y económica importante en las zonas rurales de la alta cordillera andina. También es importante asegurarse de que los mercados locales y los posibles nichos diferenciados sean seguros y de alta calidad. Esta falta de evidencia dificulta la gestión de la apicultura de manera que se prevengan problemas, se encuentren los mejores lugares para los apiarios y se tomen decisiones sobre la salud pública y el medio ambiente.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 *Problema general*

¿Cuál es la relación entre los niveles de contaminación ambiental y su impacto en la salud de las abejas *Apis mellifera* y la calidad de sus productos en Huancavelica?

1.3.2 *Problemas específicos*

- ¿Cuál es la relación entre los niveles de contaminación ambiental y la salud de las abejas *Apis mellifera* en Huancavelica?
- ¿Cuál es la relación entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad de la miel *Apis mellifera* en Huancavelica?
- ¿Cuál es la relación entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad de productos como polen, Jalea, propóleo, etc. de las abejas *Apis mellifera* en Huancavelica?

1.4 Antecedentes

Bargańska et al. (2016) afirman que las actividades cotidianas causan contaminación, pero la cantidad y el peligro de estos contaminantes son un problema. Es realmente vital controlar la contaminación, ya que la naturaleza no puede limpiarla por sí sola. Las abejas y sus productos son excelentes indicadores de contaminación por metales pesados, elementos radiactivos y pesticidas, ya que las abejas transportan estos contaminantes de vuelta a sus colonias. Los pesticidas utilizados en la agricultura, especialmente, pueden matar a las abejas y hacer que la miel y otros productos apícolas no sean seguros para el consumo. Esto puede perjudicar la salud humana y la calidad de los productos. Por lo tanto, analizaremos lo que se ha dicho sobre el uso de las abejas para detectar la contaminación, lo que las hace valiosas y las leyes que las protegen.

Cecchi et al. (2023) investigaron el potencial de las abejas melíferas *A. mellifera* como bioindicadores de la contaminación ambiental por metales tóxicos. Para lograr este objetivo, se

cuantificaron las concentraciones de cadmio, cromo, níquel, plomo y zinc en abejas, polen y miel obtenidas de colmenas situadas en tres lugares distintos caracterizados por diferentes fuentes de contaminación. Se recogieron muestras de cada colmena una vez al mes durante un año para buscar estos metales. Utilizamos un espectrofotómetro de absorción atómica para analizar las soluciones obtenidas tras el tratamiento de las abejas y el polen con ácido. Por otro lado, la miel se calentó en un microondas y luego se analizó utilizando un espectrómetro de fluorescencia de rayos X. Se utilizó el peso seco de las muestras para determinar la cantidad de cada metal presente en ellas. Los hallazgos mostraron que los cinco metales estaban presentes en las abejas y el polen, pero solo se encontró zinc en la miel. Se determinó que las abejas son el instrumento más eficaz para detectar la contaminación por metales tóxicos.

Groot y Estefanía (2023) afirman que la apicultura, que depende de las abejas melíferas *A. mellifera*, es muy importante para la producción de alimentos y el mantenimiento de las economías locales. Pero las poblaciones de abejas melíferas están disminuyendo en todo el mundo debido a factores como la agricultura industrial, que las estresa. Este tipo de agricultura modifica el terreno y utiliza productos químicos, lo que afecta a las poblaciones de abejas. Argentina, uno de los principales productores de miel de Latinoamérica, ha visto disminuir su producción, probablemente debido al aumento del cultivo de soja. Una investigación analizó de dónde obtienen las abejas melíferas su alimento y a cuántos pesticidas están expuestas en diferentes lugares. Descubrió que muchos pesticidas cuyo uso es legal en Latinoamérica no lo son en la Unión Europea. La investigación demostró que el desarrollo de los campos de soja en Argentina está relacionado con una disminución en la producción de miel. Investigadores detectaron plantas productoras de miel y pesticidas en muestras de miel de la zona andina del norte de la Patagonia. Esto demuestra que la agricultura intensiva está perjudicando a las abejas de diversas maneras, incluso en lugares donde uno no lo esperaría. Esta situación pone en riesgo nuestra salud, el suministro de alimentos y el medio ambiente, lo que demuestra la importancia de modificar nuestra forma de cultivar.

La investigación de Arribas (2016) examinó siete neonicotinoides encontrados en la cera de abejas: acetamiprid, imidacloprid, tiametoxam, clotianidina, dinotefurano, nitempirán y tiacloprid. Para ello, se desarrolló un método analítico que optimizó la separación, la detección y la preparación de la muestra. La extracción sólido-líquido y posteriormente la extracción en fase sólida con tierra de diatomeas mejoraron la preparación de la muestra. Esto aseguró que cada ingrediente se recuperara a una tasa superior al 80%. Debido a que los neonicotinoides son polares y necesitábamos una precisión muy alta, utilizamos cromatografía líquida de fase inversa con espectrometría de masas. Utilizamos una columna C18 y una fase móvil compuesta por ácido fórmico al 0,1% en agua y acetonitrilo, con un gradiente de elución. El método ideado podía detectar niveles de cada neonicotinoide examinado entre 0,8 y 6,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Patcharin (2024) pretende abordar esta laguna examinando los puntos finales de exposición aguda en *A. cerana* y *A. mellifera* mediante la investigación de las tasas de mortalidad indicadas por las dosis letales medias (valores LD50), las tasas de supervivencia utilizando el análisis de supervivencia y los patrones de expresión génica. Los puntos finales de exposición aguda entre *A. cerana* y *A. mellifera* se determinaron mediante dosis letales medias (valores LD50), tasas de supervivencia y patrones de expresión génica. Los hallazgos indican que *A. cerana* muestra una mayor sensibilidad al paraquat en comparación con *A. mellifera*. Los valores de LD50 oral agudo para *A. cerana* fueron 5,85, 1,74 y 1,21 $\mu\text{g}/\text{abeja}$ a las 24, 48 y 72 horas, respectivamente. Los valores análogos para *A. mellifera* fueron 104,00, 11,00 y 6,41 $\mu\text{g}/\text{abeja}$. Los valores de LD50 oral agudo para *A. mellifera* fueron 104,00, 11,00 y 6,41 $\mu\text{g}/\text{abeja}$, mientras que los valores de LD50 oral agudo para *A. cerana* fueron 5,85, 1,74 y 1,21 $\mu\text{g}/\text{abeja}$ a las 24, 48 y 72 horas, respectivamente. Tras la dosis letal de paraquat, el estudio también mostró una notable sobreexpresión de las enzimas desintoxicantes (antioxidantes) SOD1, CAT y LLDH-X2 tanto en *A. mellifera* como en *A. cerana*. La investigación también indicó que las enzimas desintoxicantes (antioxidantes) SOD1, CAT y

LLDH-X2 aumentaron significativamente tanto en *A. mellifera* como en *A. cerana*. La expresión de SOD2 se redujo significativamente en ambas especies, lo que indica un posible daño al ADN mitocondrial. Estos datos sugieren que la exposición al paraquat puede seguir afectando la función mitocondrial en las abejas melíferas, incluso si activan mecanismos de defensa robustos contra el daño oxidativo. La toxicidad comparativa del paraquat en *A. mellifera* y *A. cerana* subraya la necesidad de evaluar los riesgos de la exposición a productos químicos en varias especies de abejas. La investigación evalúa de forma única los efectos del estrés químico en la salud y la expresión génica en dos especies de abejas distintas. Esto ayuda a establecer un método para determinar qué tan peligrosos son los herbicidas para los insectos polinizadores y cómo mantenerlos a salvo.

1.5 Justificación de la investigación

El presente estudio es fundamental debido a la correlación directa entre la calidad ambiental y la salud de las abejas, así como la seguridad de los productos apícolas, cruciales para la seguridad alimentaria, el equilibrio ecológico y el desarrollo socioeconómico de Huancavelica. La minería, la agricultura y las operaciones industriales en la zona están contaminando el aire y el agua, lo que puede ser muy perjudicial para las colonias de *A. mellifera*. Puede matar a algunos de sus miembros, dificultarles la realización de tareas importantes y hacer que la miel, la cera y el polen que producen sean de menor calidad. No obstante, existe una escasez de datos científicos sobre la magnitud de este problema en Huancavelica, lo que dificulta la toma de decisiones informadas y la implementación de estrategias de gestión adecuadas. (Rimachi y Huamán, 2023).

Este estudio proporcionará ventajas sustanciales al permitir la identificación de las toxinas primarias que afectan a las abejas y sus productos, así como la evaluación de su influencia en las prácticas apícolas locales. Además, los resultados ayudarán a elaborar planes para reducir los riesgos, supervisar las políticas y establecer normas de calidad que contribuyan a proteger la salud de las colonias de abejas, garantizar la seguridad de los productos apícolas

y hacer que el sector apícola de Huancavelica sea más competitivo en los mercados regionales y nacionales. (Hanco- Mahuantiari, 2024).

Los apicultores de la zona serán los beneficiarios directos de esta investigación, ya que obtendrán información precisa que les ayudará a gestionar mejor sus colmenas y a ofrecer mejores productos. Las personas que compren miel, polen y cera aptos para el consumo también se beneficiarán. Los gobiernos locales y regionales, así como las organizaciones sanitarias y medioambientales, también recibirán información útil que les ayudará a planificar iniciativas de vigilancia y protección ambiental. Finalmente, los principales usuarios de la información generada serán investigadores, responsables de la toma de decisiones, organismos estatales, organizaciones no gubernamentales y empresas que crían abejas y venden productos apícolas. En conclusión, este estudio es fundamental para comprender las dificultades actuales que enfrenta la apicultura en Huancavelica debido a la contaminación ambiental y para sentar las bases de un crecimiento sostenible, salvaguardando las abejas, la calidad de los productos y la salud pública.

1.6 Limitaciones de la investigación

Existen ciertas limitaciones en el estudio actual que deben tenerse en cuenta al interpretar y aplicar sus resultados. En primer lugar, la falta de acceso fácil a equipos especializados y laboratorios autorizados podría dificultar la detección y medición de algunas toxinas en los productos apícolas y el medio ambiente. Además, la fluctuación estacional y climática en Huancavelica podría afectar los niveles de contaminantes y el comportamiento de las colmenas, lo que podría requerir una investigación a más largo plazo para obtener una imagen completa.

Otro gran problema es que los apicultores pueden no estar disponibles o preparados para ayudar, lo que puede alterar la representatividad de las muestras con respecto a la población en su conjunto. También existen problemas para obtener información actualizada sobre las causas precisas de la contaminación en la zona, especialmente en lugares de difícil

acceso o donde no se ha realizado mucho control ambiental en el pasado.

El estudio se centrará en productos específicos de la colmena (miel, polen y cera); por lo tanto, no se examinarán a fondo otras posibles consecuencias sobre la biodiversidad relacionadas con las colmenas u otros productos apícolas. Finalmente, debido a limitaciones de tiempo y recursos, la investigación solo se llevará a cabo en un pequeño número de lugares, lo que puede no representar adecuadamente la situación en toda la región de Huancavelica.

Incluso con estas restricciones, los datos serán útiles para estudios futuros y para la elaboración de planes de gestión ambiental y apícola en Huancavelica.

1.7 Objetivos de la investigación

1.7.1 *Objetivo general*

Determinar la relación entre los niveles de contaminación ambiental y su impacto en la salud de las abejas *Apis mellifera* y la calidad de los productos de la colmena en Huancavelica.

1.7.2 *Objetivos específicos*

- Determinar la relación entre los niveles de contaminación ambiental y la salud de las abejas *Apis mellifera* en Huancavelica.
- Determinar la relación entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad de la miel *Apis mellifera* en Huancavelica.
- Determinar la relación entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad de productos como polen, Jalea, propóleo, etc. de las abejas *Apis mellifera* en Huancavelica.

1.8 Hipótesis

1.8.1 *Hipótesis general*

Existe una relación inversa y significativa entre los niveles de contaminación ambiental y la salud de las colonias de *Apis mellifera*, así como entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad/inocuidad de los productos de la colmena en Huancavelica.

1.8.2 *Hipótesis específicas*

- Existe una relación negativa y significativa entre los niveles de contaminación ambiental y la salud de las abejas *Apis mellifera* en Huancavelica.
- Existe una relación significativa entre los niveles de contaminación ambiental en la calidad de la miel de *Apis mellifera* en Huancavelica.
- Existe una relación entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad de productos como polen, Jalea, propóleo, etc. de las abejas *Apis mellifera* en Huancavelica.

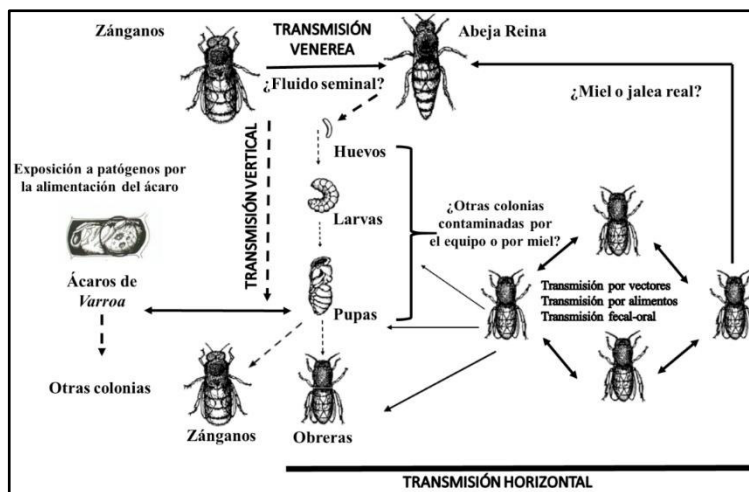
II MARCO TEÓRICO

2.1 Importancia ecológica y productiva de *Apis mellifera*

Las abejas son importantes para la biodiversidad y la agricultura porque polinizan las plantas. Su disminución perjudica los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria (Potts et al., 2016). La colmena cumple una función ecológica y además produce miel, polen, propóleo, cera y jalea real, todos ellos muy nutritivos y terapéuticos. La calidad de estos productos depende de la salud de la colonia y del área donde se ubica. (Bogdanov, 2006).

Figura 1

Biología y comportamiento de las abejas A. mellifera



Nota. Representación esquemática de las vías de transmisión de las enfermedades según (Shen et al., 2005)

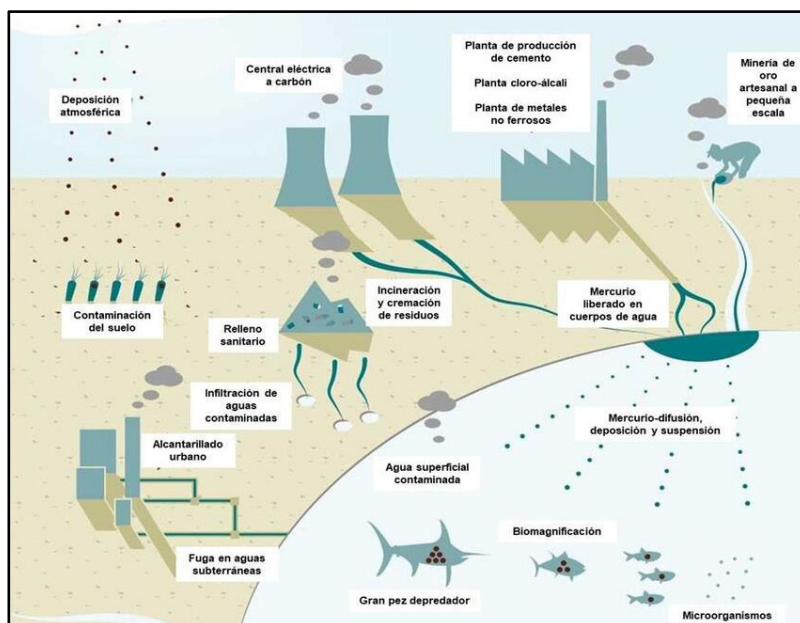
2.2 Contaminación ambiental: fuentes, matrices y contexto altoandino

La contaminación ambiental ocurre cuando las sustancias químicas o la energía en el aire, el agua y el suelo superan los niveles normales y pueden dañar las especies y los ecosistemas. En los Andes, las fuentes principales incluyen la minería y las actividades metalúrgicas (tanto pasadas como presentes), la quema de biomasa y combustibles fósiles, el tráfico vehicular y el uso de pesticidas y fertilizantes en los agroecosistemas. (Sundseth et al., 2017). El legado histórico de la minería de cinabrio (HgS) en Huancavelica durante la época colonial ha sido registrado como una importante fuente de mercurio a nivel regional, con Hg

residual en suelos y sedimentos. (Cooke et al., 2009; Robins, 2011). Este contexto indica una posibilidad creíble de que las abejas y los productos apícolas estén expuestos a metales y otros contaminantes.

Figura 2

Como el mercurio entra en el medio ambiente



Nota. Principales fuentes de contaminación antropogénicas que emiten mercurio en el medio ambiente según (Schiavo et al., 2024)

2.3 Vías de exposición de las abejas y la colmena a contaminantes

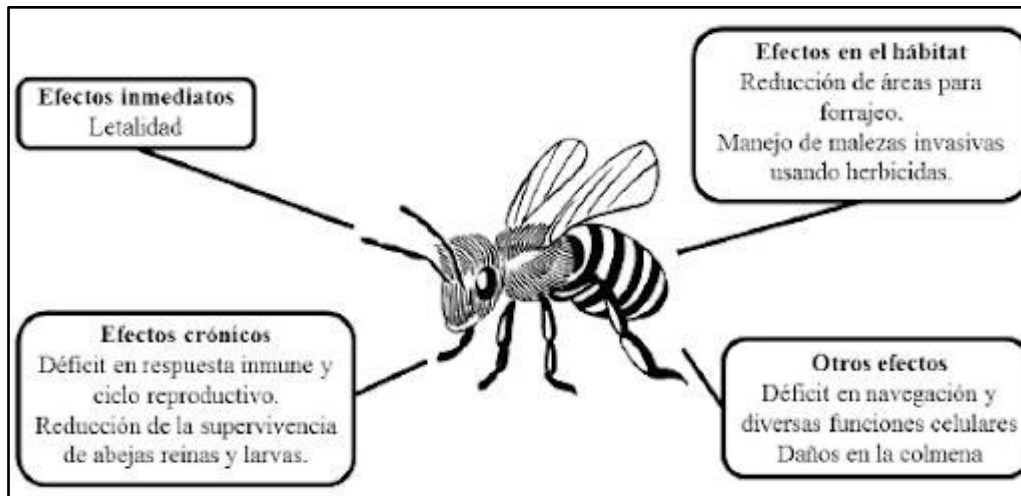
Las abejas que buscan alimento utilizan señales topográficas en un radio de 2 a 3 km para encontrar polen, néctar, agua y polvo. Luego llevan estas sustancias a la colmena y las mezclan con miel, pan de abeja, cera y propóleo. (Conti y Botrè, 2001; Bogdanov, 2006). Hay muchas maneras de entrar:

Vía oral: néctar/miel, agua, polen contaminado con insecticidas sistémicos, metales u otros xenobióticos.

Vía cuticular/respiratoria: entrar en contacto con polvo y aerosoles contaminados. Acumulación en cera y propóleo, que sirven como reservorios y liberan continuamente sustancias químicas lipofílicas. (Kim et al., 2023; Mullin et al., 2010).

Figura 3

Efecto de las pesticidas en las abejas A. mellifera



Nota. Problema de las pesticidas en los artrópodos según(Culma et al., 2018).

2.4 Efectos de plaguicidas en la salud de *Apis mellifera*

La evidencia consolidada indica que los insecticidas sistémicos (por ejemplo, los neonicotinoides) y las exposiciones concomitantes a fungicidas y herbicidas pueden inducir efectos tanto letales como subletales, incluyendo desorientación, deterioro del aprendizaje y la memoria, inmunosupresión, disminución del éxito reproductivo y de la búsqueda de alimento, y mayor vulnerabilidad a los patógenos (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, 2013).

Las investigaciones de campo y de laboratorio muestran que las colonias incluyen muchos residuos y que estos residuos actúan junto con patógenos como *Nosema* spp. para empeorar las enfermedades incluso cuando las dosis no son letales. (Mullin et al., 2010).

Estas consecuencias conducen a una disminución en la fortaleza de la colonia, mayores tasas de mortalidad de las abejas obreras y la pérdida de la reina, todos ellos signos importantes de la salud de la abeja melífera.

2.4.1 Efectos de metales pesados y otros inorgánicos

Los metales trazan (Hg, Pb, Cd, As) se bioacumulan en las matrices de las colmenas y pueden afectar la fisiología de las abejas (estrés oxidativo, cambios neurológicos y del desarrollo) y el microbioma intestinal, influyendo en la inmunidad y el comportamiento. (Conti

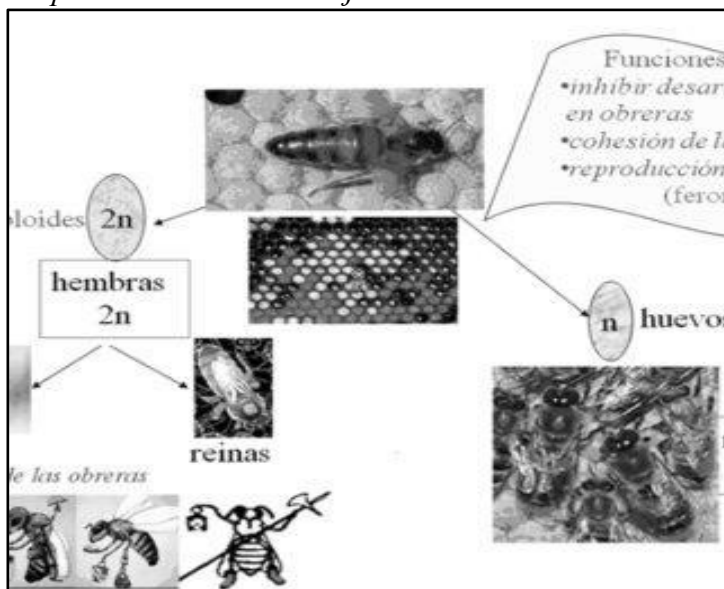
y Botrè, 2001; Bogdanov, 2006). Diferentes estudios han encontrado estos componentes en la miel y el polen; sin embargo, las cantidades varían según la zona y las fuentes cercanas. (Gajger et al., 2019). La presencia de mercurio en los suelos y las masas de agua de la región altoandina indica una posible vía de exposición para los apiarios situados cerca de zonas mineras con problemas medioambientales.

2.4.2 Abejas y productos de la colmena como bioindicadores

Las abejas y sus productos actúan como bioindicadores eficaces debido a su extensa área de búsqueda de alimento, su elevada sensibilidad a los contaminantes y la sencillez de los métodos de muestreo. (Conti y Botrè, 2001). La miel y el polen indican exposiciones recientes, mientras que la cera, debido a sus propiedades lipofílicas y su durabilidad, acumula exposiciones crónicas a pesticidas y otras sustancias orgánicas. (Lambert et al., 2013). Esta característica hace posible describir la contaminación ambiental y los problemas de exposición a nivel del paisaje.

Figura 4

Comportamiento de las abejas



Nota. Las condiciones normales de una colonia están constituido por una reina sistema monogénico según. (Nates-Parra, 2011).

2.5 Calidad de los productos de la colmena: parámetros y contaminación

Las características fisicoquímicas estandarizadas (humedad, HMF, actividad diastásica, acidez, conductividad eléctrica, azúcares) y los estándares de seguridad (ausencia de contaminantes en niveles que superen los límites o criterios). CODEX STAN (2022) determinan la calidad de la miel. La contaminación puede alterar el sabor y el olor de los alimentos, así como su capacidad de conservación, y también puede disminuir su seguridad debido a los residuos de plaguicidas, antibióticos, hidrocarburos, HAP y metales. (Bogdanov, 2006). Los investigadores han detectado altos niveles de pesticidas persistentes en la cera y el propóleo, lo que podría contaminar nuevamente la miel y el polen y tener consecuencias a largo plazo para la colonia. (Calatayud-Vernich et al., 2018; Mullin et al., 2010). La variedad de residuos en el polen suele ser más variada y concentrada que en la miel, ya que las abejas entran en estrecho contacto con ellos al buscar flores. (Lambert et al., 2012).

2.6 Interacciones entre contaminantes, patógenos y estrés nutricional

El deterioro de la salud de las abejas melíferas se atribuye a numerosos factores estresantes que actúan de forma aditiva o sinérgica, incluyendo la exposición a contaminantes, parásitos (*Varroa destructor*), infecciones (*Nosema* spp. y virus relacionados) y deficiencias nutricionales derivadas de la simplificación del paisaje. (Rosenkranz et al., 2010). Las investigaciones demuestran que los plaguicidas subletales pueden agravar las infecciones y disminuir la tolerancia al estrés térmico e hídrico, socavando así la resiliencia de las colonias. (Pettis et al., 2012; Pisa et al., 2017). En las zonas altoandinas, la hipoxia leve, las amplitudes térmicas y la estacionalidad floral pueden influir en las respuestas de las abejas a la contaminación y a la dinámica de los patógenos, un aspecto que sigue estando poco investigado.

2.7 Marco conceptual para el estudio en Huancavelica

Un marco de referencia de fuente-vía-receptor integra de manera efectiva el vínculo entre la contaminación, la salud de las abejas y la calidad del producto.

Las operaciones mineras y los relaves (metales), el tráfico y la combustión (gases, HAP, partículas) y los agroquímicos (insecticidas, fungicidas y herbicidas sistémicos) son todas fuentes de contaminación.

Las vías de exposición incluyen la deposición atmosférica sobre las plantas, la contaminación del suelo y del agua, la absorción sistémica por las plantas, la transferencia al néctar, el polen y el agua, y la acumulación en las matrices de la colmena.

Receptores: abejas (obreras, reinas, crías) y productos (miel, polen, cera, propóleos), con impactos observables en los indicadores de salud (fuerza de la colonia, mortalidad, cría, comportamiento de forrajeo, carga de patógenos) y en los parámetros de calidad/seguridad (físicoquímicos y residuos). (CODEX STAN, 2022)

2.8 Indicadores y métodos de medición

Contaminación ambiental: metales en suelo, agua y plantas (AAS/ICP-MS); partículas en suspensión (PM_{2.5}/PM₁₀); NO₂, SO₂ y O₃; y compuestos orgánicos persistentes (GC-MS/LC-MS/MS).

Residuos de plaguicidas en miel, polen, cera y propóleo (GC-MS/LC-MS/MS); metales en miel y polen (ICP-MS); y HAP en miel y cera (GC-MS). (Bogdanov, 2006; Calatayud-Vernich et al., 2018; Lambert et al., 2012).

Salud de la colonia: número de individuos, área de cría, tasa de mortalidad de las abejas recolectoras, comportamiento de orientación/recolección, infestación por *Varroa*, carga de *Nosema* y niveles de virus. (Rosenkranz et al., 2010; EFSA, 2013).

2.9 Calidad de la miel

Humedad, HMF, diastasa, acidez, conductividad, perfil de azúcares, color; normas de seguridad establecidas por CODEX STAN (2022) y otros requisitos regionales.

2.9.1 Implicancias para la calidad de productos e inocuidad alimentaria

Cuando los residuos de plaguicidas o metales superan los límites legales, la miel y el polen resultan menos seguros y comercializables. Incluso cantidades inferiores al límite pueden alterar el sabor y el olor de los productos. (Bogdanov, 2006). La acumulación de residuos en la cera puede disminuir el éxito de la reproducción y acortar la vida de las obreras, lo que puede llevar a la desaparición de la colonia. (Kim et al., 2023). Dado que el Hg y otros metales podrían permanecer en Huancavelica durante mucho tiempo, es inteligente que la gestión apícola y la seguridad alimentaria vigilen el Hg, el Pb y el Cd en la miel y el polen, y que se mapeen tanto las fuentes directas como las difusas.

Existe mucha información de todo el mundo sobre cómo los pesticidas y los metales afectan a las abejas y sus productos, pero aún existen algunas lagunas en nuestro conocimiento sobre cómo afectan estas cosas a las abejas a diferentes altitudes y temperaturas en los Andes.

Transferencia específica de metales desde los suelos altoandinos a la flora autóctona y a los cultivos productores de miel.

Modelos de exposición crónica con múltiples factores de estrés en áreas con riesgos mineros y explotaciones agrícolas familiares.

Es necesario realizar estudios correlacionales que combinen mediciones ambientales, biomonitoreo utilizando matrices de colmenas e índices estandarizados de salud y calidad.

2.10 Contaminación ambiental

La contaminación ambiental es cualquier alteración de la naturaleza y el medio ambiente que empeora la vida de las personas y otros seres vivos, así como el equilibrio de los ecosistemas. (Anzules y Castro, 2022).

La contaminación se presenta en tres tipos principales: contaminantes físicos, que crean

una acumulación de residuos sólidos, líquidos y peligrosos; contaminantes químicos, que se producen cuando se liberan agentes tóxicos o contaminantes en el medio ambiente; y contaminantes biológicos, que alteran el equilibrio de la dinámica de una población porque hay un exceso de otro organismo vivo, llamado contaminante. (Castro, 2022).

Los contaminantes físicos son sustancias naturales que se presentan en forma sólida, líquida o gaseosa y que están presentes en cantidades muy superiores a las normales. Algunos ejemplos de estos residuos incluyen el plástico que llega a casi todas partes del mundo y el agua que se calienta en un río o lago. Existen muchos tipos diferentes de residuos que son contaminantes químicos, y estos se vierten en diversos hábitats. (Fonseca et al., 2022). Algunos de estos incluyen disolventes clorados, insecticidas, pesticidas, nitratos y otros, que operan a niveles inferiores a la concentración contaminante; sin embargo, con el tiempo se ha demostrado que esta práctica puede ser más que perjudicial, convirtiendo estos compuestos, que deberían eliminarse en el medio ambiente, en su efecto opuesto a través de su acumulación en diversos tejidos de organismos a diferentes velocidades. (García y Velasco, 2022).

2.10.1 Definición y Tipos de Contaminación

La contaminación ambiental se considera uno de los problemas más críticos a nivel mundial, ya que provoca el cambio climático, la extinción de animales y plantas, el deterioro de los alimentos, la contaminación de los alimentos, el agua y el suelo, y un aumento de las enfermedades, entre otros impactos perjudiciales. Los residuos sólidos están compuestos principalmente por plásticos, fibras textiles, metales pesados, aceites y otros materiales. Se encuentra principalmente en forma líquida y se vierte en lagos, mares y ríos (Rimachi y Huamán, 2023).

La contaminación del aire se examina a través de sus dimensiones: contaminación química, biológica y radiológica. (Vásquez et al., 2025). La contaminación del aire puede caracterizarse como formas químicas, fisicoquímicas o microbiológicas que provienen de la actividad humana. Las personas o los seres vivos del entorno causan esta contaminación. La

contaminación del aire puede causar, entre otras cosas, enfermedades respiratorias, enfermedades cardiovasculares, cáncer y anomalías del sistema nervioso central en plantas, animales, organismos unicelulares y personas. (Gómez-Delgado et al., 2025).

Las abejas son los mejores animales para determinar la cantidad de contaminación que hay en el aire.

2.10.2 Fuentes de Contaminación

El crecimiento de la población, la economía, el consumismo, las ciudades y otras ventajas humanas han dado lugar a industrias más contaminantes y al uso de artículos perjudiciales para diferentes biomas, lo que ha dañado el medio ambiente. (Subía y Cabrera, 2022). En un marco global, se puede discutir la contaminación ambiental asociada al calentamiento global, originada principalmente por los gases de efecto invernadero, cuya mayoría proviene de actividades humanas. (Cañadas et al., 2024). Por el contrario, el análisis de la contaminación del aire, el agua y el suelo suele centrarse en las actividades de los principales sectores económicos que producen residuos significativos mediante la utilización de materiales, agua y energía, lo que aumenta la generación de residuos durante la producción y el consumo de productos finales. (Mendoza y Mendez, 2025).

Las tres principales causas de la contaminación del aire parecen ser las fábricas, los tubos de escape de los automóviles y las reacciones químicas que ocurren de forma natural o debido a la actividad humana. Por otro lado, el monóxido de carbono, el ozono, el dióxido de azufre, el níquel, el dióxido de titanio, las partículas en suspensión, el amoníaco, el plomo, el arsénico y otras sustancias químicas nocivas son las que más afectan a la salud, la productividad y la calidad de los productos de la colmena. Concretamente, los compuestos mencionados, en su estado gaseoso, no generan lluvia ácida y, en cambio, experimentan bioacumulación. De esta manera, perjudican la salud de las personas y podrían hacer que la miel de las colmenas sea menos sabrosa. (Juárez, 2021).

2.10.3 Impacto Global de la Contaminación

La degradación ambiental es conocida por la humanidad desde que comenzó a modificar la naturaleza mediante la tala de árboles y la contaminación de ríos, océanos, lagos y otras masas de agua. (Tapia et al., 2023). La contaminación es causada por diversos contaminantes provenientes de actividades humanas y que son dañinos para los seres vivos. El uso excesivo o no regulado de los recursos naturales para obtener bienes ha sido la principal causa de la contaminación, lo que ha provocado un deterioro ambiental que podría sumirnos en un futuro incierto en todos los ámbitos imaginables y generar alteraciones de muchas maneras. (Fierro, 2024).

La contaminación es el acto de empeorar el medio ambiente y los impactos de sustancias químicas específicas que ingresan al medio ambiente y que son perjudiciales para él. Aunque los efectos son cada vez más evidentes en muchos sectores, este problema aún no ha dado lugar a medidas reales para gestionarlo. (Triviño et al., 2024). A continuación, explicaremos brevemente cada tipo de contaminación tal como la mayoría de la gente entiende el término.

2.11 *Apis mellifera*: Biología y Comportamiento

A. mellifera, comúnmente llamada abeja melífera o abeja de la miel, es un tipo de abeja productora de miel que habita en todo el mundo. (Bobadilla Mejía, 2023). Es uno de los seres vivos más domesticados de la Tierra y el productor de miel más importante. La especie pasa por tres fases en su ciclo de vida: huevo, larva y adulto. Los individuos suelen formarse en primavera y vivir entre 6 y 8 semanas, las reinas viven 14 meses y los individuos que hibernan viven 5 meses o más. (Fernández, 2022).

La colmena es el hábitat principal de las criaturas del orden Hymenoptera. Funciona porque varias personas se encargan de realizar las numerosas tareas necesarias para que la colonia funcione correctamente. Hay tres tipos de individuos que habitan la colmena: los machos, o zánganos, que crecen en celdas reales débiles, duermen catorce horas o más en el

panal y a veces emiten un sonido parecido a un ladrido o zumbido, como una canción de amor, para hacer música para la colmena; la reina, que es única, muy grande y tiene un abdomen largo (ya que no tiene alas y solo sale de la colmena para aparearse un par de veces al día), crece en celdas reales largas y se encarga de la reproducción de la colonia; y las obreras, que son llamadas insectos hermafroditas o polimórficos y tienen varias subdivisiones dentro de la colmena. (Hanco, 2024). Tiene la mayor cantidad de miembros y se encarga de mantener limpia la colonia, sus edificios y el espacio que la rodea, así como de cuidar los huevos, las larvas y las pupas. Desempeñará su función en función de su edad y estatus social entre sus compañeros.

2.11.1 Estructura de la Colmena

La colmena alberga una colonia compuesta por tres castas distintas: reinas, zánganos y obreras. Su desarrollo biológico, organización y comportamiento están todos interconectados. La colmena es una estructura compleja formada por un gran número de individuos que trabajan juntos para asegurar la supervivencia y el buen funcionamiento de la familia activa. A través de su morfología, el origen de sus actividades, la gran diversidad de formas y estructuras, y el alto grado de comportamiento relacionado con el dimorfismo morfológico son evidentes, con cada casta ocupando un espacio diferente dentro de la colmena, transformando los recursos disponibles según su morfología. (Reuto et al., 2022).

La abeja reina es más grande que las demás abejas de la colmena y vive más tiempo. También se la conoce como la "madre de la colmena", ya que es la única que puede aparearse y poner huevos. Puede deslizarse entre los alambres de las celdas, ya que su cuerpo es largo, liso y delgado. Normalmente se encuentra en la parte superior de la colmena, moviéndose de un lado a otro para aparearse y perdiendo partes de sus alas para evitar las inspecciones. Aquí es donde se encuentran los sistemas de producción fijos, y ella no abandona la zona desconocida, sino que se desplaza por celdas vacías, de las que hay muchas, donde la temperatura ideal es superior a la de la zona inferior. La reina madre también está allí para

asegurarse de que la producción continúe. La cría es especialmente importante para la reina y para el suministro de alimento de la colonia. (Chiozza, 2021).

2.11.2 Ciclo de Vida de abejas *A. mellifera*

Las abejas son como insectos que permanecen en la zona durante aproximadamente 15 días y no tienen que estar inactivas durante todo ese periodo. Su ciclo de vida ha sido estudiado tanto en condiciones naturales como artificiales. (Jiménez, 2024). El panal de cría "artificial" se construye con una combinación de cera o polietileno grueso y tiene láminas de celdas rectangulares o romboidales. La cera se utiliza en varios procesos de producción, facilitando mutaciones tanto en colonias estándar. (García et al., 2024).

Los animales viven de diversas maneras dependiendo de la especie. La vida del colonizador está moldeada por los diversos tipos de tierras donde habita. El ciclo general o vida útil abarca desde antes de la fertilización del óvulo hasta que el organismo despierta de su fase latente e inicia su metabolismo en respuesta a los cambios ambientales, y luego muere, lo cual está estrechamente relacionado. Las tres etapas de la vida huevo, larva y pupa comienzan en circunstancias marcadamente distintas, incluyendo variaciones en la temperatura, la humedad relativa y la intensidad de la luz. (Sosa, 2023).

2.11.3 Comportamiento Social de abejas *A. mellifera*

La genética determina el comportamiento social de las abejas melíferas, y las señales sensoriales que reciben de su entorno modifican posteriormente ese comportamiento (Yossen, 2023). Existen tres tipos principales de actividad social en las colonias de abejas melíferas: la construcción del nido, el reclutamiento de nuevos miembros y diferentes formas de comunicación, como la visual, la olfativa y la táctil. Se pueden utilizar diferentes tipos de baile para comunicarse visualmente en diferentes momentos. Varias abejas depositan el néctar, que es el alimento que se evapora en las colonias, en diferentes lugares. Las abejas indican a otras abejas dónde encontrar alimento bailando y formando diversas figuras en el aire. Estos gestos no son personales; en lugar de llamar la atención sobre sí mismas, las abejas recompensan a

otras abejas. Las danzas no consisten en nada más que en un meneo o vibración. La abeja no transmite el valor de la fuente de alimento, y es más fácil para una abeja inexperta encontrar la ubicación marcada donde hay una fuente de alimento. (Estravis y Farina, 2022). Las abejas utilizan feromonas para comunicarse químicamente entre sí. Las feromonas son sustancias químicas que las abejas liberan cuando se encuentran en diferentes estados internos, y muestran el estatus social de la abeja. Sin embargo, estas sustancias químicas no solo envían mensajes; parecen enviar mensajes diferentes a las distintas abejas que las visitan. Las feromonas variadas son un fenómeno que explica por qué las personas actúan de manera flexible y adaptable. Estas feromonas muestran diversos estados internos que no siempre coinciden con lo que perciben en su entorno. (Lajad, 2024).

2.12 Efectos de la Contaminación en *Apis mellifera*

Numerosos estudios han demostrado que las variables ambientales estrechamente asociadas con la contaminación afectan los procesos fisiológicos de las abejas melíferas. Por ejemplo, al estudiar abejas expuestas a altos niveles de cadmio, se descubrió que tenían menor capacidad antioxidante, lo que hace que vivan menos tiempo y mueran con mayor frecuencia tanto las obreras como las crías. Las abejas expuestas a mayores niveles de estas sustancias químicas también cambiaron mucho. Se ha demostrado que una gran cantidad de cobre acorta el tiempo de las batallas o los eventos de reclutamiento, así como el tiempo de los vuelos fuera de la colmena. Se han relacionado niveles más altos de mercurio con un menor crecimiento de las glándulas hipofaríngeas en las larvas. La exposición a la luz UV dificultó que las abejas melíferas eliminaran el monoetilenglicol, una sustancia muy dañina que llegó al néctar. (García y Velasco, 2022). La contaminación afecta al medio ambiente, lo que repercute en los procesos fisiológicos, perjudicando la reproducción, la nutrición y la producción de miel. También altera los compuestos de feromonas y néctar y agota los recursos alimenticios florales, lo que afecta directamente a la comunicación entre los miembros de la colonia. Múltiples investigaciones con diversos agentes han demostrado que el cadmio volátil modifica la dirección de búsqueda

de alimento de las abejas tras una nueva exposición, lo que indica dificultades para identificar la colonia. También cambia la forma en que los recolectores aprenden y encuentran comida, lo que dificulta que se comuniquen con el resto de la colonia. (Castellanos et al., 2016).

2.12.1 Efectos Fisiológicos de abejas *A. mellifera*

Las abejas son muy importantes para los ecosistemas porque polinizan las plantas. Por eso es tan importante protegerlos. Hay evidencia de que diferentes tipos de contaminación ambiental perjudican a las abejas y las hacen más propensas a enfermarse. El objetivo de este análisis es examinar los impactos ambientales de cuatro contaminantes en la salud y la calidad de los productos de las colmenas de *A. mellifera*. Los contaminantes tratados son el glifosato, el cadmio, los productos pesticidas y las infecciones. (Cañadas et al., 2024).

La eficacia y productividad de las abejas como polinizadoras dependen de la salud de la colonia. Muchos factores pueden afectar la salud de las colonias de abejas, como la edad de las abejas, la genética de la especie, el clima, los agroecosistemas alrededor del apiario y más. Por ello, la contaminación puede tener diferentes impactos dependiendo de la situación. En consecuencia, esta investigación realizará un análisis epidemiológico de los efectos de la contaminación, con una sección diferenciada para cada contaminante, con el fin de evaluar con precisión los impactos en la salud de las colonias e identificar los parámetros modificados. (Groot y Estefanía, 2023).

2.12.2 Efectos Comportamentales de abejas *A. mellifera*

La contaminación es un gran problema para el ecosistema que afecta a muchos tipos diferentes de animales, tanto salvajes como domésticos. Las colonias de *A. mellifera* son susceptibles a este fenómeno, que deteriora su reconocimiento ambiental y la regulación de su establecimiento y comportamiento, afectando así la productividad de la colonia y su adaptabilidad a su entorno natural. (Lajad, 2024).

El daño psicológico deteriora la capacidad de las personas para percibir eficazmente los estímulos ambientales de acuerdo con la realidad. En consecuencia, la contaminación influye

tanto en la cantidad como en la capacidad de percibir y analizar la importancia de los estímulos que llegan a sus tríceps o antenas en niveles ideales. La contaminación también afecta las habilidades motoras de los insectos al dificultar su recuperación después de la inmovilización, especialmente tanto en pruebas in vivo como in vitro. (Yossen, 2023).

Una investigación revela que contaminantes como metales pesados y pesticidas pueden alterar la productividad de una actividad, el comportamiento de las personas y la posición dominante de las colonias. También hablan de cómo encontraron contaminación en el polen y la miel de Uruapan, Michoacán, Aguascalientes, Jalisco y otros lugares. Los metales pesados más comunes en sus productos eran el oro, el cadmio, el cobre, el plomo y el hierro. El polen tuvo un promedio de 48 millones de partículas contaminantes en dos períodos de recolección, lo que causó muchas muertes cuando se combinaron. (Groot y Estefanía, 2023).

2.12.3 Efectos en la Reproducción de abejas *A. mellifera*

La reina fecundada es la única hembra de seis patas capaces de poner huevos, por lo que su salud es fundamental para la supervivencia de cada colonia. La reina pone muchos huevos después del apareamiento. Estos huevos se convierten en abejas obreras durante la primera parte del ciclo (desarrollo de huevo a adulto) y en zánganos durante la última parte del ciclo. (Rimachi y Huamán, 2023). Los zánganos son abejas macho cuya función es aparearse con las reinas vírgenes durante la temporada de enjambrazón.

La capacidad de reproducción de la reina depende de la salud de su sistema reproductivo. Si no produce suficientes feromonas sexuales, significa que no está sana. Los pesticidas dificultan el sentido del olfato de las abejas, por lo que no pueden distinguir este tipo de feromonas. Cuanto más estresante sea la exposición química, menos la buscarán. Por el contrario, aquellos que demostraron que la exposición a temperaturas elevadas dentro de un cierto espectro de factores de riesgo significativos podría resultar en el cierre de los estigmas, con un 80% de las hembras sin lograr una cópula exitosa. (Sosa, 2023).

2.12.4 Calidad de Productos de la Colmena de abejas *A. mellifera*

Los humanos realmente desean los productos de la colmena, y muchas investigaciones han estudiado su calidad, comenzando por sus propiedades fisicoquímicas. Las cualidades fisicoquímicas de los productos, así como su toxicidad y la presencia de residuos de plaguicidas, muestran la importancia de proteger el medio ambiente (García y Velasco, 2022).

La calidad de un producto está relacionada con su estado, tanto en el momento de su fabricación como después de su almacenamiento, así como con las circunstancias en que se vende. Es evidente que las cualidades de la miel varían según la planta de la que procede, ya que el comportamiento de la colonia y la calidad de los productos de la colmena están estrechamente ligados al tipo de flora apícola de la zona. La cera es una materia prima muy valiosa que se utiliza en numerosos campos, incluyendo cosmética, farmacéutica, alimentación y muchos más. Cuando no ha sido tratada, se utiliza la expresión "cera virgen". Este producto no tiene fecha de caducidad, pero pierde calidad cuando le crece moho. El moho es una forma de mantener el producto vivo. El propóleo, por otro lado, es un ingrediente común en los medicamentos que el exportador añade para aumentar el valor del producto. Estudios han demostrado que los residuos de plaguicidas incluyen altos niveles de metales pesados, y estos niveles aumentan al comenzar la temporada de lluvias. Los niveles de HMF en la miel muestran una tendencia de crecimiento negativo debido a la pérdida de demasiados monómeros de fructosa. En la miel de rocío se encontraron pesticidas que afectan a los animales beneficiosos. La presencia de metales pesados en el propóleo durante las estaciones húmedas sugiere que está activo. La actividad de la cera se debió principalmente a un cambio en la estructura y la biomasa que resultó adecuado para las diversas condiciones. (Hanco, 2024).

2.13 Miel de abejas *A. mellifera*

La miel es el producto apícola más utilizado en la industria y también el más contaminado por el medio ambiente. El agua constituye entre el 14% y el 20% de su peso, seguida de los carbohidratos, principalmente los monosacáridos fructosa y glucosa (más del

90%), oligosacáridos, disacáridos como la sacarosa y una pequeña cantidad (menos del 1%) de polisacáridos como la dextrina. También contiene aminoácidos, ácidos orgánicos, vitaminas y compuestos volátiles etéreos. (Arribas - García, 2016).

Desde la antigüedad se conoce la importancia de la miel para la salud y la vitalidad. La miel es muy apreciada y empleada en muchas recetas de cocina debido a sus cualidades organolépticas, que provienen de moléculas volátiles. También destaca por la gran variedad de flores que posee y, sobre todo, por el tipo de rúculas que contiene, que se utilizan principalmente y están directamente relacionadas con sus propiedades curativas. Los análisis fisicoquímicos de mieles de diversas especies florales y regiones han identificado grupos significativos de agentes antibacterianos, incluyendo quelatos sólidos de manganeso, hierro y calcio, ácidos fenólicos y ácidos orgánicos como el ácido oxálico y los aminoácidos. Estos compuestos se han utilizado durante más de un siglo como agentes deshidratantes, colectores, antisépticos para heridas y, en algunos casos, como agentes antiinflamatorios para el tratamiento de quemaduras. (Fernández, 2022).

2.13.1 Cera de abejas *A. mellifera*

La gente piensa en la cera como un producto químico. Es una sustancia grasa compuesta por ácidos esteárico, mirístico, palmítico y cerato palmítico, ácido miricílico, resinas orgánicas y otras sustancias. Puede provenir de animales o plantas. Además, estudiarlo y analizarlo es importante para determinar su eficacia, qué sustancias químicas lo modifican y cómo funciona en el organismo. Esta investigación recopiló muestras de "Cera procedente de la fundición de panales viejos" y de "Cera pura G.E." y realizó diferentes pruebas sobre ellas. (Jiménez, 2024).

2.13.2 Propóleos de abejas *A. mellifera*

Las abejas obtienen el propóleo de los brotes y yemas de diferentes plantas. Es una sustancia pegajosa. Está compuesto por sustancias como flavonoides, terpenos, esteroides, ácidos fenólicos e incluso aceites que se evaporan. También forman una sustancia espesa, y se han observado diferentes tipos a diferentes temperaturas y niveles de humedad, mostrando

cambios de color en la naturaleza y dando lugar a importantes propiedades. Suelen ser de color oscuro y significan algo específico en su contexto. Las abejas necesitan propóleo en la colmena porque tiene propiedades antibacterianas y antifúngicas. Por eso, su recolección es una parte importante a la hora de elegir los mejores productos de Acacia arborea, ya sean recolectados por personas en el jardín o por apicultores. (Benavides y Enrique, 2021).

La fuente, el entorno y la gestión de la colmena influyen en la calidad y el origen del propóleo. Por ejemplo, la recolección forzada o estricta para el control de calidad de salida difiere de la recolección natural. También se ha demostrado que el propóleo de diferentes partes del mundo contiene cantidades variables de flavonoides. Los investigadores que estudian estos temas aún no se ponen de acuerdo sobre el significado de estas frases, pero en su mayoría se refieren a diversos tipos de combinaciones y subproductos que provienen de fuentes naturales, incluyendo polen o virutas de cobre de piezas mecánicas o aleaciones. La utilización de estos compuestos en apicultura se justificó por su pureza y eficacia para aportar beneficios y atributos saludables a infusiones o productos a granel, junto con su elevado coste y meticulosa elaboración, según lo respaldan investigaciones en biología química, molecular y bioquímica. (Benavides y Enrique, 2021).

2.13.3 Jalea Real de abejas *A. mellifera*

La jalea real es una sustancia única del mundo animal, elaborada a partir de las secreciones de las glándulas hipofaríngeas y mandibulares de las abejas jóvenes de la especie *A. mellifera*. Tiene aspecto de miel lechosa y es bastante mucilaginosa y viscosa. Se encuentra en las células de las reinas y las larvas jóvenes, y proporciona alimento a las larvas en sus primeros momentos de vida, a las reinas durante todo su ciclo vital y a las abejas nodrizas. Se sabe que la jalea real contiene macromoléculas esenciales con efectos beneficiosos para la salud, incluyendo el ácido 10-hidroxi-2-decenoico, responsable de muchos de los impactos biológicos que conocemos hoy en día. Algunos de estos efectos han sido confirmados mediante pruebas científicas. (Chavarría, 2021).

Según las estadísticas sobre la producción y comercialización de productos apícolas, la jalea real es uno de los artículos más valiosos. Sin embargo, si se incluye su uso como suplemento nutricional en otros productos, el precio aumenta considerablemente. Tiene varios efectos beneficiosos, como ser antiviral, antimicrobiano, antiinflamatorio y más. Investigaciones científicas recientes indican que la fracción lipídica de la jalea real está relacionada con varias características, incluyendo bajas concentraciones efectivas de componentes antiinflamatorios y antiedematosos, acciones antihiperlipidémicas y antitrombóticas, entre otras. Los datos sugieren que el uso regular de jalea real en las dosis mínimas recomendadas tiene efectos beneficiosos en el cuerpo humano, sin que se hayan notificado daños a corto o largo plazo en las dosis especificadas. (Bobadilla, 2023).

Cómo afecta la contaminación a la calidad de los productos producidos por las abejas *A. mellifera*. Existen numerosos tipos de contaminación que afectan al suelo, al aire, a las aguas superficiales y a las aguas subterráneas, por mencionar algunos. Las colmenas entran en contacto y están expuestas a una serie de contaminantes que penetran en la colmena y contaminan sus productos. Las abejas se sienten atraídas por sustancias extrañas en el medio ambiente y las depositan en la miel. Estas sustancias incluyen polen y polen fósil, polen maloláctico, compuestos exudados de polen o resina de plantas, talco, talco de roca y compuestos sintéticos; harina humana; y sustancias añadidas de maduración. (García y Velasco, 2022). La exposición prolongada durante periodos de inactividad podría dar lugar a interacciones sinérgicas.

Proviene de varios tipos de contaminación que alteran la calidad de los componentes que los forman. Afectando el crecimiento, el desarrollo y el crecimiento. Elementos ajenos a la zona que afectan a la producción de derivados y a la salud de los trabajadores. Modifican las interacciones tróficas necesarias para el crecimiento de los organismos. La inactivación podría tener un efecto en el trabajo de la colmena, lo que se manifestaría en el producto terminado, la evidencia biológica, la producción, el consumo y el trabajo de las abejas, y las atractivas resinas

y exudados de miel en la colmena. (Anzules y Castro, 2022).

2.13.4 Contaminación de la Miel de abejas *A. mellifera*

La miel es uno de los alimentos principales de estas colonias. Esto se debe a que las propias obreras lo elaboran y a que contiene gran cantidad de nutrientes que almacenan y conservan, y que pueden mejorarse en las condiciones adecuadas. No debemos olvidar que la principal función de la obrera "enviada", o recolectora de néctar, es trabajar por el bien de la colonia de manera ergonómica. Las abejas obreras y las nodrizas también aceptan con avidez la sustancia, la manipulan, la regurgitan y alimentan a las larvas comiéndola. Esto mantiene las cosas más limpias y ahorra tiempo al no tener que desplazarse para deshacerse de ello. Cuando se desarrolla una lesión inducida por un patógeno en un organismo debido a la acumulación de un material tóxico, representa un peligro potencialmente mortal para toda la colonia; la ingestión de una sola gota que contenga toxinas a nivel macro o micro es suficiente para precipitar su declive. (García et al., 2024).

Estudios sobre residuos de hidrocarburos, furanos, metales pesados, insecticidas organoclorados y organofosforados, organohalogenuros nitrogenados, fenoles policíclicos e incluso partículas coloidales han demostrado que el medio ambiente está muy contaminado. Las colmenas también pueden ser un instrumento ecotecnológico útil para controlar la calidad del medio ambiente. Si uno de los lugares elegidos presenta índices negativos, es fundamental retirar los apiarios que lleven allí un tiempo. Por ejemplo, la evidencia en la recolección de néctar en las diminutas filas de sus recolectoras puede indicarnos con certeza que una zona no es adecuada para un apiario. Esto se debe a que, si las inspecciones de las colmenas muestran que el entorno es muy ramificado y plano y que se están capturando todos los polinizadores o insectos que succionan néctar, significa que estamos siendo perjudicados por contaminantes. (Fernández - Chaguay, 2022).

Por otro lado, ciertos pesticidas, como los organofosforados utilizados en las explotaciones agrícolas, no funcionan bien con las características de conductividad que afectan

a las plantas autóctonas de una determinada zona. Tampoco se deben descartar otros contaminantes que pudieran afectar a los trabajadores, ya que podrían recogerlos del entorno, y si pertenecen a una especie vegetal diferente, no es de extrañar que se presenten dificultades y bajas laborales debido a los diversos metabolitos que podrían estar presentes en las opciones.

2.13.5 Alteración de la Cera de abejas *A. mellifera*

La cera de abejas está compuesta por hidrocarburos, ácidos grasos, alcoholes, aldehídos alifáticos, ácidos hidroxílicos, terpenoides, ésteres, cetonas y alcoholes. Todas estas sustancias tienen muchos átomos de carbono, lo que hace que la cera tenga baja polaridad, sea hidrófoba y no se disuelva en agua. No huele mucho, pero sí tiene un olor único que depende de cómo fue polinizado. Las abejas producen cera a partir de pequeñas glándulas en sus abdómenes. En estos sacos crecen escamas diminutas que cambian de forma según la temperatura. Procede de la destilación de ácidos grasos de los conductos salivales vacíos, que posteriormente se transforman en catequina y crean una capa suave e impermeable. Así es como se producen las ceras. Las abejas obtienen el 18% de la producción total de cera de abejas, que es exactamente la cantidad que necesitan. (Groot y Estefanía, 2023).

El pergamino te indica qué tipo de cera producen las abejas, y las colmenas te muestran lo que las abejas ven a su alrededor. Protege físicamente la colmena y tiene propiedades antibacterianas. Suele tener un aspecto amarillento, marrón o claro y es duro al tacto. Algunas impurezas pueden cambiar su color. En el momento de la compra, los clientes deberían poder elegir la procedencia del producto para poder adquirirlo con la menor contaminación posible. (Jiménez, 2024).

2.13.6 Propóleos y sus Propiedades de abejas *A. mellifera*

Las abejas *Apis mellifera* utilizan el propóleo, una sustancia pegajosa, para construir y limpiar las celdas de sus colmenas, así como para sellar grietas y fortalecer las estructuras. Las abejas lo toman de diferentes partes de las plantas, como savia, resinas, secreciones epiteliales glandulares y polen. Desde el punto de vista nutricional, destaca su concentración de

polifenoles. Esto incluye los flavonoides y sus derivados, los flavonoles. La mayor parte de la parte biológicamente activa de este producto está compuesta por estos compuestos químicos secundarios. Se han vendido a través de diversas vías, sobre todo como extractos, y en los últimos años se ha dicho que ofrecen los efectos medicinales más variados.

El propóleo puede tener diferentes propiedades en cuanto a su composición y apariencia dependiendo de su procedencia. Estas diferencias se deben a los distintos tipos de plantas de la región y al lugar donde se recogieron, especialmente a la época del año. En algunas especies, el examen *in vitro* del propóleo ha mostrado características antibacterianas, antifúngicas y antivirales significativos.

También se le atribuyen efectos antiinflamatorios, inmunoestimulantes y antivirales. Debido a esto, se ha utilizado como medicamento en las últimas décadas, y se han elaborado muchas formas diferentes. Puede utilizarse tanto en la medicina tradicional como en la moderna. También en maquillaje.

2.13.7 Jalea Real y su Pureza de abejas *A. mellifera*

La jalea real es una sustancia que producen las abejas obreras para alimentar a las abejas reinas y a las larvas en desarrollo. Libera un material repleto de sustancias químicas bioactivas, lo que lo convierte en un alimento útil para los negocios. La jalea real contiene propiedades antioxidantes y antibacterianas y puede fortalecer el sistema inmunológico. También es un producto apícola que acelera el crecimiento de los insectos. Tiene efectos neurotóxicos e insecticidas, lo que significa que podría ser útil para el control de plagas. Los científicos han propuesto diferentes ideas sobre qué sustancias químicas lo componen, como diferentes azúcares, aminoácidos y ácidos nucleicos.

La cantidad de contaminación de jalea real puede alterar el comportamiento de las abejas y la forma en que descomponen los alimentos. Las abejas que producen la jalea real provienen de colmenas de diferentes edades y han estado expuestas a diversos niveles de contaminantes durante su desarrollo. La evaluación ambiental previa de la zona afecta a la

concentración de metales pesados y, por lo tanto, a la calidad del producto. Añadir una fuente de aminoácidos puede afectar la calidad; la combinación de aminoácidos sintéticos tiene un sabor fuerte y amargo y puede acelerar las fermentaciones de producción más lentas, ya que solo proporciona un soporte mínimo a todas las bacterias. Para producir la proteína correcta, es importante analizar la composición química de la jalea real en la etapa de desarrollo de diferentes especies.

2.13.8 Estudios de Caso de abejas *A. mellifera*

La colmena es un complicado sistema biológico que produce miel, polen, cera, propóleos y jalea real, que las personas utilizan como alimento o materia prima. Debido a esto, muchos apicultores han comenzado a criar abejas tanto en zonas rurales como urbanas. Algunos incluso establecen microcolonias en sus propias tierras para ayudar con el problema de la polinización en los campos cercanos, ya que entre el 50% y el 80% de estos cultivos dependen de los insectos polinizadores. Las abejas pueden verse afectadas por diversos procesos que podrían alterar su comportamiento y perjudicar potencialmente su salud, así como los productos que elaboran como consecuencia de estos cambios.

El traslado forzoso de colmenas es una invitación a la contaminación debido al viaje, que suele comenzar a principios de primavera desde muchos lugares diferentes. Durante este viaje, las colmenas están expuestas a fluctuaciones de temperatura y clima, pero principalmente sus obreras visitan otras fuentes de alimento y, por casualidad, depositan el polen que llevaban de otros lugares desconocidos sobre sus compañeras de nido. Durante este trayecto, las colmenas entran en contacto con fuentes contaminadas como los sustratos utilizados para criar otros insectos, lo que altera su comportamiento; patógenos del suelo que infectan sus crías; microplásticos en el suelo que ingieren los insectos polinizadores; y residuos urbanos que permanecen en contacto con el pavimento, filtrando productos químicos de plásticos tratados y dejando rastros o marcas físicas en el medio ambiente.

Basándose en los resultados de los análisis realizados en las zonas alrededor de las

colmenas, se encontraron concentraciones de metales pesados en muestras de polen crudo procedentes de plantas silvestres que crecían de forma natural en el campo y de plantas recolectadas en ciudades y zonas rurales. Las abejas también pueden obtener polen de los árboles de los parques urbanos y de las flores que embellecen las ciudades. Las cantidades de metales pesados encontradas en muestras de polen encapsulado de colmenas instaladas en diversas regiones urbanas y rurales del sur de Sudamérica fueron una clara señal de que el medio ambiente estaba contaminado en esos lugares.

2.14 Estudio en Zonas Urbanas

La pérdida de biodiversidad causada por la colonización humana se debe principalmente al aumento de la población y al auge del modelo de desarrollo capitalista, impulsado por la explotación y destrucción de ecosistemas y especies. Esto ha llevado al comercio de recursos naturales no renovables, al crecimiento de monocultivos, a la agricultura intensiva y, en última instancia, a muchas actividades que dañan, compiten con o destruyen los hábitats naturales de plantas y animales. Las zonas media y baja de Guadalajara ofrecen muchas posibilidades para la apicultura, ya que reúnen las condiciones adecuadas para el desarrollo de las colmenas. Las plantas de las ciudades generan polen y néctar que son beneficiosos para las abejas. Las colmenas en esta ubicación han crecido mucho. Se detectaron indicios de contaminantes en los productos de las colmenas; sin embargo, la producción de miel aumentó en comparación con las colonias de la región cultivada. La generación de polen en colmenas situadas en parcelas sintéticas y en árboles relacionados con la contaminación es una preocupación significativa para futuros estudios. Es fundamental investigar cómo los productos químicos liposolubles generados por las estructuras de los edificios podrían contaminar la producción de miel.

2.15 Estudio en Zonas Rurales

La pérdida de biodiversidad causada por la colonización humana se debe principalmente al aumento de la población y al auge del modelo de desarrollo capitalista,

impulsado por la explotación y destrucción de ecosistemas y especies. Esto ha llevado al comercio de recursos naturales no renovables, al crecimiento de monocultivos, a la agricultura intensiva y, en última instancia, a muchas actividades que dañan, compiten con o destruyen los hábitats naturales de plantas y animales. Las zonas media y baja de Guadalajara ofrecen muchas posibilidades para la apicultura, ya que reúnen las condiciones adecuadas para el desarrollo de las colmenas. Las plantas de las ciudades generan polen y néctar que son beneficiosos para las abejas. Las colmenas en esta ubicación han crecido mucho. Se detectaron indicios de contaminantes en los productos de las colmenas; sin embargo, la producción de miel aumentó en comparación con las colonias de la región cultivada. La generación de polen en colmenas situadas en parcelas sintéticas y en árboles relacionados con la contaminación es una preocupación significativa para futuros estudios. Es fundamental investigar cómo los productos químicos liposolubles generados por las estructuras de los edificios podrían contaminar la producción de miel.

2.16 Comparación entre Diferentes Regiones

Ahora es necesario investigar los efectos de la contaminación biológica y no biológica en la salud humana y animal. Hablamos de numerosas formulaciones que abordaban este problema y que se realizaron en diferentes lugares de nuestro estudio. Las principales áreas examinadas incluyen la provincia de Santa Fe en Argentina; los estados de Alagoas, Santa Catarina y São Paulo en Brasil; Almería en España; Mendoza en Argentina; Pontevedra y Valencia en España; y Sturcevan en Ucrania.

Esta investigación ilustra que los diversos lugares examinados muestran características identificadas como contaminantes otitogénicos presentes en bienes e insumos de las áreas estudiadas. La Facultad de Ciencias Agrarias, en su Granja Experimental Profesora Susi, ubicada en Rafaela, provincia de Santa Fe, ha establecido dos ensayos: uno en la zona de mayor productividad económica y otro en Moreno, distantes entre sí 1300 m. Los estudios muestran que las ubicaciones se encuentran a 65 km del río Salado, afluente del río Paraná. Se considera

que este complejo fluvial es una de las principales vías de transporte de diferentes contaminantes debido a las múltiples maneras en que estos afluentes continentales desembocan en el mar. También es importante mencionar que la región entre el río Aguario y el río Salado fue la que sufrió mayor presión agrícola, debido a su proximidad.

Otro informe indica que la zona más contaminada de Alagoas, Brasil, ha empeorado aún más debido al uso por parte de los agricultores de productos fitosanitarios de larga duración para controlar la bronquitis infecciosa y la influenza aviar, las malas hierbas, las plagas y la resistencia del sistema a estos productos. La presión antropogénica derivada de estos productos ha aumentado debido a su uso continuado y a su impacto duradero en los animales. También encaja con los problemas que se analizaron debido a su ubicación. Además, las aminas se publican sin mencionar en absoluto a los animales que fueron tratados con crueldad.

2.17 Métodos de Mitigación

Para disminuir los impactos negativos de la actividad humana en el ecosistema y en la salud de los productos alimenticios derivados de las colmenas, se necesitan iniciativas a diferentes niveles. En primer lugar, la industria apícola debe utilizar métodos de gestión sostenible, como el control biológico para eliminar plagas y enfermedades en lugar de productos químicos. Además, los prados comestibles deben estar compuestos por plantas ricas en nutrientes y/o con buen aroma, y que posean propiedades medicinales y/o antipatógenas. Esto mejorará la salud de las colmenas y la calidad de los productos que producen. También se deberían añadir plantas locales para aumentar la biodiversidad y crear refugios que mejoren el control de los cultivos. Por otro lado, a nivel ambiental, la gestión de las zonas verdes y naturales es importante para la salud a largo plazo de los recursos naturales. Esto incluye la integración del bienestar social, la sostenibilidad ambiental y la viabilidad económica; la gestión adecuada de los residuos; la identificación de la biodiversidad y la creación de prados para polinizadores; el control del uso de productos agroquímicos y el control de emergencias, con preferencia por productos no peligrosos en función de su seguridad; la reducción de las

zonas vacías y pavimentadas sustituyéndolas por superficies verdes y permeables, creando cobertura vegetal y plantando especies representativas del ecosistema en lugar de construir en cada sector; y la prevención de la erosión mediante la protección de los recursos hídricos, el desarrollo de infraestructuras respetuosas con el medio ambiente y la gestión de las zonas frágiles.

2.17.1 Prácticas de Apicultura Sostenible

La apicultura sostenible es una alternativa a la apicultura tradicional. El término se refiere a la necesidad de involucrar a toda la comunidad en las prácticas de apicultura comercial, desde la elección del apiario (que debe estar en una zona no contaminada) hasta la cosecha. Esto incluye todas las buenas prácticas agrícolas y ambientales, el uso de insumos y los riesgos que pueden afectar al producto en términos de seguridad de la miel y los subproductos, la preservación de sus cualidades organolépticas, la sostenibilidad de su atractivo turístico y valor estético a lo largo del tiempo, y la estricta protección de toda la biodiversidad posible como resultado.

Las prácticas apícolas sostenibles están estrechamente ligadas a la producción de miel, basada principalmente en recursos florales naturales como la cría de zánganos o las reinas producidas mediante sistemas de trasplante, entre muchos otros; la implementación de un sistema apícola sostenible variará en función de las condiciones ambientales de la región de estudio, las especies florales, sus materiales biológicos, la población total de parásitos y, fundamentalmente, la diversidad genética de las propias colmenas. Las prácticas de explotación tradicionales presentan muchos problemas. Depende de la zona, de la rentabilidad de la actividad para el apicultor y de cómo éste maneja la colmena. Por ejemplo, pueden preferir suprimir la cosecha de miel y el consumo familiar de miel y sus derivados, o incluso romper los panales que no se utilizan porque fueron hechos para ese propósito.

2.18 Políticas Ambientales

Los cambios climáticos que observamos hoy en día tendrán sin duda un gran impacto

en las personas, ya que afectarán a muchos indicadores de salud planetaria, como la agricultura (en general), la biodiversidad (flora y fauna), la salud humana (cáncer, enfermedades respiratorias y cardiovasculares, y problemas de salud mental) y la economía mundial. ¿Qué depara el futuro a nuestro mundo y cómo abordaremos los problemas ambientales? Para ayudar al planeta y, en particular, para reducir los factores que dañan el medio ambiente, todos debemos ser más conscientes y sensibles con el entorno. Para lograr este objetivo, todos deben comprender la importancia de una educación pública, complementaria y sostenible que enseñe a las personas a ser buenos ambientalistas en un mundo cada vez más globalizado.

La forma más rápida de lograrlo es integrarlo en una cultura de espacios recreativos que les ayude a realizar su trabajo y, al mismo tiempo, a aprender sobre las múltiples áreas de la vida diaria. Por otro lado, las leyes ambientales basadas en la ciencia y el impulso del gobierno provincial hacia medidas de eficiencia energética hacen que la comunidad sea más sostenible al fomentar el uso responsable de la energía y reducir el daño al medio ambiente. Se dice que, para encontrar soluciones en un orden lógico de eficiencia, salud y especies ambientales, el enfoque debe estar en detener el consumo de energía en lugar de lidiar con los residuos que genera.

Y, lo que es más importante, ¿quién se beneficia de esta tragedia mundial que apunta a un futuro lleno de problemas? Eso es correcto, particularmente las "mafias". Por eso nos preocupa el comercio de la perfección, la reparación de la basura, los residuos y los gastos de retoque que tanto daño hacen a cosas preciosas en todo el mundo. Una mafia corporativa que está corrompiendo la política y los medios de comunicación. Da miedo que estén peleándose entre ellos, creyendo que están solucionando una "destrucción de la salud social" que ellos mismos provocan a diario al quejarse de la salud de supuestas plantas y animales y, ahora más que nunca, de personas sin ningún tipo de distinción.

2.19 Educación y Concienciación

A medida que aumentan los peligros para las colonias de abejas y los apicultores,

enseñar a la gente cómo la contaminación afecta a la salud de las abejas es un buen primer paso para encontrar soluciones. Las personas preocupadas por el medio ambiente pueden ayudar pidiendo a las tiendas que vendan abejas en las secciones de frutas y verduras y ofreciendo incentivos a los agricultores para que mantengan sus granjas amigables con las abejas. Enseñar a la gente sobre el bienestar de las abejas, la ecología apícola y las técnicas de apicultura sostenible puede ayudar al creciente número de apicultores en todo el mundo que están confundidos sobre la salud de las colonias y los mercados de la miel. Las políticas pueden ayudar a garantizar que el público reciba señales claras y que esta información esté disponible para todos.

Las iniciativas educativas que involucran a la gente conectan la salud de las abejas con el medio ambiente y cambian las actitudes y acciones de las personas de manera positiva en lo que respecta al uso de productos respetuosos con las abejas en la agricultura. Informar a la gente sobre la importancia de las abejas y cómo sus necesidades están ligadas a su entorno puede motivarlas a actuar. Las partes interesadas pueden colaborar con instituciones de investigación para proporcionar estudios precisos, documentos de políticas y recomendaciones para mitigar la exposición a la contaminación por agroquímicos. La colaboración entre apicultores y otras partes interesadas proporciona un vínculo crucial y un sistema de apoyo para garantizar que se tomen medidas políticas y que la recuperación se produzca más rápidamente.

III MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

3.1.1 *Enfoque*

Cuantitativo.

3.1.2 *Alcance*

Por qué determinar la fuerza y la dirección de la relación entre los niveles de contaminación en el medio ambiente y la salud de *A. mellifera*, así como la calidad de los productos de la colmena.

3.1.3 *Diseño*

Correlacional por que determinar el grado de asociación o covariación entre las variables mediante coeficientes de correlación.

3.1.4 *Unidad de análisis*

Apicultor/apiario.

3.2 Población y muestra

3.2.1 *Población*

Para este estudio, se incluyeron todos los apicultores que tienen colmenares activos en los distritos de Huancavelica, Yauli, Acoria, Mariscal Cáceres, Izcuchaca, Moya y Vilca, todos ubicados en la provincia de Huancavelica. Como no se conoce el número exacto de apicultores ni una lista completa de ellos, se consideró una "población infinita" para calcular el tamaño de la muestra necesaria.

3.2.2 Muestra

Cálculo del tamaño muestral (población infinita, para proporciones)

Fórmula:

$$n = (Z^2 \cdot p \cdot q) / e^2$$

donde:

Z: valor z para el nivel de confianza (1.96 para 95%)

p: proporción esperada (0.5, máxima variabilidad)

q: 1 – p (0.5)

e: error máximo admisible 0.07

n = 196 apicultores/apiarios (95% de confianza, error 7%), por equilibrio entre precisión y viabilidad en un contexto rural disperso.

3.3 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMES	
V1: Contaminación ambiental	Contaminación del Aire	Concentración de material particulado	[1] [2]	
		Presencia de gases tóxicos (SO ₂ , NO ₂ , CO)	[3] [4]	
		Emisiones de metales pesados		
		Proximidad a fuentes de emisión vehicular		
	Contaminación del Suelo	Presencia de metales pesados (plomo, mercurio, cadmio)		
		Residuos de pesticidas y herbicidas	[5] [6]	
		Contaminación por desechos sólidos	[7] [8]	
		pH y alteraciones químicas del suelo		
		Contaminación del Agua	Calidad del agua de fuentes cercanas	[9] [10] [11]
			Presencia de contaminantes químicos	[12]
Nivel de turbidez y sólidos suspendidos				

		Contaminación microbiológica	
V2: Salud y calidad de productos de la colmena	Salud de las Abejas	Mortalidad de abejas	
		Comportamiento de pecoreo	[13] [14]
	Calidad de la Miel	Desarrollo de la colonia	[15] [16]
		Presencia de enfermedades	
Calidad de otros Productos	Calidad de la Miel	Propiedades organolépticas	
		Contenido de metales pesados	[17] [18]
	Calidad de otros Productos	Residuos de contaminantes	[19]
		Propiedades antibacterianas	[20]
Calidad de otros Productos	Calidad de otros Productos	Pureza del polen	[21] [22]
		Calidad de la cera	[23]
	Productos	Propiedades del propóleo	[24]
		Calidad de la jalea real	

3.4 Instrumentos

3.4.1 Cuestionario Likert para apicultores (24 ítems)

Objetivo: evaluar la percepción de la contaminación ambiental en las proximidades del colmenar y su correlación con la salud de las colonias y la calidad del producto.

Personas en Huancavelica que crían abejas en colmenas activas.

Escala de respuesta (5 puntos):

1 = Totalmente en desacuerdo

2 = En desacuerdo

3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo

4 = De acuerdo

5 = Totalmente de acuerdo.

3.4.2 Instrucción:

Responda pensando en su apiario principal durante los últimos 12 meses.

Dimensión A. Contaminación ambiental percibida (ítems 1–8)

Dimensión B. Salud de la colonia (ítems 9–16)

Dimensión C. Calidad de productos de la colmena (ítems 17–24).

3.4.3 Puntuación e interpretación

Puntaje por dimensión: promedio de ítems en cada dimensión (A, B, C).

Dirección: valores más altos en A indican mayor contaminación percibida; en B, peor salud; en C, peor calidad. El ítem 24 debe invertirse antes del cálculo (1↔5, 2↔4, 3=3).

Índices compuestos: opcionalmente, calcule un índice global de contaminación (A) y contrastes bivariados con B y C mediante correlaciones.

Instrumentos complementarios (para robustecer el carácter correlacional)

3.4.4 Validez del instrumento

Se reunió a tres especialistas en metodología de investigación para utilizar un cuestionario de validación y comprobar la validez de contenido del instrumento. Los tres expertos evaluaron los instrumentos como "Muy Aceptables" para medir las variables en una escala de "Débil", "Muy Débil", "Aceptable" y "Muy Aceptable".

3.4.5 Fiabilidad del instrumento

El estudio de fiabilidad utilizó el alfa de Cronbach, un instrumento estadístico empleado con frecuencia para evaluar la consistencia interna de un conjunto de componentes o ítems en una escala de medición. El alfa de Cronbach es un número que puede estar entre 0 y 1. Cuanto más cercano a 1 sea el valor, más fiable o consistente será la escala.

Tabla 2

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,911	,917	24

Nota. El instrumento es fiable para la investigación y las evaluaciones, ya que tiene un alfa de 0,911. Es menos probable que los resultados de este examen se vean afectados por errores aleatorios. Esto indica que, si la misma prueba se administrara en diferentes momentos o a diferentes grupos, los resultados serían comparables.

3.5 Procedimientos

3.5.1 Prueba de normalidad

Para esta tesis, fue muy importante utilizar la prueba de Kolmogorov-Smirnov, ya que garantizaba la corrección de los datos y las conclusiones extraídas de la evaluación de la hipótesis planteada. Debido a que había más de 50 observaciones en la población, esta prueba no paramétrica ofreció una imagen más precisa de la distribución de los datos, lo que permitió utilizar los métodos estadísticos adecuados para el análisis. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

3.5.2 Planteamiento de la hipótesis

Ho: Los datos presentan una distribución normal.

Ha: Los datos presentan una distribución no normal.

Si $p_valor > 0,05$ se aceptada la hipótesis nula

Si $p_valor < 0,05$ se aceptada la hipótesis alternativa

Tabla 3

Prueba de Normalidad Kolmogorov-Smirnov^a

	Estadístico	gl	Sig.
V1_CA	0.112	196	0.000
V2_SYC	0.108	196	0.000
V2_D1	0.155	196	0.000
V2_D2	0.254	196	0.000
V2_D3	0.228	196	0.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. La Tabla 3 muestra que las variables tienen un valor significativo (p-valor) inferior a 0,05.

Esto significa que la hipótesis alternativa (Ha) es cierta y que la distribución de datos no es homogénea y es no paramétrica. Por lo tanto, la prueba de hipótesis utilizará el estadístico rho de Spearman. La Tabla 3 muestra que las variables tienen un valor significativo (p-valor) inferior a 0,05. Esto significa que se acepta la hipótesis alternativa (Ha) y que la distribución de datos no es homogénea y es no paramétrica. En consecuencia, se utilizará el coeficiente rho de Spearman para realizar la prueba de hipótesis.

Analizamos las estadísticas fundamentales de cada variable, como la media, la varianza, la desviación y el error estándar, para comprender mejor sus características. Después, se calculó el promedio de las dimensiones utilizando las indicaciones establecidas para cada elemento. Utilizamos el coeficiente de correlación de Spearman (ρ) para determinar si las dimensiones tenían un gran efecto sobre las variables. Finalmente, los datos se analizaron en función del nivel de significancia, y las preguntas de la escala de Likert se incluyeron en el análisis.

3.6 Análisis de datos

Los datos recopilados se estructuraron en una hoja de cálculo electrónica y luego se importaron a una aplicación de software estadístico para su procesamiento y análisis. Se realizaron análisis tanto descriptivos como inferenciales del material. El análisis descriptivo tuvo como objetivo dilucidar las propiedades y las múltiples facetas de las variables. Para ello, se utilizaron tablas de frecuencias, porcentajes y gráficos para proporcionar una visión general de la distribución y las características principales de los datos. Este sencillo análisis descriptivo preparó el terreno para el siguiente paso, que fue el análisis inferencial.

3.7 Consideraciones éticas

3.7.1 *Consentimiento informado.*

Antes de realizar cualquier acción o tomar muestras en los apiarios de apicultores y propietarios de colmenas, se les pedirá permiso. Habrá mucha información sobre los objetivos, las ventajas, los pasos y los posibles usos de los hallazgos.

3.7.2 *Confidencialidad*

Mantendremos en secreto absoluto la información proporcionada por los apicultores y los datos que obtengamos. Esto protegerá la identidad y la privacidad de los participantes y de sus colmenares.

3.7.3 *Bienestar animal*

Se realizarán actividades de muestreo y diagnóstico sanitario de las abejas siguiendo prácticas que minimicen las lesiones o el estrés en los organismos. Intentaremos no interferir en los procesos naturales de las colmenas ni poner sus vidas en peligro.

3.7.4 *Cuidado ambiental*

La recolección de muestras no producirá contaminación ni cambios importantes en el ecosistema. Toda la basura se desechará siguiendo las normas medioambientales.

3.7.5 *Uso responsable de datos*

Los resultados se compartirán respetando la veracidad de los datos y se asegurarán de que no se utilicen para perjudicar o discriminar a los apicultores o a las comunidades afectadas.

IV RESULTADOS

4.1 Análisis descriptivo de la variable contaminación ambiental

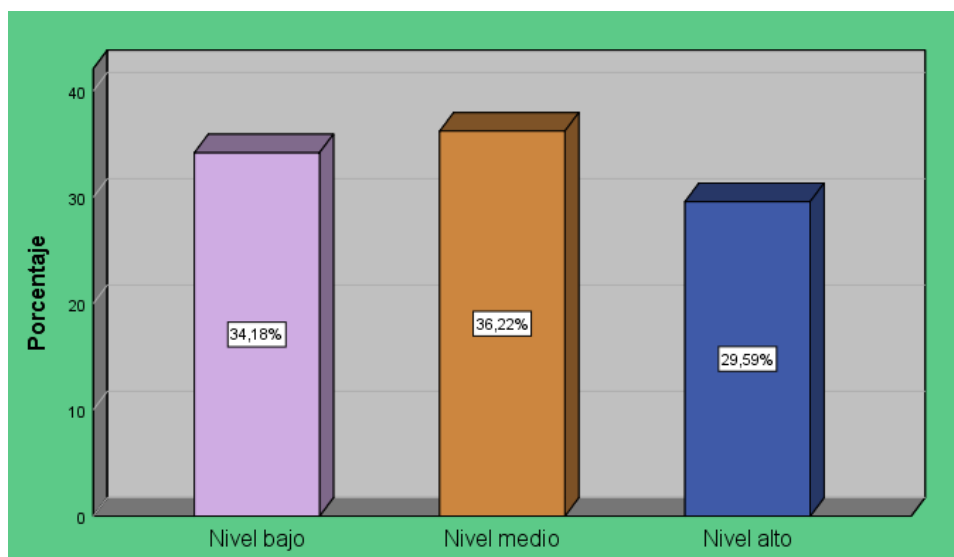
Tabla 4

Frecuencia de la variable contaminación ambiental

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nivel bajo	67	34.2	34.2	34.2
	Nivel medio	71	36.2	36.2	70.4
	Nivel alto	58	29.6	29.6	100.0
	Total	196	100.0	100.0	

Figura 5

Porcentaje de frecuencias de la variable contaminación ambiental



La Tabla 4 y la Figura 5 muestran la distribución de los apicultores en Huancavelica según su percepción de la contaminación del aire, la tierra y el agua. No hubo datos faltantes; por lo tanto, el porcentaje y el porcentaje válido son iguales y equivalen al 100 %. El 34,2% piensa que es bajo, el 36,2% que es medio y el 29,6% que es alto. El porcentaje acumulado muestra que la mediana se encuentra en el rango medio (70,4% cuando alcanza este nivel), lo que significa que la distribución está bien equilibrada, con una pequeña mayoría de juicios intermedios. En términos sustanciales, casi dos tercios de los apicultores (65,8%) reportan al menos una contaminación moderada (media o alta), y casi tres décimas reportan un nivel alto,

lo que indica la presencia de áreas o condiciones locales con mayor exposición. Estos hallazgos muestran suficiente variabilidad para realizar análisis correlacionales más profundos sobre la salud de las abejas y la calidad del producto; no obstante, es esencial reconocer que representan percepciones y deben entenderse junto con medidas objetivas del medio ambiente y los productos apícolas.

4.2 Análisis descriptivo de la variable salud y calidad de productos de la colmena

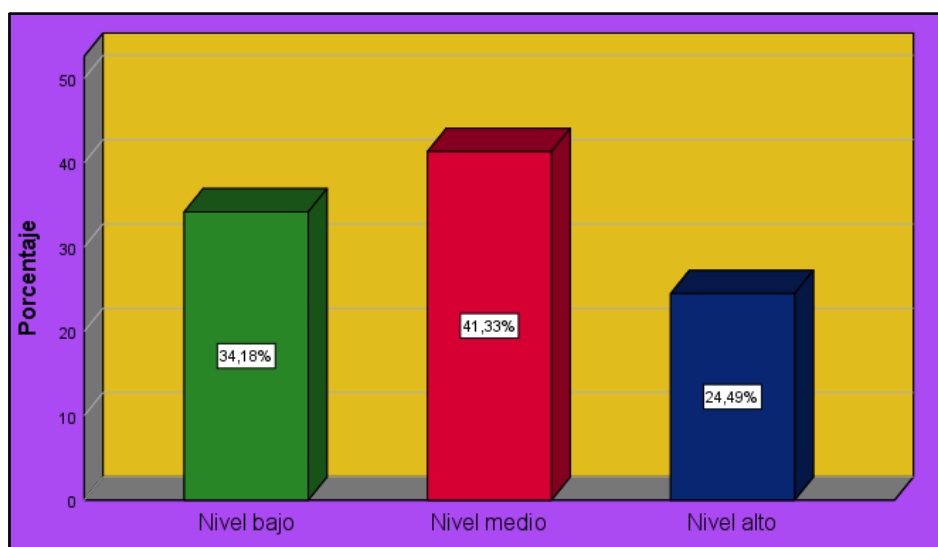
Tabla 5

Frecuencias de la variable salud y calidad de productos de la colmena

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nivel bajo	67	34.2	34.2	34.2
	Nivel medio	81	41.3	41.3	75.5
	Nivel alto	48	24.5	24.5	100.0
	Total	196	100.0	100.0	

Figura 6

Porcentaje de Frecuencias de la variable salud y calidad de productos de la colmena



La Tabla 5 y la Figura 6 muestran la distribución de los apicultores en función de una medida compuesta de la salud de las colonias y la calidad de los productos de la colmena, dividida en niveles bajo, medio y alto. No hubo datos faltantes, por lo que el porcentaje y el porcentaje válido son iguales y suman 100%. Los resultados revelan que el 34,2% se encuentra en el nivel bajo, el 41,3% en el nivel medio (el nivel más común) y el 24,5% en el nivel alto.

El porcentaje acumulado es del 34,2% en el nivel bajo, del 75,5% en el nivel medio y del 100% en el nivel alto. Esto significa que la mediana se encuentra en el nivel medio. En términos sustantivos, el 65,8% de los apicultores se concentran en los niveles medio o alto del índice; si este índice está orientado hacia el “deterioro” (valores altos = peor salud/calidad), esto sugiere que aproximadamente dos de cada tres reportan al menos un deterioro moderado y uno de cada cuatro reporta un deterioro alto; si, por el contrario, el índice representa un rendimiento positivo (valores altos = mejor salud/calidad), indicaría que dos de cada tres tienen al menos condiciones aceptables y uno de cada cuatro tiene condiciones óptimas. La distribución presenta suficiente variabilidad para facilitar el análisis de las relaciones con la contaminación ambiental; se recomienda, en la medida de lo posible, desagregar los componentes de salud y calidad para una interpretación más precisa.

4.2.1 *Análisis descriptivo de la dimensión salud de las abejas*

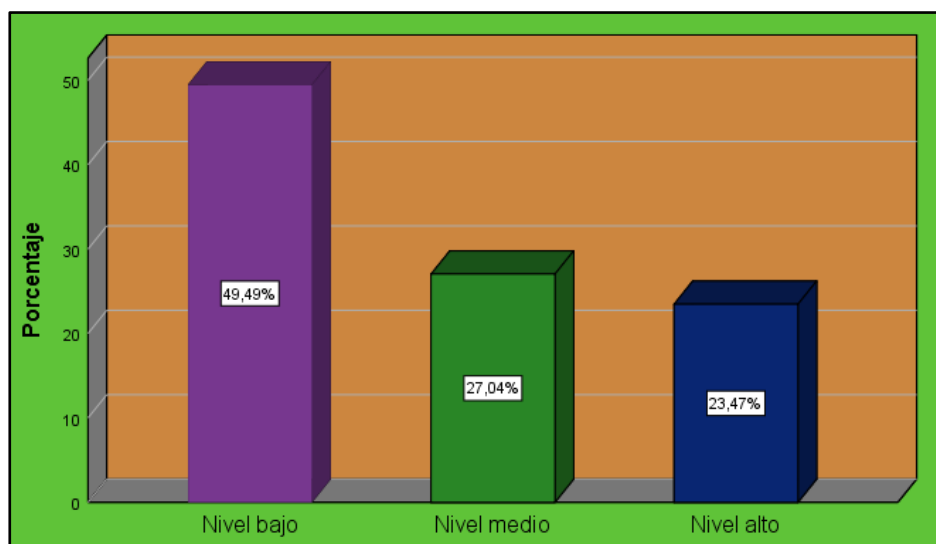
Tabla 6

Frecuencias de la dimensión salud de las abejas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nivel bajo	67	34.2	34.2	34.2
	Nivel medio	81	41.3	41.3	75.5
	Nivel alto	48	24.5	24.5	100.0
	Total	196	100.0	100.0	

Figura 7

Porcentaje de las Frecuencias de la dimensión salud de las abejas



La tabla 6 y la figura 7 muestran la distribución de los apicultores en función del estado de salud de sus abejas. No hubo datos faltantes, por lo tanto, el porcentaje y el porcentaje válido son los mismos. El 34,2% afirma que su salud es mala, el 41,3% que es regular y el 24,5% que es buena. En el nivel bajo, el porcentaje acumulado es del 34,2%, y en el nivel medio, del 75,5%; por lo tanto, la mediana se encuentra en el nivel medio. Si "bajo/medio/alto" se refiere a la salud de menor a mayor nivel, los resultados muestran que casi tres de cada cuatro apiarios (75,5%) no alcanzan un nivel de salud alto, y solo uno de cada cuatro tiene una salud alta. Esto significa que, en la mayoría de los casos, los apiarios se encuentran en un estado intermedio, con un gran número de ellos en condiciones de baja salud. Esto proporciona suficiente variación para analizar su relación con la contaminación y otros factores ambientales y de gestión.

4.2.2 *Análisis descriptivo de la dimensión calidad de la miel de abejas*

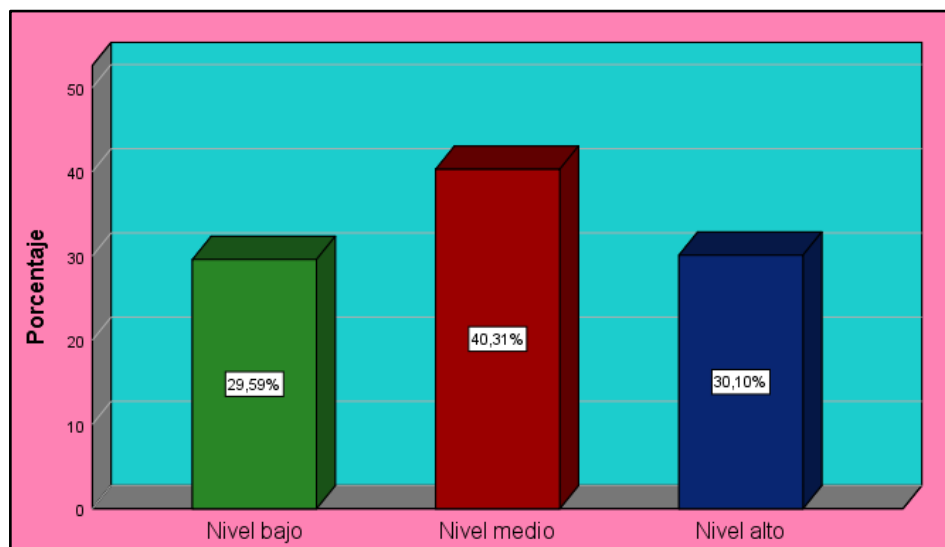
Tabla 7

Frecuencias de la dimensión calidad de la miel de abejas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nivel bajo	58	29.6	29.6	29.6
	Nivel medio	79	40.3	40.3	69.9
	Nivel alto	59	30.1	30.1	100.0
	Total	196	100.0	100.0	

Figura 8

Porcentaje Frecuencias de la dimensión calidad de la miel de abejas



La Tabla 7 y la Figura 8 muestran la distribución de los apicultores en función de la calidad de su miel. No hubo datos faltantes, por lo tanto, el porcentaje y el porcentaje válido son los mismos. La calidad más común es "media", con un 40,3%, seguida de "alta" con un 30,1% y "baja" con un 29,6%. Si se incluye la categoría media, la proporción total es del 69,9%, lo que significa que la mediana se encuentra en el nivel medio. En cuanto a la calidad, siete de cada diez apicultores afirman que su miel es de calidad media o superior (media o alta), mientras que solo tres de cada diez dicen que sus productos son de alta calidad. Casi tres de cada diez afirman que sus miel son de mala calidad. La distribución es bastante uniforme entre baja y alta, con una ligera ventaja para el alta. Esto sugiere que la calidad es mayoritariamente intermedia, pero hay margen de mejora para aumentar la cantidad de miel de alta calidad. La variabilidad también es lo suficientemente alta como para analizar su relación con factores como la contaminación, las prácticas de apicultura y la floración.

4.2.3 Análisis descriptivo de la dimensión calidad de subproductos de la colmena (polen , propóleo, Jalea real, etc.)

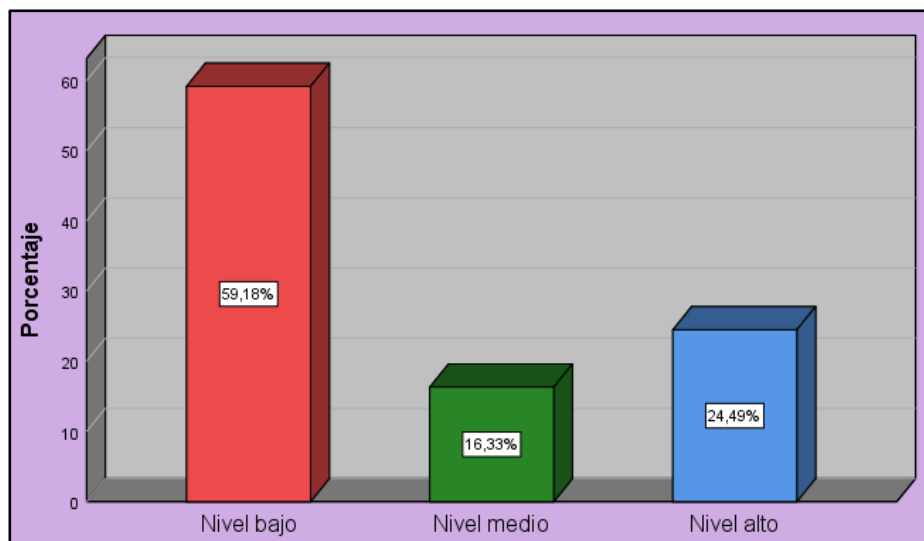
Tabla 8

Frecuencias de la dimensión calidad de subproductos de la colmena (polen, propóleo, Jalea real, etc.)

				Porcentaje	Porcentaje
		Frecuencia	Porcentaje	válido	acumulado
Válido	Nivel bajo	116	59.2	59.2	59.2
	Nivel medio	32	16.3	16.3	75.5
	Nivel alto	48	24.5	24.5	100.0
	Total	196	100.0	100.0	

Figura 9

Porcentaje de Frecuencias de la dimensión calidad de subproductos de la colmena (polen, propóleo, Jalea real, etc.)



No hay datos faltantes en la Tabla 8 y la Figura 9, por lo que el porcentaje y el porcentaje válido son iguales. Esto muestra la distribución de apicultores según el nivel de calidad de los subproductos de la colmena (polen, propóleo, jalea real, etc.). El nivel bajo es definitivamente el más común, con un 59,2% del total, seguido del nivel alto con un 24,5% y el nivel medio con un 16,3%. La proporción acumulada para el nivel bajo es del 59,2%, por lo tanto, la mediana se encuentra en el "nivel bajo". En términos sustanciales, más de seis de cada diez apicultores afirman que sus subproductos son de mala calidad, solo uno de cada cuatro dice que son de buena calidad, y poco más de uno de cada seis afirma que son de calidad media. Esto demuestra que los resultados son mayoritariamente malos y que hay un gran potencial de mejora. Este patrón indica problemas generalizados en los factores que afectan la calidad (condiciones ambientales, exposición a contaminantes, manipulación y cosecha, almacenamiento), y ofrece suficiente variabilidad para examinar su correlación con la contaminación ambiental y las prácticas de gestión; además, sería beneficioso categorizar por tipo de subproducto para determinar cuáles impactan significativamente en las bajas calificaciones e informar sobre intervenciones específicas.

4.3 Contrastación de las hipótesis

4.3.1 Hipótesis general

Ho= No existe una relación significativa entre los niveles de contaminación ambiental y la salud de las colonias de *Apis mellifera*, así como entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad/inocuidad de los productos de la colmena en Huancavelica.

Ha= Existe una relación significativa entre los niveles de contaminación ambiental y la salud de las colonias de *Apis mellifera*, así como entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad/inocuidad de los productos de la colmena en Huancavelica.

4.3.1.1 Toma de decisión

Si la significancia ≥ 0.05 se acepta la hipótesis nula (Ho)

Si la significancia < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho)

Tabla 9

Rho de spearman sobre la correlación de las variables V1 Y V2

		Niveles de contaminación ambiental	salud y calidad de productos de la colmena
Rho de Spearman	Niveles de contaminación ambiental	1.000	,965**
		Sig. (bilateral)	0.000
		N	196
	salud y calidad de productos de la colmena	,965**	1.000
		Sig. (bilateral)	0.000
		N	196

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Para probar la hipótesis general, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (ρ), adecuado para calificaciones en escala Likert. La Tabla 9 demuestra una correlación positiva muy fuerte entre los niveles de contaminación ambiental y el índice de salud y calidad de los productos de la colmena ($\rho = 0,965$; $n = 196$; $p < 0,001$, bilateral), significativa al nivel

del 1%. Creen que valores más altos implican más contaminación y peor salud/calidad, por lo que piensan que una mayor contaminación está relacionada con una peor salud de las abejas y una peor calidad e inocuidad del producto. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis de investigación (H_a): existe una relación directa, monótonica y estadísticamente significativa entre las variables, con un tamaño del efecto que se aproxima a la perfección (alrededor de $\rho^2 = 0,93$ en términos de ordenación por rangos). Debido a que el coeficiente es tan alto, es mejor comprobar que los índices no contengan elementos o fuentes de medición duplicados. También es fundamental confirmar la conclusión utilizando indicadores objetivos (residuos en la miel, el polen y la cera, así como propiedades fisicoquímicas) para asegurarse de que el enfoque no esté sesgado.

4.3.2 *Hipótesis específicas 1*

H_0 =No existe una relación significativa entre los niveles de contaminación ambiental y la salud de las abejas *Apis mellifera* en Huancavelica.

H_a =Existe una relación significativa entre los niveles de contaminación ambiental y la salud de las abejas *Apis mellifera* en Huancavelica.

4.3.2.1 **Toma de decisión**

Si la significancia ≥ 0.05 se acepta la hipótesis nula (H_0)

Si la significancia < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (H_0)

Tabla 10*Rho de spearman sobre la correlación de las variables V1 Y V2D1*

	Niveles de contaminación ambiental		Niveles de contaminación ambiental	Salud de las abejas
Rho de Spearman	Niveles de contaminación ambiental	Coefficiente de correlación	1.000	,672**
		Sig. (bilateral)		0.000
		N	196	196
	salud de las abejas	Coefficiente de correlación	,672**	1.000
		Sig. (bilateral)	0.000	
		N	196	196

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La hipótesis sobre la correlación entre la contaminación ambiental y la salud de las abejas, como se muestra en la Tabla 10, se evaluó utilizando el coeficiente de Spearman, adecuado para puntuaciones en escala Likert: $\rho = 0,672$ ($p < 0,001$ bilateral, $n = 196$), significativo al nivel del 1%. Esto muestra una fuerte relación monótonica: a medida que aumentan los niveles de contaminación, también lo hacen las puntuaciones del índice de salud. Si el índice de "salud de las abejas" se clasifica como deterioro (valores más altos = peor salud), el resultado apoya la hipótesis del estudio: una mayor contaminación está relacionada con una peor salud de las abejas. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula H_0 . El tamaño del efecto es considerable, lo que indica que la clasificación de los apiarios por contaminación se alinea sustancialmente con su clasificación por deterioro de la salud; sin embargo, es prudente interpretar el signo del coeficiente de acuerdo con la codificación empleada y, para mejorar la inferencia, examinar los análisis ajustados por covariables (por ejemplo, la altitud y la gestión).

4.3.3 Hipótesis específica 2

H₀= No existe una relación significativa entre los niveles de contaminación ambiental en la calidad de la miel de *A. mellifera* en Huancavelica

H_a= Existe una relación significativa entre los niveles de contaminación ambiental en la calidad de la miel de *A. mellifera* en Huancavelica.

4.3.3.1 Toma de decisión

- Si la significancia ≥ 0.05 se acepta la hipótesis nula (H₀)
- Si la significancia < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (H₀)

Tabla 11

Rho de spearman sobre la correlación de las variables V1 Y V2D2

		Niveles de contaminación ambiental	Calidad de la miel de abejas
Rho de Spearman	Niveles de contaminación ambiental	Coefficiente de correlación	1.000
		Sig. (bilateral)	,800**
		N	0.000
			196
	Calidad de la miel de abejas	Coefficiente de correlación	,800**
		Sig. (bilateral)	1.000
		N	0.000
			196

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La tabla 11 muestra que la hipótesis de que la calidad de la miel está relacionada con los niveles de contaminación ambiental se evaluó utilizando el coeficiente de Spearman. El resultado fue $\rho = 0,800$ ($n = 196$; $p < 0,001$, bilateral), lo cual es significativo al nivel del 1%. Esto sugiere una relación monotónica muy fuerte entre las dos variables. Si el índice de "calidad de la miel" se codifica como deterioro (valores más altos = peor calidad), el signo positivo significa que una mayor contaminación ambiental está relacionada con una peor calidad de la miel. Esto significa que la hipótesis nula de que no existe relación ($\rho = 0$) no es cierta, y la hipótesis de investigación es verdadera. El tamaño del efecto es sustancial (la correlación entre

la contaminación del colmenar y la clasificación de calidad es aproximadamente $\rho^2 = 0,64$), lo que indica que la contaminación es un factor significativo correlacionado con el deterioro de la calidad; sin embargo, es prudente verificar la codificación del índice y, para mejorar la inferencia, incorporar análisis ajustados por covariables como la altitud, las prácticas de manejo y la proximidad a fuentes de contaminación.

4.3.4 hipótesis específica 3

H₀= No existe una relación entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad de productos como polen, Jalea, propóleo, etc. de las abejas *A. mellifera* en Huancavelica.

H_a=Existe una relación entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad de productos como polen, Jalea, propóleo, etc. de las abejas *A. mellifera* en Huancavelica.

4.3.4.1 Toma de decisión

- Si la significancia ≥ 0.05 se acepta la hipótesis nula (H₀)
- Si la significancia < 0.05 se rechaza la hipótesis nula (H₀).

Tabla 12

Rho de spearman sobre la correlación de las variables V1 Y V2D3

			Niveles de contaminación ambiental	Calidad de subproductos (polen, propóleo, etc.)
Rho de Spearman	Niveles de contaminación ambiental	Coefficiente de correlación	1.000	,839**
		Sig. (bilateral)		0.000
		N	196	196
	Calidad de subproductos (polen, propóleo, etc.)	Coefficiente de correlación	,839**	1.000
		Sig. (bilateral)	0.000	
		N	196	196

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La Tabla 12 muestra la prueba de hipótesis que examina la relación entre los niveles de

contaminación ambiental y la calidad de los subproductos de la colmena, utilizando el coeficiente de Spearman, que es adecuado para la puntuación en escala Likert. El resultado arrojó $\rho = 0,839$ con $n = 196$ y $p < 0,001$ (bilateral), alcanzando significancia al nivel del 1%, lo que demuestra una correlación monotónica robusta. Si el índice de "calidad de los subproductos" se basa en la idea de que valores más altos significan menor calidad, el signo positivo indica que una mayor contaminación está relacionada con una menor calidad del polen, el propóleo y otros subproductos. Esto significa que la hipótesis nula ($\rho = 0$) no es cierta, y la hipótesis de investigación de una relación directa y significativa es verdadera. El tamaño del efecto es sustancial (la correlación de rangos entre las dos variables es significativamente alta; $\rho^2 \approx 0,70$), lo que indica que la contaminación es un factor estrechamente relacionado con el deterioro de la calidad. No obstante, es prudente verificar la codificación del índice y mejorar la inferencia mediante análisis ajustados por covariables (altitud, prácticas de gestión, proximidad a fuentes de contaminación) y mediante evaluaciones objetivas de la calidad y los residuos en los subproductos.

V DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Nuestros resultados demuestran una tendencia similar: el aumento de la contaminación ambiental se correlaciona con el deterioro de la salud de *A mellifera* y una disminución de la calidad e inocuidad de la miel y sus subproductos, mostrando relaciones significativas a muy fuertes. Este resultado concuerda con la tesis principal de Bargańska et al. (2016) que postula que las abejas y los productos de la colmena sirven como bioindicadores eficientes de la contaminación por metales pesados y plaguicidas. La correlación global observada ($\rho = 0,965$) indica que el gradiente ambiental representado por nuestro índice de contaminación se refleja casi por completo en el estado de salud de las colonias y la calidad de sus productos, lo que refuerza la función de centinela del sistema apícola para el monitoreo ambiental. La conexión entre la contaminación y la salud de las abejas. La sólida correlación positiva ($\rho = 0,672$) entre la contaminación y el deterioro de la salud concuerda con investigaciones previas que describen los impactos tóxicos y subletales de los pesticidas y otros contaminantes en *A. mellifera*. Bargańska et al. (2016) advierten que los plaguicidas agrícolas pueden provocar la muerte y afectar a la salud. Además, Patcharin (2024) dilucida un mecanismo creíble: la exposición a herbicidas como el paraquat induce estrés oxidativo (alteraciones en SOD, CAT y LDH) y posible daño mitocondrial, socavando la integridad fisiológica incluso en presencia de defensas antioxidantes activadas. Patcharin compara *A. mellifera* con *A. cerana* y demuestra que esta última es más sensible. Sin embargo, sus evidencias mecanicistas muestran que los contaminantes ambientales pueden afectar la salud de *A. mellifera*, como lo indica nuestro índice. La conexión es fuerte, pero no tanto como la que se observa en los bienes. Esto concuerda con la idea de que la salud de las colonias se ve afectada por varios factores, incluyendo patógenos, dieta, manejo y clima. Esto podría debilitar el vínculo entre la contaminación y las matrices que recogen residuos.

La relación entre la contaminación y la calidad de la miel. La sólida correlación ($\rho = 0,800$) coincide con los hallazgos de Bargańska et al. (2016) quienes indican que los pesticidas

pueden contaminar la miel, comprometiendo su calidad e inocuidad. Cecchi et al. (2023) demuestran que, para los metales, las abejas y el polen sirven como matrices más sensibles que la miel (su investigación solo encontró Zn en la miel), lo que indica que la miel puede subestimar la presencia de algunos contaminantes inorgánicos. La estrecha relación entre la miel y la contaminación en nuestro caso puede sugerir: a) una presencia sustancial de contaminantes orgánicos (pesticidas) junto con metales; b) que el índice de “calidad de la miel” incluye parámetros fisicoquímicos y sensoriales influenciados por factores ambientales estresantes; o c) que existe una covariación espacial entre la contaminación y las prácticas de gestión/el medio ambiente que afectan a la calidad. Esto refuerza la sugerencia de complementar los índices con mediciones objetivas multi-matriz (por ejemplo, LC-MS/MS para plaguicidas; ICP-MS/XRF para metales).

La relación entre la contaminación y la calidad de los subproductos como el polen, el propóleo y la cera/jalea. La sólida conexión ($\rho = 0,839$) está totalmente respaldada por dos líneas de evidencia. Cecchi et al. (2023) identificaron consistentemente Cd, Cr, Ni, Pb y Zn en abejas y polen, validando que estas matrices representan con mayor precisión la contaminación metálica ambiental. En segundo lugar, Arribas (2016) demuestra que los neonicotinoides se acumulan y pueden encontrarse en la cera a niveles extremadamente bajos, lo que significa que la cera puede retener plaguicidas lipofílicos y ser una posible fuente de reexposición a largo plazo. Dado que el polen y el propóleo retienen residuos de manera similar, parece lógico que su "calidad" disminuya más rápidamente a medida que aumentan los niveles de contaminación, como muestran nuestros datos. Esto demuestra lo importante que es reemplazar los panales, vigilar la procedencia de las láminas de cera estampada y comprobar que no haya residuos en el polen y el propóleo destinados al consumo.

El establecimiento de una agricultura intensiva y de nuevas normas. Groot y Estefanía (2023) asocian la intensificación agrícola (por ejemplo, el cultivo de soja) con un aumento en la aplicación de plaguicidas incluidos aquellos prohibidos en la UE pero permitidos en

Latinoamérica, una disminución de los recursos florales y una reducción en la producción de miel. Nuestro estudio se centra en Huancavelica y no especifica fuentes particulares; sin embargo, el patrón identificado coincide con escenarios caracterizados por una elevada presión antropogénica (agricultura intensiva, corredores viales, zonas industriales/mineras) que aumentan la exposición de las abejas a contaminantes y disminuyen la calidad del producto. Este paradigma comparativo subraya la importancia de las estrategias integradas de gestión del paisaje, las evaluaciones de los registros de plaguicidas y la promoción de prácticas agrícolas y apícolas que reduzcan la exposición.

El orden de magnitud de las correlaciones y su posible interpretación. El gradiente de correlación observado general subproductos miel salud concuerda con la capacidad de las matrices sólidas/oleosas (cera, propóleo, polen) para retener residuos, la relativa “dilución” de contaminantes en la miel. (Cecchi et al., 2023), y las características multifactoriales del estado de salud de la colonia. El valor muy alto del coeficiente general ($\rho = 0,965$) podría significar que la contaminación y la degradación general están realmente relacionadas, pero también podría significar que existen solapamientos en la forma en que se elaboró el índice o sesgos de enfoque similares, como se dijo anteriormente.

Consecuencias metodológicas. De acuerdo con Bargańska et al. (2016) y Cecchi et al. (2023), nuestros hallazgos respaldan el uso sinérgico de abejas, polen, cera/propóleos y miel para el monitoreo ambiental. Para mejorar la inferencia causal, es recomendable: a) integrar mediciones analíticas objetivas de residuos y parámetros fisicoquímicos; b) tener en cuenta las covariables del paisaje y la gestión. (Groot y Estefanía, 2023). Y los gradientes altitudinales; c) implementar diseños longitudinales/estacionales; y d) evaluar los biomarcadores de estrés oxidativo y desintoxicación. (Patcharin, 2024). Como un vínculo mecanicista entre la exposición y la salud.

Limitaciones y alcance. Nuestros análisis, utilizando correlaciones de Spearman de medidas tipo Likert, demuestran conexiones monotónicas sin establecer causalidad. Puede

haber variables no medidas (técnicas de gestión, carga patógena, disponibilidad de flora) que influyan en los resultados. Según Cecchi et al. (2023) la miel puede no reflejar con precisión algunos metales; por lo tanto, la correlación significativa identificada con la "calidad de la miel" debe analizarse en el contexto de la composición del índice y la mezcla ambiental de contaminantes.

Arribas (2016) también descubrió que la cera puede tener una "memoria química" de las cosas a las que ha estado expuesta en el pasado. Esto debe tenerse en cuenta al diseñar las muestras y al reemplazar la cera.

En general, la concordancia entre nuestros resultados y la literatura sugiere que las abejas y sus productos son plataformas sensibles y útiles para el monitoreo de la contaminación, y que la exposición a contaminantes especialmente pesticidas y metales se asocia consistentemente con el deterioro de la salud y la pérdida de calidad. Este marco subraya la necesidad de contar con sistemas de monitoreo cohesivos, control y reemplazo de plaguicidas de alto riesgo, y el cumplimiento de buenas prácticas apícolas (ubicación de apiarios, renovación de cera, trazabilidad de insumos) para salvaguardar tanto a las abejas como la seguridad de los productos apícolas.

VI CONCLUSIONES

- Se estableció una correlación directa, monotónica y estadísticamente significativa entre los niveles de contaminación ambiental y el deterioro de la salud de las abejas *A. mellifera*, así como la calidad e inocuidad de los productos de la colmena en Huancavelica. La correlación total es bastante fuerte ($\rho = 0,965$; $p < 0,001$), lo que significa que una mayor contaminación está relacionada con una peor salud de las abejas y una peor calidad del producto. Se rechaza la hipótesis nula y se confirma la hipótesis de investigación.
- Se estableció la correlación entre la variable de contaminación ambiental y la salud de las abejas. Existe una correlación positiva sustancial ($\rho = 0,672$; $p < 0,001$) entre el grado de contaminación y el deterioro de la salud de las abejas. Cuanta más contaminación hay, peor es la situación sanitaria. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación.
- Descubrimos cómo la contaminación afecta la calidad de la miel. Existe una correlación positiva muy significativa ($\rho = 0,800$; $p < 0,001$) entre la contaminación ambiental y la disminución de la calidad de la miel. Cuanta más contaminación hay, menos segura es la miel. Se rechaza la hipótesis nula y se afirma la hipótesis de investigación.
- Se demostró que existe una relación entre la contaminación ambiental y la calidad de los subproductos de la colmena. Se observó una correlación positiva muy significativa ($\rho = 0,839$; $p < 0,001$) entre la contaminación y la disminución de la calidad de los subproductos como el polen, la jalea real y el propóleo. Cuanta más contaminación hay, peores son estos subproductos. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación. En todas las situaciones, los impactos estimados son altos o muy altos. Esto sugiere una tendencia continua de empeoramiento con mayor contaminación. Estos resultados se basan en la idea de que los índices de "salud" y "calidad" están diseñados para mostrar el deterioro (valores más altos implican peor condición). Es recomendable validar los resultados utilizando indicadores objetivos (residuos en miel, polen y cera, junto con propiedades fisicoquímicas) y análisis ajustados a factores pertinentes (altitud, técnicas de manejo, proximidad a fuentes)

VII RECOMENDACIONES

- Realice un estudio independiente sobre cómo el aire, el suelo y el agua podrían exponerles a riesgos; clasifique los productos por calidad y seguridad (miel, polen, propóleo, cera) para encontrar las relaciones más importantes.
- Investigue y utilice los signos biológicos de exposición/efecto (como las enzimas antioxidantes, la acetilcolinesterasa, el daño oxidativo y la flora intestinal) para ayudar a relacionar los residuos con cómo afectan al organismo.
- Hable con apicultores y agricultores sobre cómo utilizan los pesticidas, cuándo lo hacen y cómo lo hacen. Luego, analice los pros y los contras de varias formas de reducir el uso de pesticidas y las razones por las que algunas personas no quieren hacerlo.
- Crear un modelo de exposición alimentaria utilizando los niveles de residuos en la miel y el polen, y luego comparar esos niveles con los valores de referencia toxicológicos (LMR/IDA) para reunir evidencia para la salud pública.

VIII REFERENCIAS

- Anzules, Í. del C. P., y Castro, D. W. M. (2022). Contaminación ambiental. *Recimundo*, 6(2), 93-103. <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/1545>
- Arribas García, A. (2016). Residuos de agrotóxicos en cera de abeja. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/18870>
- Bargańska, Ż., Ślebioda, Marek, y and Namieśnik, J. (2016). Honey bees and their products: Bioindicators of environmental contamination. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 46(3), 235-248. <https://doi.org/10.1080/10643389.2015.1078220>
- Benavides, E., y Enrique, M. (2021). Estudio de la acción del propóleo sobre las bacterias patógenas del tracto gastrointestinal de pollos de engorde. [PhD Thesis, Universidade de Santiago de Compostela]. <https://minerva.usc.es/bitstreams/e50c6ae5-a6cf-405f-b69d-0b19de503e65/download>
- Bobadilla Mejía, O. L. (2023). *Análisis comparativo entre los métodos más importantes de crianza de abejas reinas (Apis Mellifera) existentes y los empleados en Colombia*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/61975>
- Bogdanov, S. (2006). Contaminants of bee products. *Apidologie*, 37(1), 1-18. <https://www.apidologie.org/articles/apido/abs/2006/01/M5401/M5401.html>
- Cañadas, Y. S. S., Campaña, D. E. A., Amagua, S. F. S., y Néjer, K. S. G. (2024). Patologías más comunes asociadas a los factores ambientales. *RECIAMUC*, 8(1), 236-244. <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1267>
- Castellanos-Potenciano, B. P., Gallardo-López, F., Sol-Sánchez, Á., Landeros-Sánchez, C., Díaz-Padilla, G., Sierra-Figueroa, P., y Santibáñez-Galarza, J. L. (2016). Impacto potencial del cambio climático en la apicultura. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y cambio climático*, 2(1), 1-19.

<https://camjol.info/index.php/RIBCC/article/view/5673>

Castro, E. A. A. (2022). La contaminación del medio ambiente y sus implicaciones negativas en la salud mental y en la calidad de vida. *Con texto humano*, 1(1), 17-26.

<https://contextohumano.uaemex.mx/article/view/20420>

Cecchi, M., Basso, M., Cantatore, D., Moliné, M. de la P., Fernández, N., Domínguez, E., Churio, S., y Gende, L. B. (2023). Las abejas melíferas (*Apis mellifera*) como biomonitores de contaminación ambiental mediada por metales pesados. *EUNK Revista Científica de Abejas y Apicultores*, 2(1), 3-12.

<https://doi.org/10.52559/eunk.v2i1.31>

Chavarría Pineda, E. D. (2021). Determinación de la presencia de plomo en la miel producida por abejas (*Apis mellifera*) en la región sur occidente de la República de Guatemala [PhD Thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala].

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/16131/>

Chiozza, L. (2021). La peste en la colmena: Utopías y distopías en la red. Libros del Zorzal.

<https://books.google.es/books?hl=es;lr=&id=CoogEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT14&dq=La+peste+en+la+colmena:+Utop%C3%ADas+y+distop%C3%ADas+en+la+red&ots=QrfTuEQ-cl&sig=C02Tz2WoS1BVRWVN0UTNWqmCgEw>

CODEX STAN. (2022). Codex Alimentarius Commission. (2001, enm.). Standard for Honey (CODEX STAN 12-1981; Rev. 2001; enmiendas posteriores).

[https://www.google.com/search?q=Codex+Alimentarius+Commission.+\(2001%2C+enm.\).+Standard+for+Honey+\(CODEX+STAN+12-1981%3B+Rev.+2001%3B+enmiendas+posteriores\)&oq=Codex+Alimentarius+Commission.+\(2001%2C+enm.\).+Standard+for+Honey+\(CODEX+STAN+12-1981%3B+Rev.+2001%3B+enmiendas+posteriores\)&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEUYOdIBCTE4NTNqMGoxNagCCLACAfEFSlqP2lZ83Sk&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Codex+Alimentarius+Commission.+(2001%2C+enm.).+Standard+for+Honey+(CODEX+STAN+12-1981%3B+Rev.+2001%3B+enmiendas+posteriores)&oq=Codex+Alimentarius+Commission.+(2001%2C+enm.).+Standard+for+Honey+(CODEX+STAN+12-1981%3B+Rev.+2001%3B+enmiendas+posteriores)&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEUYOdIBCTE4NTNqMGoxNagCCLACAfEFSlqP2lZ83Sk&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

- Conti, M. E., y Botrè, F. (2001). Honeybees and Their Products as Potential Bioindicators of Heavy Metals Contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, 69(3), 267-282. <https://doi.org/10.1023/A:1010719107006>
- Cooke, C. A., Balcom, P. H., Biester, H., y Wolfe, A. P. (2009). Over three millennia of mercury pollution in the Peruvian Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(22), 8830-8834. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900517106>
- Estravis Barcala, M. C., y Farina, W. M. (2022). *Ecología cognitiva de la abeja Apis mellifera en cultivos agrícolas: Estudios básicos y aplicados en distintos ecosistemas productivos*. SIDALC. https://www.sidalc.net/search/Record/oai:RDI%20UBA:aextesis:tesis_n7069_EstravisBarcala_oai/Description
- European Food Safety Authority. (2013). Guidance on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. And solitary bees). *EFSA Journal*, 11(7). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3295>
- Fernández Chaguay, C. F. (2022). Análisis de los métodos de control del Acaro Varroa destructor (Oudemans 1904) de colmenas sobre abejas *Apis mellifera* productoras de miel [B.S. thesis, Babahoyo: UTB, 2022]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13287>
- Fierro Fierro, J. S. (2024). Comparación de los niveles de moléculas contaminantes atmosféricos en los últimos 3 años en el sector centro oriente y centro occidente de Bogotá y con base a medidas de so2 y no2 en el ambiente. [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/items/9d3f7cb7-0726-47ae-b932-970e4801507d>
- Fonseca, J. P. S., Bravo, L. C. S., Leonor, R. C. V., y Salazar, A. D. L. Á. C. S. (2022). Congestión vehicular y contaminación ambiental en Lima Metropolitana. *Revista lasallista de investigacion*, 19(1), 152-164. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794->

[44492022000100152&script=sci_arttext](https://doi.org/10.1007/s00128-019-02713-y)

- Gajger, I. T., Kosanović, M., Oreščanin, V., Kos, S., y Bilandžić, N. (2019). Mineral Content in Honeybee Wax Combs as a Measurement of the Impact of Environmental Factors. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 103(5), 697-703. <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02713-y>
- García, L. J. R., y Velasco, S. M. (2022). Impacto de la contaminación ambiental y la calidad de vida de la comunidad del Municipio Padilla. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 3019-3036. <https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/2072>
- García-López, D., Moguel-Ordóñez, Y., Antonio Chel-Guerrero, L., y Abram Betancur-Ancona, D. (2024). Aprovechamiento de crías de abeja melífera con potencial alimentario sostenible en Yucatán, México. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 11(2). <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authType=crawler&jrnl=24220582&AN=182033320&h=h%2B6dgunRLFKChuzW0AhemvY2SFlytE8QFwvGN4zVcH2zM3tjg%2BOCUMX174Tvdi5%2FeIlgYWCnZ9FCG0Y00F2MQ%3D%3D&crl=c>
- Gomez-Delgado, F., Raya-Cruz, M., Romero-Cabrera, J. L., y Perez-Martinez, P. (2025). Contaminación medioambiental y salud cardiovascular. Retos y nuevas perspectivas. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis*, 500802. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0214916825000452>
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., y Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>
- Groot, D., y Estefanía, G. (2023). Recursos florales y pesticidas en el paisaje y su influencia en la apicultura: Un abordaje a distintas escalas espaciales.

<https://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/17368>

Hanco Mahuantiari, N. (2024). Comparación productiva en la obtención de miel de abejas (*Apis Mellifera*) con el método MASON JAR y el método de Bastidores en el centro agronómico k'ayra–2023. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/10180>

Jiménez, A. L. (2024). Desarrollo de un proceso de descontaminación de cera y evaluación del impacto de los tratamientos veterinarios en gestión convencional de *Apis Mellifera Iberiensis* [PhD Thesis, UNED. Universidad Nacional de Educación a Distancia]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=327354>

Juárez, E. M. U. (2021). La responsabilidad ambiental de la gerencia de gestión ambiental de la Municipalidad Provincial del Santa. *Revista Scientific*, 6(21), 180-200. http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/article/view/670

Kim, B.-T., Kim, J.-G., Son, M.-H., Cho, Y.-S., Han, N.-E., Choi, J.-C., Lee, S.-N., Park, M.-K., y Park, Y.-B. (2023). Investigation of Various Pesticide Residues in Commercial Bee Pollen Products Sold in South Korea. *Journal of Food Hygiene and Safety*, 38(4), 202-210. <http://foodsafety.or.kr/journal/article.php?code=87372>

Lajad, R. (2024). Respuestas comportamentales de la abeja *Apis mellifera* frente a cambios en la calidad del polen: Evaluación del recurso, efecto de las experiencias y transferencia de información [PhD Thesis, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias]. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/greenstone3/exa/collection/tesis/document/tesis_n7572_Lajad

Lambert, O., Piroux, M., Puyo, S., Thorin, C., L'Hostis, M., Wiest, L., Buleté, A., Delbac, F., y Pouliquen, H. (2013). Widespread occurrence of chemical residues in beehive matrices from apiaries located in different landscapes of Western France. *PLoS ONE* 8(6), e67007. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0067007>

- Martin-Culma, N. Y., Arenas-Suárez, N. E., Martin-Culma, N. Y., y Arenas-Suárez, N. E. (2018). Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado*, 14(1), 232-240. <https://doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>
- Mendoza, J. D. A., y Mendez, J. H. (2025). Evaluación del impacto económico de las enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación poco saludable y el sedentarismo en el personal del ISTLT. *Revista Social Fronteriza*, 5(1). <http://www.revistasocialfronteriza.com/ojs/index.php/rev/article/view/588>
- Mullin, C. A., Frazier, M., Frazier, J. L., Ashcraft, S., Simonds, R., VanEngelsdorp, D., y Pettis, J. S. (2010). High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: Implications for honey bee health. *PloS one*, 5(3), e9754. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0009754>
- Nates-Parra, G. (2011). Genética Del Comportamiento: Abejas Como Modelo. *Acta Biológica Colombiana*, 16(3), 213-230. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-548X2011000300015&script=sci_arttext
- Patcharin, P. (2024). Comparative toxicity of oral exposure to paraquat: Survival rates and gene expression in two honey bees species; *Apis mellifera* and *Apis cerana*. *Environmental Pollution*, 362, 125026. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.125026>
- Pisa, L., Goulson, D., Yang, E.-C., Gibbons, D., Sánchez-Bayo, F., Mitchell, E., Aebi, A., Van Der Sluijs, J., MacQuarrie, C. J. K., Giorio, C., Long, E. Y., McField, M., Bijleveld Van Lexmond, M., y Bonmatin, J.-M. (2021). An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic insecticides. Part 2: Impacts on organisms and ecosystems. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(10), 11749-11797. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0341-3>
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L. V., Garibaldi, L. A., Hill, R., Settele, J., y Vanbergen, A. J. (2016). The assessment report on pollinators, pollination and food production: Summary for policymakers. Secretariat

of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity

<https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/514356/>

Reuto, J. F., Alí, J. D. L. S., Salazar, A. C., Ochoa, P. R., y Mantilla, C. V. (2022). Un Impacto generado por infestación y colonización de plagas en colmenas de *Apis mellifera* en el municipio de Puerto Carreño (Vichada). *Revista de Investigaciones Agroempresariales*, 9. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/riag/article/download/5249/5357>

Rimachi, G. Y. C., y Huamán, D. J. F. (2023). Contaminación ambiental y sus efectos en la sociedad. *Horizonte Empresarial*, 10(1), 1-11. <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/EMP/article/view/2461>

Robins, N. A. (2011). *Mercury, mining, and empire: The human and ecological cost of colonial silver mining in the Andes*. Indiana University Press. [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=bAxaq8qdHE0C&oi=fnd&pg=PP2&dq=Robins,+N.+\(2011\).+Mercury,+Mining,+and+Empire:+The+Human+and+Ecological+Cost+of+Colonial+Silver+Mining+in+the+Andes.+Indiana+University+Press&ots=KVozrXnknd&sig=NxewN_KvZRAjAOQhKu8GvWnkppU](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=bAxaq8qdHE0C&oi=fnd&pg=PP2&dq=Robins,+N.+(2011).+Mercury,+Mining,+and+Empire:+The+Human+and+Ecological+Cost+of+Colonial+Silver+Mining+in+the+Andes.+Indiana+University+Press&ots=KVozrXnknd&sig=NxewN_KvZRAjAOQhKu8GvWnkppU)

Rosenkranz, P., Aumeier, P., y Ziegelmann, B. (2010). Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of invertebrate pathology*, 103, S96-S119. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022201109001906>

Schiavo, B., Morton-Bermea, O., Meza-Figueroa, D., y Arredondo-Palacios, T. E. (2024). El mercurio como contaminante: Fuentes, vías de exposición y efectos en la salud. *Epistemus (Sonora)*, 18(36). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-81962024000100109&script=sci_arttext

Shen, M., Cui, L., Ostiguy, N., y Cox-Foster, D. (2005). Intricate transmission routes and interactions between picorna-like viruses (Kashmir bee virus and sacbrood virus) with the honeybee host and the parasitic varroa mite. *Journal of General Virology*, 86(8), 2281-2289. <https://doi.org/10.1099/vir.0.80824-0>

- Sosa, C. (2023). Efecto de productos api-sanitarios en la fisiología olfativa de *Apis mellifera*. [Tesis de maestría, Universidad de la República]. <https://redi.anii.org.uy/jspui/handle/20.500.12381/3632>
- Subía-Cabrera, A.-C., y Subía-Cabrera, J.-F. (2022). Política ambiental ecuatoriana sobre cambio climático como garantía del derecho a un ambiente sano. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 32, 147-166. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-66312022000200147
- Sundseth, K., Pacyna, J. M., Pacyna, E. G., Pirrone, N., y Thorne, R. J. (2017). Global sources and pathways of mercury in the context of human health. *International journal of environmental research and public health*, 14(1), 105. <https://doi.org/10.3390/ijerph14010105>
- Tapia, P. A., Guepud, J. A. B., y Noguera, L. J. C. G. (2023). Eco-consciencia sobre la protección del suelo en la institución educativa Los Andes, del departamento de Nariño. *Inclusión Y Desarrollo*, 10(2), 27-39. <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/IYD/article/view/3564>
- Triviño, M. P., Rojas, L. A., y Castro, G. H. (2024). Sensores remotos para la detección de agentes contaminantes en un terreno. *Ingeniería en Telecomunicaciones*, 1-50. <https://caoba.sanmateo.edu.co/ojs/index.php/telecomunicaciones/article/view/230>
- Vásquez, D. I. C., Cortez, Z. A. C., Tobar, N. B. M., Cabrera, E. E. T., Real, L. Z. V., y Godoy, M. A. G. (2025). Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂) y sus Efectos en Enfermedades Respiratorias. *SAGA: Revista Científica Multidisciplinar*, 2(2), 397-406. <https://revistasaga.org/index.php/saga/article/view/117>
- Yossen, M. B. (2023). Comportamiento de forrajeo en la avispa social *Vespula germanica*: Uso de claves olfativas y rol de la experiencia como modulador de la respuesta. Universidad Nacional de Comahue. <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/17190>

IX ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Problemas de Investigación	Objetivos	Hipótesis	Variables	Método
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables 1	Tipo de Investigación
¿Cuál es la relación entre los niveles de contaminación ambiental y su impacto en la salud de las abejas <i>Apis mellifera</i> y la calidad de sus productos en Huancavelica?	Determinar la relación entre los niveles de contaminación ambiental y su impacto en la salud de las abejas <i>Apis mellifera</i> y la calidad de los productos de la colmena en Huancavelica.	Existe una relación inversa y significativa entre los niveles de contaminación ambiental y la salud de las colonias de <i>Apis mellifera</i> , así como entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad/inocuidad de los productos de la colmena en Huancavelica.	V1. Niveles de Contaminación ambiental.	Aplicada
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis específicas	Variable 2	Nivel de Investigación
<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuáles es la relación entre los niveles de contaminación ambiental y la salud de las abejas <i>Apis mellifera</i> en Huancavelica? - ¿Cuáles es la relación entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad de la miel <i>Apis mellifera</i> en Huancavelica? - ¿Cuáles es la relación entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad de productos como polen, Jalea, propóleo, etc. de las abejas <i>Apis mellifera</i> en Huancavelica? 	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar la relación entre los niveles de contaminación ambiental y la salud de las abejas <i>Apis mellifera</i> en Huancavelica. - Determinar la relación entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad de la miel <i>Apis mellifera</i> en Huancavelica. - Determinar la relación entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad de productos como polen, Jalea, propóleo, etc. de las abejas <i>Apis mellifera</i> en Huancavelica”. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe una relación negativa y significativa entre los niveles de contaminación ambiental y la salud de las abejas <i>Apis mellifera</i> en Huancavelica. Existe una relación significativa entre los niveles de contaminación ambiental en la calidad de la miel de <i>Apis mellifera</i> en Huancavelica. Existe una relación entre los niveles de contaminación ambiental y la calidad de productos como polen, Jalea, propóleo, etc. de las abejas <i>Apis mellifera</i> en Huancavelica 	V2. Salud de la colmena y Calidad de productos	Cualitativo alcance correlacional
				Diseño de Investigación
				No Experimental
				Unidades de Análisis
				Apicultor/apiario. Presencia de contaminantes

Anexo 2

Instrumento de recolección de datos

INSTRUCCIONES

El cuestionario trata sobre diferentes aspectos de la contaminación ambiental por residuos sólidos en tu ciudad. Marca con una X la respuesta que mejor refleje tu opinión en cada pregunta, siguiendo la clave de codificación. Es importante que contestes con sinceridad y que no dejes ninguna pregunta sin responder

Nombre y apellidos:..... :.....Edad:.....

Codificación:

1=Nunca

2=Casi nunca

3=Algunas veces

4=Casi siempre

5=Siempre

Nº	Preguntas formuladas	1	2	3	4	5
1	¿En su zona de trabajo apícola, el aire presenta olores desagradables frecuentemente?					
2	¿Observa humo o gases provenientes de vehículos o industrias cerca de mis colmenas?					
3	¿Hay presencia visible de partículas en suspensión en el aire de su apiario?					
4	¿La calidad del aire ha empeorado en los últimos años en su zona apícola?					
5	¿El suelo alrededor de sus colmenas presenta cambios de coloración?					
6	¿Ha observado acumulación de basura o desechos cerca de su apiario?					
7	¿Se utilizan pesticidas o herbicidas en cultivos cercanos a sus colmenas?					
8	¿El suelo de su zona apícola presenta características diferentes a años anteriores?					

9	¿Las fuentes de agua cercanas a sus colmenas presentan mal olor?					
10	¿El agua disponible para las abejas tiene coloración o turbidez?					
11	¿Ha notado cambios en la calidad del agua de la zona en los últimos años?					
12	¿Existen descargas de aguas residuales cerca de su apiario?					
13	¿Ha observado mayor mortalidad de abejas en sus colmenas?					
14	¿Las abejas muestran comportamientos anormales en su vuelo?					
15	¿El desarrollo de sus colonias ha disminuido comparado con años anteriores?					
16	¿Ha detectado mayor presencia de enfermedades en sus colmenas?					
17	¿La miel que produce mantiene su color característico?					
18	¿El sabor de su miel ha cambiado en los últimos años?					
19	¿La consistencia de la miel que produce es la adecuada?					
20	¿La miel que produce presenta cristalización normal?					
21	¿El polen que ha recolectado mantiene sus características normales?					
22	¿La cera que ha producido presenta buena calidad?					
23	¿El propóleo que ha cosechado mantiene sus propiedades características normales?					
24	¿En su zona de trabajo apícola, el aire presenta olores desagradables frecuentemente?					

