



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Alcances y características de los microplásticos que afectan la
contaminación del suelo de cultivo de caña de azúcar, Casa Grande
– 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Altamirano Leon, Zoilita Mercedes (orcid.org/0000-0002-6818-1691)

Gallarreta Cabrera, Vannia Luz (orcid.org/0000-0001-7115-8700)

ASESOR:

MSc. Huerta Chombo, Germán Luis (orcid.org/0000-0002-6211-4578)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios, por su infinito amor y bondad, por fortalecer nuestros corazones y darnos día a día la fuerza necesaria para seguir adelante a pesar de las dificultades.

A nuestros queridos padres y familiares, por ser nuestro soporte emocional, por apoyarnos en esta travesía que ha sido difícil pero no imposible y así lograr culminar nuestra carrera.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos vida y salud. Por ser nuestro guía, para poder seguir escalando profesionalmente.

Gracias a nuestros padres por ser nuestro pilar fundamental y habernos apoyado en todo momento.

A nuestra alma mater, la Universidad César Vallejo, que nos brindó la oportunidad de prepararnos para ser profesionales y cumplir nuestros objetivos.

A nuestro asesor MSc. GERMÁN LUIS HUERTA CHOMBO por guiarnos paso a paso en la elaboración de este trabajo. Su apoyo incondicional, su orientación, su dedicación, su comprensión y sobre todo su exigencia han sido la clave que nos ha permitido concluir con éxito nuestra investigación.

Finalmente, a todos aquellos que, en algún momento durante nuestros 5 años de estudios, estuvieron presentes apoyándonos, con sus oraciones, consejos y más.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Alcances y características de los microplásticos que afectan la contaminación del suelo de cultivo de caña de azúcar, Casa Grande – 2023", cuyos autores son ALTAMIRANO LEON ZOILITA MERCEDES, GALARRETA CABRERA VANNIA LUZ, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 26 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS DNI: 04206862 ORCID: 0000-0002-6211-4578	Firmado electrónicamente por: GEHUERTA el 12-12- 2023 22:15:01

Código documento Trilce: TRI - 0665994





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, ALTAMIRANO LEON ZOILITA MERCEDES, GALARRETA CABRERA VANNIA LUZ estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Alcances y características de los microplásticos que afectan la contaminación del suelo de cultivo de caña de azúcar, Casa Grande – 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ZOILITA MERCEDES ALTAMIRANO LEON DNI: 70496386 ORCID: 0000-0002-6818-1691	Firmado electrónicamente por: ZALTAMIRANO el 26-11-2023 23:08:54
VANNIA LUZ GALARRETA CABRERA DNI: 75265926 ORCID: 0000-0001-7115-8700	Firmado electrónicamente por: VGALARRETAC el 26-11-2023 23:12:44

Código documento Trilce: TRI - 0665995

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor	iv
Declaratoria de originalidad de los autores	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	xi
Resumen	xiii
Abstract	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Variables y operacionalización	12
3.3. Población, muestra y muestreo	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimientos	16
3.6. Método de análisis de datos	20
3.7. Aspectos éticos	20
IV. RESULTADOS	21
V. DISCUSIÓN	57
VI. CONCLUSIONES	63

VII. RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS	65
ANEXOS.....	71
Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables	71
Anexo 2. Ficha 1. Obtención de datos y análisis de las muestras	73
Anexo 3. Ficha 2. Evaluación de las características de los microplásticos	75
Anexo 4. Matriz Evaluación por juicio de expertos	77
Anexo 5. Resultado de reporte de similitud de Turnitin	82
Anexo 6. Lugar de toma de muestra del suelo	83
Anexo 7. Toma de muestras	84
Anexo 8. Pesado de plásticos en laboratorio	85
Anexo 9. Secado de muestras en laboratorio	85
Anexo 10. Tamizado de muestras en laboratorio	86
Anexo 11. Extracción de microplásticos visibles	86
Anexo 12. Flotación de microplásticos	87
Anexo 13. Filtración de microplásticos	87
Anexo 14. Eliminación de la materia orgánica	88
Anexo 15. Caracterización de microplásticos bajo microscopio	88
Anexo 16. Caracterización de microplásticos	88
Anexo 17. Resultados de espectros de polímeros de plástico	92
Anexo 18. Caracterización de microplástico bajo microscopio	96
Anexo 19. Certificado del informe de análisis del espectrómetro FTIR	97
Anexo 20. Reglamentación ambiental sobre contaminantes en el suelo	98
Anexo 21. Pruebas de normalidad (Kolmogorov)	99

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Fuentes y tipos de plásticos</i>	9
Tabla 2. <i>Instrumentos de recolección de datos</i>	16
Tabla 3. <i>Fuentes de contaminación (suelo cerca a carretera)</i>	21
Tabla 4. <i>Fuentes de contaminación (suelo cerca al área urbana)</i>	22
Tabla 5. <i>Fuentes de contaminación (suelo dentro del campo de cultivo)</i>	22
Tabla 6. <i>Fuentes de contaminación (suelo cerca a canal de riego)</i>	23
Tabla 7. <i>Promedio de plásticos según fuente de contaminación</i>	24
Tabla 8. <i>Cantidad de plásticos por hectárea</i>	25
Tabla 9. <i>Cantidad de microplásticos por zonas</i>	26
Tabla 10. <i>Análisis de varianza – LSD Fisher (fuente de contaminación)</i>	27
Tabla 11. <i>Prueba de Friedman – (fuentes de contaminación)</i>	27
Tabla 12. <i>Polímeros de microplásticos (suelo cerca a carretera)</i>	28
Tabla 13. <i>Polímeros de microplásticos (suelo cerca al área urbana)</i>	29
Tabla 14. <i>Polímeros de microplásticos (suelo dentro del campo de cultivo)</i>	29
Tabla 15. <i>Polímeros de microplásticos (suelo cerca a canal de riego)</i>	30
Tabla 16. <i>Promedio de microplásticos según el tipo de polímero de plástico</i>	31
Tabla 17. <i>Análisis de varianza – LSD Fisher (tipo de polímero)</i>	32
Tabla 18. <i>Prueba de Friedman – (polímeros en suelo cerca a carretera)</i>	33
Tabla 19. <i>Prueba de Friedman – (polímeros en suelo con cultivo caña)</i>	34
Tabla 20. <i>Prueba de Friedman – (polímeros en suelo cerca a canal de riego)</i>	34
Tabla 21. <i>Prueba de Friedman – (polímeros en suelo cerca a área urbana)</i>	35

Tabla 22. <i>Formas de microplásticos (suelo cerca a carretera)</i>	35
Tabla 23. <i>Formas de microplásticos (suelo cerca al área urbana)</i>	36
Tabla 24. <i>Formas de microplásticos (suelo dentro del campo de cultivo)</i>	37
Tabla 25. <i>Formas de microplásticos (suelo cerca a canal de riego)</i>	38
Tabla 26. <i>Promedio de microplásticos según su forma</i>	39
Tabla 27. <i>Tamaño de microplásticos (suelo cerca a carretera)</i>	40
Tabla 28. <i>Tamaño de microplásticos (suelo cerca al área urbana)</i>	40
Tabla 29. <i>Tamaño de microplásticos (suelo dentro del campo de cultivo)</i>	41
Tabla 30. <i>Tamaño de microplásticos (suelo cerca al canal de riego)</i>	42
Tabla 31. <i>Promedio de microplásticos según su tamaño</i>	43
Tabla 32. <i>Colores de microplásticos (suelo cerca a carretera)</i>	44
Tabla 33. <i>Colores de microplásticos (suelo cerca al área urbana)</i>	44
Tabla 34. <i>Colores de microplásticos (suelo dentro del campo de cultivo)</i>	45
Tabla 35. <i>Colores de microplásticos (suelo cerca a canal de riego)</i>	46
Tabla 36. <i>Promedio de microplásticos según su color</i>	47
Tabla 37. <i>Análisis de varianza – LSD Fisher (forma de microplásticos)</i>	48
Tabla 38. <i>Prueba de Friedman – (formas en suelo cerca a canal de riego)</i>	49
Tabla 39. <i>Prueba de Friedman – (formas en suelo cerca a carretera)</i>	49
Tabla 40. <i>Prueba de Friedman – (formas en suelo cerca al área urbana)</i>	50
Tabla 41. <i>Prueba de Friedman – (formas en suelo con cultivo caña)</i>	50
Tabla 42. <i>Análisis de varianza – LSD Fisher (tamaño de microplásticos)</i>	51
Tabla 43. <i>Prueba de Friedman – (tamaño en suelo cerca a canal de riego)</i>	51
Tabla 44. <i>Prueba de Friedman – (tamaño en suelo cerca a carretera)</i>	52
Tabla 45. <i>Prueba de Friedman – (tamaño en suelo cerca al área urbana)</i>	52

Tabla 46. <i>Prueba de Friedman – (tamaño en suelo con cultivo caña)</i>	53
Tabla 47. <i>Análisis de varianza – LSD Fisher (colores de microplásticos)</i>	53
Tabla 48. <i>Prueba de Friedman – (colores en suelo cerca a canal de riego)</i>	54
Tabla 49. <i>Prueba de Friedman – (colores en suelo cerca a carretera)</i>	55
Tabla 50. <i>Prueba de Friedman – (colores en suelo cerca al área urbana)</i>	55
Tabla 51. <i>Prueba de Friedman – (colores en suelo con cultivo caña)</i>	56
Tabla 52: <i>Prueba de normalidad (Kolmogorov) de fuentes de contaminación</i>	98
Tabla 53: <i>Prueba de normalidad (Kolmogorov) de tipo de polímeros</i>	98
Tabla 54: <i>Prueba de normalidad (Kolmogorov) de formas de microplásticos</i>	98
Tabla 55: <i>Prueba de normalidad (Kolmogorov) de tamaños de microplásticos</i>	98
Tabla 56: <i>Prueba de normalidad (Kolmogorov) de colores de microplásticos</i>	98

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Espectros de los tipos de plástico puros</i>	10
Figura 2. <i>Etapas de procedimiento para el análisis de microplásticos</i>	16
Figura 3. <i>Fotos con posibles fuentes contaminantes de microplásticos</i>	17
Figura 4. <i>Delimitación de puntos de muestreos</i>	18
Figura 5. <i>Porcentaje de contaminación de plástico – suelo cerca a carretera</i>	21
Figura 6. <i>Porcentaje de contaminación – suelo cerca al área urbana</i>	22
Figura 7. <i>Porcentaje de contaminación – suelo dentro del campo de cultivo</i>	23
Figura 8. <i>Porcentaje de contaminación – suelo cerca a canal de riego</i>	23
Figura 9. <i>Porcentaje de plásticos por fuente de contaminación</i>	24
Figura 10. <i>Porcentaje de plásticos por zonas</i>	24
Figura 11. <i>Porcentaje de microplásticos encontrados por zonas</i>	26
Figura 12. <i>Porcentaje de polímeros – suelo cerca de carretera</i>	27
Figura 13. <i>Porcentaje de polímeros – suelo cerca al área urbana</i>	29
Figura 14. <i>Porcentaje de polímeros – suelo dentro del campo de cultivo</i>	30
Figura 15. <i>Porcentaje de polímeros – suelo cerca a canal de riego</i>	30
Figura 16. <i>Porcentaje de microplásticos por polímero</i>	31
Figura 17. <i>Porcentaje de tipo de polímero por zonas</i>	31
Figura 18. <i>Porcentaje de formas – suelo cerca a carretera</i>	36
Figura 19. <i>Porcentaje de formas – suelo cerca al área urbana</i>	36
Figura 20. <i>Porcentaje de formas - suelo dentro del campo de cultivo</i>	37
Figura 21. <i>Porcentaje de formas – suelo cerca a canal de riego</i>	38
Figura 22. <i>Porcentaje de microplásticos según su forma</i>	39

Figura 23. <i>Porcentaje de formas por zonas</i>	39
Figura 24. <i>Porcentaje de tamaño – suelo cerca a carretera</i>	40
Figura 25. <i>Porcentaje de tamaño – suelo cerca al área urbana</i>	41
Figura 26. <i>Porcentaje de tamaño – suelo dentro del campo de cultivo</i>	41
Figura 27. <i>Porcentaje de tamaño – suelo cerca a canal de riego</i>	42
Figura 28. <i>Porcentaje de microplásticos por tamaños</i>	43
Figura 29. <i>Porcentaje de tamaño de microplásticos por zonas</i>	43
Figura 30. <i>Porcentaje de colores – suelo cerca a carretera</i>	44
Figura 31. <i>Porcentaje de colores – suelo cerca al área urbana</i>	45
Figura 32. <i>Porcentaje de colores – suelo dentro del campo de cultivo</i>	45
Figura 33. <i>Porcentaje de colores – suelo cerca a canal de riego</i>	46
Figura 34. <i>Porcentaje de microplásticos por colores</i>	47
Figura 35. <i>Porcentaje de colores de microplásticos por zonas</i>	47

RESUMEN

La contaminación por microplásticos es un problema mundial, pero aún se desconoce sobre cómo afecta a los suelos agrícolas. Esta investigación tuvo como objetivo determinar el alcance y las características de los microplásticos que afectan la contaminación de suelos de cultivos de caña de azúcar. La metodología empleada fue básica y cuantitativa, con la recolección de 16 muestras de suelo de cultivo y 4 de raíces. Estas muestras fueron obtenidas en suelos cercanos a carreteras, área urbana, canal de riego y dentro del cultivo. La extracción de microplásticos se realizó mediante el método de separación por densidad, filtración y espectroscopía infrarroja transformada de Fourier (FT-IR). Los resultados revelaron que existe un promedio de 169 partículas de microplásticos por kilogramo de suelo y se determinó 805 kg/ha de residuos plásticos, siendo los residuos domésticos la principal fuente de contaminación (92%). Los polímeros encontrados fueron HPDE (42%), LDPE, PP, PVC, PE y PS. Las formas encontradas fueron los fragmentos (84%), fibras, películas y esferas. Los tamaños identificados fueron de 3 a 5 mm (53%), de 2 mm y de 0,6 a 1 mm. En cuanto a los colores, se encontraron azul (26%), transparente, negro, verde, blanco, amarillo y rojo.

Palabras clave: Microplástico, suelo agrícola, espectroscopía infrarroja, plástico, contaminación de suelo.

ABSTRACT

Microplastic contamination is a global problem, but how it affects agricultural soils is still unknown. The objective of this research was to determine the extent and characteristics of microplastics that affect the contamination of sugarcane-crop soils. The methodology used was basic and quantitative, with the collection of 16 crop soil samples and 4 root samples. These samples were obtained from soils near roads, urban areas, irrigation canals and within the cultivated areas. The extraction of microplastics was performed by density separation, filtration and Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR). The results revealed that there is an average of 169 microplastic particles per kilogram of soil and 805 kg/ha of plastic waste, with household waste being the main source of contamination (92%). The polymers found were HPDE (42%), LDPE, PP, PVC, PE and PS. The forms found were fragments (84%), fibers, films and spheres. The sizes identified were 3 to 5 mm (53%), 2 mm and 0.6 to 1 mm. Of colors: blue (26%), transparent, black, green, white, yellow and red were found.

Keywords: Microplastic, agricultural soil, infrared spectroscopy, plastic, soil contamination.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en Europa y América del Norte, se arrojan anualmente alrededor de 430.000 y 300.000 toneladas de residuos plásticos en los suelos agrícolas, respectivamente, lo que resulta en una grave contaminación (Rodríguez y Baca, 2022, p. 4). Según el MINAM (2020), en el Perú cada habitante genera una cantidad de 30 kilogramos de plástico al año, en promedio se estima 1.2 millones de toneladas de residuos plásticos.

Asimismo, la acumulación por plásticos deriva de una inadecuada gestión de los residuos, siendo la principal fuente de contaminación por microplásticos, tanto en ecosistemas acuáticos (océanos) como terrestres (ciudades y zonas industrializadas, carreteras polvorientas, vertederos, campos agrícolas). La contaminación permanente de los suelos agrícolas por plásticos puede tener consecuencias graves para el rendimiento y productividad de los cultivos y, por ende, para los agroecosistemas (De Souza et al., 2019, p. 8).

Estas partículas de plástico pueden tardar hasta 300 años en descomponerse en el suelo, lo que puede tener efectos perjudiciales en la producción de alimentos al reducir las tasas de germinación, modificar la forma en que se procesan las semillas y retrasar la producción de semillas (García, 2022, p. 2). Además, el suelo y la salud de la fauna pueden verse afectados por las interacciones de los plásticos con ellos (Pukclai, 2020, p. 1).

Por otro lado, es importante tener en cuenta el tamaño de los microplásticos, dado que son muy pequeños y pueden encontrarse en altas cantidades en el suelo y se han encontrado hasta 2 760 partículas por kilogramo, lo que facilita su ingestión por parte de los microorganismos del suelo (Zhou et al., 2019, p. 5). Esto puede afectar la fertilidad del suelo de manera negativa (Li et al., 2020, p. 7). A pesar que no existen investigaciones sobre esta problemática a nivel nacional, se han realizado estudios en distintos países para comprobar cuáles son los efectos que se ocasionan al medio ambiente, principalmente en el sector agrícola (Corradini et al., 2019, p. 2).

Adicionalmente, la empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A cuenta con aproximadamente más de 20 mil hectáreas de cultivo desde el año 2006, que se encarga de la producción de azúcar, en suelos circundadas por carreteras, zonas urbanas, canales de riego y vertederos que son principales fuentes de contaminación de suelos con plástico, además en su actividad productiva generan desechos de plástico como envases de agroquímicos y de fertilizantes, mantas y mangas de riego, tuberías y cintas de riego, ocasionando posibilidades altas de dispersión y presencia de micropartículas de plástico en los suelos agrícolas que ponen en riesgo la calidad del suelo para la producción y contaminación ambiental (Coazucar, 2023, p. 1).

Ante lo expuesto, se plantea el siguiente problema general: ¿Cuál es el alcance y las características de los microplásticos que afectan la contaminación del suelo de cultivos de caña de azúcar en Casa Grande - 2023? y se definieron como problemas específicos, ¿Cuáles son las principales fuentes, cantidad y distribución de los microplásticos que contaminan los suelos de cultivos de caña de azúcar en el distrito de Casa Grande?, seguidamente ¿Cuáles son los tipos de polímeros de plásticos presentes en los suelos de cultivos de caña de azúcar en el distrito de Casa Grande? y finalmente nos preguntamos ¿Cuáles son las formas, tamaños y colores de los microplásticos presentes en suelos de cultivos de caña de azúcar en el distrito de Casa Grande?.

La justificación de nuestro proyecto de investigación radica en la necesidad de proporcionar conocimiento e impulsar una cultura ambiental en la población sobre la presencia, el alcance y las fuentes de contaminación de los microplásticos en el suelo de cultivo de caña de azúcar. Es fundamental destacar que la empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A desempeña un papel crucial en la economía local al brindar empleo a una gran parte de la población y ser una importante fuente de consumo de azúcar. Por lo tanto, es imprescindible proteger la salud de los trabajadores, preservar la fertilidad de los suelos y asegurar la duradera sostenibilidad de los terrenos agrícolas. Esto permitirá asegurar la obtención de cosechas saludables y abundantes, salvaguardando tanto los intereses económicos como el bienestar de la comunidad.

Los resultados obtenidos de esta investigación serán vitales para su aplicación en futuras investigaciones, con el propósito de facilitar la adopción de medidas necesarias para prevenir la disposición de residuos sólidos en terrenos agrícolas, así como encontrar soluciones para la recuperación del suelo, explorando métodos eficaces que contribuyan a restaurar la calidad del suelo afectado.

Para la realización de esta investigación nuestro objetivo general es determinar el alcance y las características de los microplásticos que afectan la contaminación de suelos de cultivos de caña de azúcar en Casa Grande 2023. Por ende, se planteó los siguientes objetivos específicos, identificar las principales fuentes, cantidades y distribución de los plásticos que causan la contaminación de suelos de cultivos de caña de azúcar en el distrito de Casa Grande 2023, determinar los tipos de polímeros de plástico que se encuentran presentes en suelos y raíces de los cultivos de caña de azúcar en el distrito de Casa Grande 2023 y finalmente describir las formas, tamaños y colores de los microplásticos que se encuentran presentes en suelos de cultivos de caña de azúcar en el distrito de Casa Grande 2023.

En cuanto a nuestra hipótesis general, la contaminación del suelo por microplásticos es un problema ambiental importante, por ello se espera que su alcance y características varíen según la fuente, la cantidad y distribución presente en el suelo, se estima encontrar niveles significativos de plásticos distribuidos en los suelos de cultivos de caña de azúcar en Casa Grande, que se encuentran cercanas a las zonas urbanas, canal de riego, dentro del campo de cultivo y cerca de carreteras, además, se desea identificar diferentes tipos de polímeros de plásticos tales como el polietileno, polipropileno, entre otros, también se espera identificar diferentes formas como fibra, fragmento, microesfera y espuma; con tamaños desde 1 mm hasta 5 mm y colores como azul, negro, blanco, transparente, marrón, verde y rojo, presentes en el suelo de cultivo de caña de azúcar en el distrito de Casa Grande, que afectan la calidad del suelo y del medio ambiente.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel nacional no se han realizado investigaciones que aborden la presencia de microplásticos en suelo agrícola. Por lo tanto, nuestro enfoque se dirigirá hacia los estudios internacionales relevantes.

En este contexto, Zhou et al. (2020) describen la entrada de microplásticos en suelo agrícola a través de diversas fuentes. Estas incluyen estructuras como invernaderos con redes protectoras, residuos de película de acolchado rota, bolsas de embalaje desgastadas, residuos plásticos en el campo, cestas de plástico, cintas de plástico, bolsas y botellas de paquetes de agroquímicos, película de plástico, residuos de plástico, campo de arroz sin mantillo y agua de riego. Además, se encontró una cantidad promedio de 503,3 partículas por kilogramo siendo la mayor abundancia registrada de 2760 piezas por kilogramo de suelo, las cuales tenían un rango de 1 a 4.5 mm (p. 5).

Por otro lado, Jiang et al. (2022) describen el riego y las operaciones mecánicas durante la cosecha como las principales fuentes de contaminación por microplásticos. En su investigación, se encontró una abundancia de microplásticos de hasta 890 partículas/kg de suelo (p. 3). En cuanto a Chouchene et al. (2022) mencionan que las principales fuentes de contaminación son la fragmentación de artículos de plástico degradados que ingresan a la tierra a través de la basura, así como las aguas residuales utilizadas para el riego y los lodos de depuradora utilizados para enmendar los suelos agrícolas. La concentración total encontrada en su investigación osciló entre 50 y 880 artículos/kg, con una abundancia promedio de 161 partículas por kilogramo de suelo (p. 3).

De la misma forma, Chen et al. (2020) se identificaron las bolsas de plástico, las redes de nylon, la poliespuma y otros residuos domésticos como las principales fuentes de contaminación, y los resultados mostraron que la concentración de MP fue de 62,50-78,00 artículos/kg y su abundancia osciló entre 320 y 12 560 artículos/kg, los cuales iban desde 0,02 a 5 mm y se presentaban en colores como rojo, negro, verde, azul, marrón y transparente (p. 4). De manera similar, Wang et al. (2021) describió colores como negro, amarillo, blanco y azul (p. 4). Comparado

con Zhang y Liu, (2018) sus resultados de concentraciones fueron entre 7100 y 42 960 piezas por kilogramo de suelo (p. 5).

A su vez, Álvarez et al. (2021) determina que los vertederos a cielo abierto son la fuente principal de microplásticos, debido a los residuos de ropa, bolsas de plástico y botellas (p. 2). Sin embargo, Colombini et al. (2022) identificó que las compostas resultantes de los desechos sólidos municipales son la principal fuente de contaminación (p. 2). Del mismo modo, Feng et al. (2021), determina que las muestras de suelo de tierras de cultivo cubiertas con mantillo, invernaderos, tierras de cultivo sin cobertura y pastizales son las principales fuentes de contaminación. También en sus resultados indicaron que el promedio de microplásticos en suelo poco profundo fue de 260 artículos/kg, siendo estas de colores rojo, negro, verde, azul, marrón y transparente (p. 3). Algo similar ocurre con Liu et al. (2018) donde se estableció que la acumulación de microplásticos estuvo entre los 275 y 250 artículos/kg, los cuales presentaban un tamaño entre 0,03 mm y 5 mm (p. 3).

En relación a los tipos de microplásticos y sus características, tenemos a Naderi et al. (2023) y Zhou et al. (2020), donde encontraron que el tipo de plástico más común en el suelo es el polietileno (PE) y el polipropileno (PP) (p. 3). Además, Chen et al. (2020) descubrieron varios tipos de microplásticos en el suelo de cultivo de hortalizas, entre ellos el polipropileno (PP), poliestireno (PS), polietileno (PE), policloruro de vinilo (PVC) (p. 6).

En otro estudio realizado por Dong et al. (2021) se descubrió que los polímeros más comunes eran el poliestireno (PS) y el politetrafluoroetileno (PTFE) (p. 7). Por su parte, Chouchene et al. (2022) identificaron el polipropileno (PP) como el microplástico más frecuente (p. 5). Comparado con la investigación de Álvarez et al. (2021) se observó una mayor abundancia de polietileno de baja y alta densidad, así como de tereftalato de polietileno (p. 3). Mientras que, Colombini et al. (2022) identificaron siete polímeros diferentes, incluyendo polietileno, polipropileno, poliestireno, tereftalato de polietileno, cloruro de polivinilo, poliamida y metacrilato de polimetilo (p. 4). Feng et al. (2021) encontró que los microplásticos tenían la forma de una película, siendo los polímeros dominantes encontrados el poliéster

(PE) y polipropileno (PP) (p. 5). En cambio, Liu et al., (2018), los tipos de polímeros más hallados fueron el polipropileno (PP) y polietileno (PE) (p. 2).

A su vez, Kim et al. (2021) señala que las formas de microplásticos más comunes encontradas en la escorrentía de suelos agrícolas incluyen fibras, fragmentos, películas y espuma, los cuales oscilaron entre 0,1 a 5 mm (p. 5). Por otro lado, las investigaciones de Álvarez et al., (2021); Wang et al., (2021); Wenzel et al., (2022) y He et al. (2023) en suelos agrícolas identificaron cuatro formas de microplásticos, esferas, películas, fibras y fragmentos. Asimismo, Vásquez et al. (2021) encontraron que las formas predominantes de microplásticos en cultivos vegetales fueron fibras, fragmentos, microesferas y espuma. Estos hallazgos subrayan la presencia y diversidad de las diferentes formas de microplásticos en los suelos agrícolas (p. 6).

En cuanto a Chouchene et al. (2022), en su investigación sobre cultivos de hortalizas y frutas, identificaron varias formas de microplásticos presentes en el suelo. Estas formas incluían fibras blancas o transparentes de pequeño tamaño, fragmentos de forma irregular y fibras rizadas, mientras que los gránulos fueron las partículas menos comunes encontradas (p. 5).

En cuanto a los autores Zhang y Liu (2018), se determinó que el tamaño de partícula más frecuente se encontraba en el rango de 0,05 a 0,25 mm y las formas predominantes de partícula de plástico fueron las fibras, seguidas por los fragmentos de plástico y las películas (p. 3). En cambio, He et al. (2023), observó que las partículas con tamaños que oscilaban entre 0,15 y 0,5 mm eran las más comunes. Por otro lado, según el estudio realizado por Colombini et al. (2022), se determinó que los fragmentos de películas ligeras y los fragmentos sólidos no extruidos eran las formas más comunes de plástico encontradas (p. 6). Además, Liu et al. (2018), identificaron diversas formas de microplásticos, incluyendo fibras, fragmentos, películas y gránulos. En su investigación, también se detectaron cinco colores de microplásticos como el negro, azul, verde, rojo y transparente (p. 3). En cambio, Zhang et al. (2020), encontraron blanco, transparente y rojo.

Tanto Dong et al., (2021); Yang et al., (2021) y Yu (2023), coinciden en que los microplásticos tienen un tamaño que oscila entre 1 y 5 mm. Dong et al. (2021)

señalan que estos microplásticos pueden adoptar diferentes formas, como fibras, fragmentos, películas, partículas esféricas y microesferas (p.3). Por su parte, Yu (2023), destaca para identificar los microplásticos, es necesario examinar visualmente el material que ha sido aislado y purificado, y que los microplásticos de 1 a 5 mm pueden ser inspeccionados a simple vista, dependiendo de la habilidad y experiencia del operador (p. 4). Según, Zhou et al. (2019) el tamaño de microplástico encontrado tenían un tamaño inferior a 0,5 mm (p.4).

De acuerdo con Elías (2015), el plástico es un material sintético que se obtiene de polímeros llamados monómeros y su degradación puede tardar hasta 300 años. Tienen la capacidad de ser moldeables y tienen la adaptabilidad de tener diversas formas y usos. Además, ha sido un material que ha reemplazado a otros materiales desde hace ya muchos años, debido a que es liviano, resistente y económico, de manera general se podría decir que es comercializado por usarse como envases de alimentos, botellas, bolsas, juguetes, componentes electrónicos, muebles, automóviles y muchas otras industrializaciones (p. 8).

La FAO (2023), define el suelo agrícola como “un recurso vivo, dinámico y complejo que interactúa con las plantas, los animales y el ambiente para sustentar la elaboración de alimentos y otros productos provenientes de la agricultura" (p. 1).

Según la legislación, el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) del suelo se define como la evaluación que indica el grado de concentración de elementos, sustancias o factores físicos, químicos y biológicos en un entorno determinado, estos parámetros se relacionan con actividades productivas, extractivas y de servicios. Además, no existe ECA de suelo para contaminantes emergentes como plásticos y microplásticos, siendo crucial para asegurar la calidad del suelo. Así mismo, las personas responsables de dichas actividades deben llevar a cabo evaluaciones y, en caso necesario, implementar acciones de remediación en sitios contaminados, con la finalidad de proteger el medio ambiente y salvaguardar la salud de las personas (SINIA, 2014, p. 2).

Perú a nivel legislativo cuenta con la Ley 30884, que se encarga de regular el plástico de un solo uso, así como la fabricación y uso de Tecnopor, que está prohibido desde el 20 de diciembre del 2021 (MINAM, 2019, p. 5).

Tal como señalan Chogatapur et al. (2017) el cultivo orgánico de caña de azúcar se sustenta en prácticas agrícolas que priorizan la sostenibilidad. Estas técnicas involucran la utilización de fertilizantes orgánicos y vegetales, la implementación de biofertilizantes y compost, la gestión de plagas y enfermedades mediante métodos no sintéticos, como el uso de plaguicidas naturales, así como la adopción de estrategias como la rotación de cultivos y la intercalación de distintos tipos de cultivos (p. 5).

Según Tantaleán (2015), el alcance se refiere al grado de profundidad que tendrá el estudio al concluirse, dependiendo de los objetivos del investigador (p. 2).

De acuerdo con Elías (2015), los microplásticos se refieren a diminutas partículas de plástico que se generan a través del proceso de transformación del plástico en unidades microscópicas. Estas partículas se originan principalmente debido a la degradación causada por la radiación solar y la degradación térmica. La clasificación de estas partículas se basa principalmente en características morfológicas como su tamaño, forma y color (p. 3).

Debido a que existen numerosas fuentes de entrada de MP en los agroecosistemas, la contaminación por partículas (MP) tiene un impacto significativo en los ecosistemas terrestres (Kumar et al., 2020, p. 3). Estas fuentes pueden incluir el riego, la descomposición de la película plástica utilizada como mantilla, la aplicación de compost, las pilas depuradoras como parte de la recogida de residuos urbanos, así como la contaminación atmosférica y la erosión vial que provoca inundaciones (Zhou et al., 2019; Chen et al., 2020; Chouchene et al., 2022).

Los polímeros son compuestos naturales, químicos o sintéticos los cuales se forman a través de la polimerización, se le denomina polímero de plástico por la capacidad de ser moldeado con facilidad y porque se deriva de la celulosa, proteína y resina (Flores, 2009, p. 2).

Según Beltrán (2011), todos los tipos de plásticos, como los termoestables, elastómeros, composites, plásticos espumados y cristales líquidos, existen en la industria. Sin embargo, los plásticos más utilizados son los termoplásticos debido a su capacidad para fundirse fácilmente, lo que los hace reciclables. Entre los

termoplásticos más comunes se encuentran el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS) y el policloruro de vinilo (PVC) (p. 3).

Tabla 1. *Fuentes y tipos de plásticos*

Tipo de plástico	Fuentes comunes
Tereftalato de polietileno (PET)	Botellas de agua, envases de aceite y botellas de bebida.
Polietileno de alta densidad (HDPE)	Implementos de aseo y bolsas de supermercado.
Policloruro de Vinilo (PVC)	Envases de detergentes, cables eléctricos y tubos de cañerías.
Polietileno de baja densidad (LDPE)	Shampoo, bolsas para basura, envases de crema y manteles.
Polipropileno (PP)	Vasos no desechables, contenedores de alimentos, tapas de botellas y mamaderas.
Poliestireno (PS)	Envases de yogurt, vasos, envases de margarina, envases de helado, cubiertos desechables y platos.

Fuente: (Pascual, 2023, p. 2).

La técnica moderna de espectroscopia infrarroja mediante transformada de Fourier (FTIR), se utiliza para la identificación y análisis de polímeros, incluyendo microplásticos, en muestras de suelo. Esta técnica permite diferenciar de manera rápida y precisa las diversas clases de polímeros de forma segura, debido a que se obtienen espectros de las muestras las cuales se comparan con espectros de plástico puros (Velandia, 2017, p. 17).

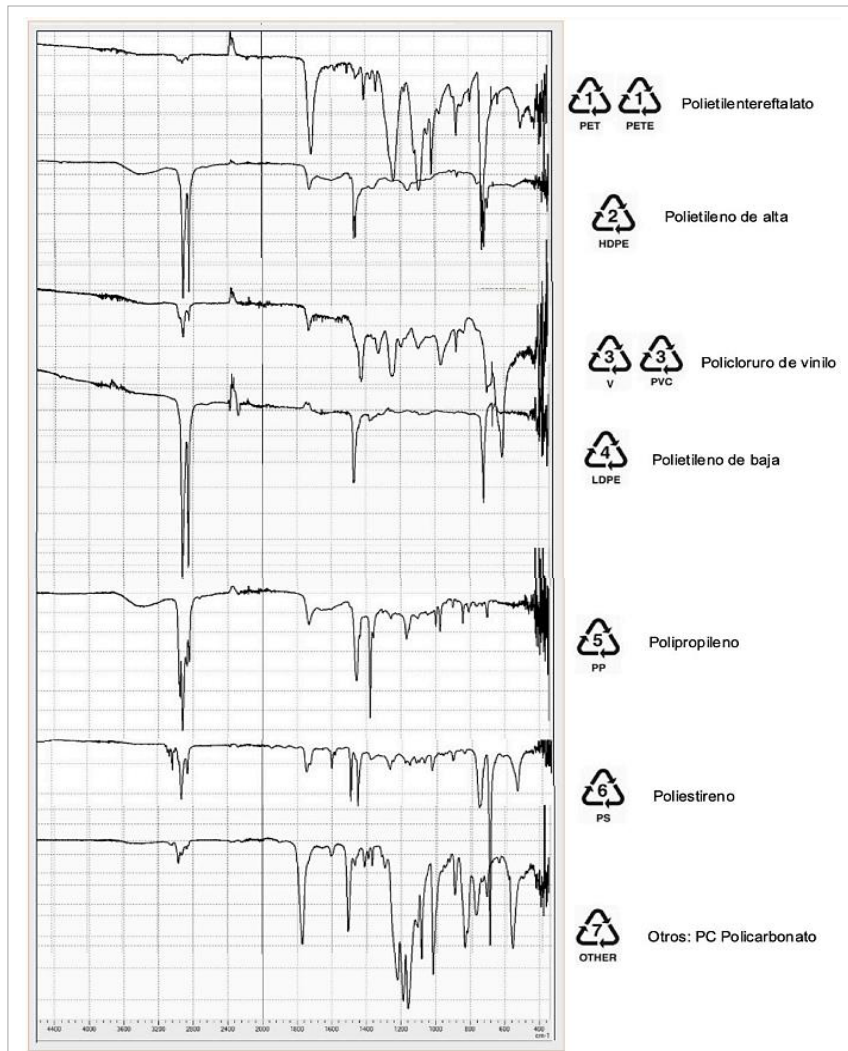


Figura 1. Espectros de los tipos de plástico puros

Fuente: Velandia,2017, p. 22

A continuación, se redactan los procedimientos usados para la separación de los microplásticos presentes en suelos agrícolas.

En el trabajo de Álvarez et al. (2021), se combinaron el método de separación por densidad con una solución saturada de $ZnCl_2$ y el método de filtración mediante tamizado, lo que permitió una eficiente separación y recolección de los microplásticos presentes en las muestras de suelo (p. 2). De forma similar, Harms et al. (2021), se implementó la metodología del tamizado para reducir el volumen de suelo y obtener únicamente partículas en el rango de 1 a 5 mm (p. 3). En cuanto, Colombini et al. (2022) optó por utilizar el método de tamizado, seguido de secado

y enjuague, para la recolección manual de los microplásticos utilizando pinzas bajo un microscopio estereoscópico (p. 2).

En el estudio de Liu et al., (2018); Zhou et al., (2020); Wang et al., (2021) y He et al., (2023), implementaron el método de separación por densidad utilizando una solución saturada de cloruro de sodio (NaCl) para extraer las muestras de suelo y separar los microplásticos. Asimismo, las partículas de plástico detectables visualmente se separaron con pinzas y se contaron a mano.

Por otro lado, en las investigaciones de Isari et al. (2021) y Yang et al. (2021) los microplásticos presentes fueron separados utilizando un método de flotación de densidad, junto con el uso de varios tamices, filtros y separación de flujo secuencial.

Con relación a la eliminación de la materia orgánica, Liu et al., (2018) y Jiang et al. (2022) emplearon solución de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 30%, mientras que Chouchene et al. (2022) optó por una solución acuosa de Hidróxido de potasio (KOH) al 10%. Ambos procedimientos se llevaron a cabo durante un período de 72 horas (p. 3).

En el estudio realizado por Jiang et al. (2022), optó por utilizar la técnica de separación por densidad, pero complementa su análisis con la espectroscopía infrarroja transformada por micro Fourier, lo que brindó información más detallada sobre los microplásticos identificados (p. 2). En una línea similar, Liu et al., (2018); Zhou et al., (2020); Harms et al., (2021); Wang et al., (2021) y Chouchene et al., (2022), recurrieron a la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para identificar los polímeros presentes en forma de microplásticos (p. 3).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación:

Fue de tipo básica, con el propósito de requerir la obtención de información novedosa con el fin de ofrecer soluciones alternativas (Alvarez, 2020, p. 2). El enfoque utilizado en este trabajo de investigación fue de naturaleza cuantitativa, debido a que se realizó la recopilación y registro de datos numéricos para su análisis posterior (Vega et al., 2014, p. 3).

3.1.2 Diseño de investigación:

Se aplicó un diseño no experimental debido a que no realizaremos ninguna modificación en cuanto a nuestras variables (Alvarez, 2020, p. 3). En vista de esto, nos enfocamos en el análisis y observación de nuestros resultados.

El alcance temporal de la investigación fue transeccional o transversal a causa de que los datos se guardaron instantáneamente. Además, el nivel de investigación fue exploratorio, debido a que se recolectó información que era poco estudiada en nuestro país. La delimitación temporal fue de 4 meses.

3.2. Variables y operacionalización:

Se consideraron como variable independiente a los microplásticos, mientras que la contaminación de los suelos de cultivos de caña de azúcar se definió como la variable dependiente.

3.2.1 Microplásticos

- **Definición conceptual:**

Los microplásticos son micropartículas de plástico que se encuentran presentes en los suelos agrícolas. Algunos de los tipos más usuales abarcan el polietileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo, poliéster y nailon. Estas partículas tienen un tamaño que oscila entre 1 mm y 5 mm, y pueden adoptar tanto formas de fibras como de fragmentos. (Dong et al., 2021, p. 3).

- **Definición operacional:**

Para lograr una identificación precisa de los microplásticos, se realizó un tamizado de las muestras utilizando diferentes tamaños de tamices, específicamente 5, 2, 1 y 0.6 milímetros.

Para llevar a cabo el recuento de microplásticos, se procedió a contar, tomar fotografías y separar con pinzas de acero inoxidable todas las partículas y fibras que se sospechaba que eran microplásticos.

En el caso de los microplásticos con tamaños de 0.6 a 1 milímetros, se aplicó un método de separación por densidad utilizando una solución saturada de NaCl. Luego, se sometieron a un proceso de filtración y para eliminar cualquier materia orgánica presente, se empleó peróxido de hidrógeno al 30%.

Finalmente, todas las muestras se analizaron utilizando la técnica de espectroscopía infrarroja FTIR para identificar los tipos de polímeros plásticos presentes, características y cuantificar su presencia en las muestras de suelo.

- **Indicadores:**

- Residuos domésticos, residuos agrícolas y residuos plásticos industriales.
- Polietileno (PE), Tereftalato de polietileno (PET), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), Polietileno de alta densidad (HDPE), Polietileno de baja densidad (LDPE) y Policloruro de vinilo (PVC).
- Tamaño, forma y color.

- **Escala de medición:** Razón, nominal e intervalo.

3.2.2. Contaminación de suelos de cultivos de caña de azúcar

- **Definición conceptual:**

En los suelos agrícolas, la principal fuente de contaminación por microplásticos son los residuos de películas plásticas, debido a su aplicación intensiva y eliminación inadecuada (Chen et al., 2020, p. 3). Esto

plantea un riesgo de contaminación sinérgica para el medio ambiente, lo que a su vez puede tener impactos potencialmente adversos en los organismos del suelo (Jiang et al., 2022, p. 4).

- **Definición operacional:**

Para evaluar la contaminación de los suelos agrícolas, se empleó una ficha de datos, en la cual se registraron detalladamente las cantidades de plástico en gramos por metro cuadrado, considerando categorías como plásticos domésticos, industriales y agrícolas. Esta información se recopiló en los dieciséis puntos de muestreo, proporcionando una visión más completa de las fuentes y la magnitud de la contaminación plástica en dichos suelos.

- **Indicadores:**

- Distribución cercana a área urbana
- Distribución dentro del campo de cultivo
- Distribución cercana a carretera
- Distribución cercana a canal de riego

- **Escala de medición:** Razón.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población:

La población de nuestro estudio estuvo compuesta por 6.500 hectáreas de suelo de cultivo de caña de azúcar de Casa Grande, provincia de Ascope, departamento La Libertad (Coazucar, 2023, p. 2).

- **Criterios de inclusión:**

Áreas de cultivo cercanas a la urbanización, carreteras y dentro del campo de cultivo.

- **Criterios de exclusión:**

Áreas de cultivo de caña de azúcar no correspondientes a Casa Grande, provincia de Ascope, departamento La Libertad.

3.3.2 Muestra:

Se recolectaron cinco muestras en cada punto de muestreo, lo que resulta en un total de veinte puntos de muestreo recopilados (Figura 4).

Asimismo, se consideró la ubicación de los plásticos en la zona con el fin de determinar los puntos de mayor cantidad de microplásticos.

3.3.3 Muestreo:

En nuestra metodología para la toma de muestras, se priorizó los cultivos de caña de azúcar que se ubican alrededor de Casa Grande. Las muestras seleccionadas fueron escogidas aleatoriamente, cada una dentro de un cuadrante de 50 cm x 50 cm y a una profundidad de 20 cm.

Finalmente, se obtuvieron dieciséis muestras de suelo en cultivo de caña de azúcar (M1-M6) con una unidad de análisis de $1m^2$ y cuatro muestras de raíz de caña de azúcar por cada indicador.

Además, se llevó a cabo un muestreo no probabilístico, basado en la conveniencia, ya que las muestras se seleccionaron considerando la accesibilidad y la disponibilidad de los investigadores. Es importante destacar que se aplicó un diseño de estudio transversal, ya que la recopilación de datos se realizó en un único momento en el tiempo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica usada fue observación no experimental, debido a que no queremos alterar datos. Además, nos ayudó a validar nuestras hipótesis.

Se emplearon dos instrumentos de recopilación de datos: la obtención de datos y análisis de las muestras y evaluación de las características de los microplásticos, donde se obtuvieron datos específicos para el proceso de recopilación de información.

Tabla 2. Instrumentos de recolección de datos

Nombre del instrumento	Anexos
Ficha 1. Obtención de datos y análisis de las muestras.	Anexo 2
Ficha 2. Evaluación de las características de los microplásticos.	Anexo 3

Fuente: elaboración propia.

Los instrumentos de recopilación de datos fueron validados a través de la evaluación de cinco profesionales especialistas en la materia. Los resultados revelaron un promedio del 93%, lo que demuestra que los medios utilizados son satisfactorios (Anexo 4).

La confiabilidad de los instrumentos empleados en esta investigación se sustenta en fichas experimentales específicas diseñadas para el muestreo y los procesos experimentales (Anexo 2 y 3).

3.5. Procedimientos

En la Figura 2, se describe el procedimiento para identificar el alcance y características de los microplásticos que afectan la contaminación del suelo de cultivo de caña de azúcar en el distrito de Casa Grande.



Figura 2. Etapas del procedimiento para el análisis de microplásticos.

Fuente: elaboración propia.

Etapa 1: Identificación de posibles fuentes contaminantes de microplásticos

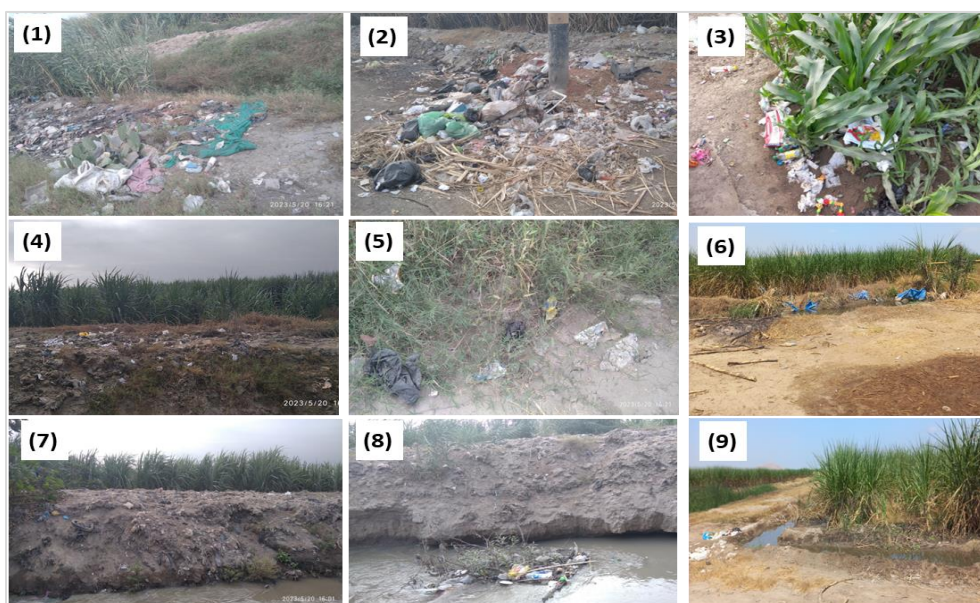


Figura 3. Fotos con posibles fuentes contaminantes de microplásticos, 1: Residuos de película de acolchado rota; 2: bolsa de embalaje desgastada; 3,4: Residuos plásticos en campo; 5: Bolsas y botellas de paquetes de agroquímicos; 6: película de plástico; 7: Residuos de plástico; 8,9: Agua de riego.

Fuente: elaboración propia.

Etapa 2: Ubicación de puntos para la toma de muestra.

Se seleccionaron aleatoriamente 16 puntos de muestreo de suelo de cultivo de caña de azúcar (M1-M16) y 4 puntos de muestreo de raíz (R1-R4), enfocándose en aquellas que presentaban una mayor concentración de residuos plásticos (Figura 4).

Las ubicaciones de los sitios de muestreo se determinaron respectivamente mediante un localizador GPS, registrando sus coordenadas UTM.

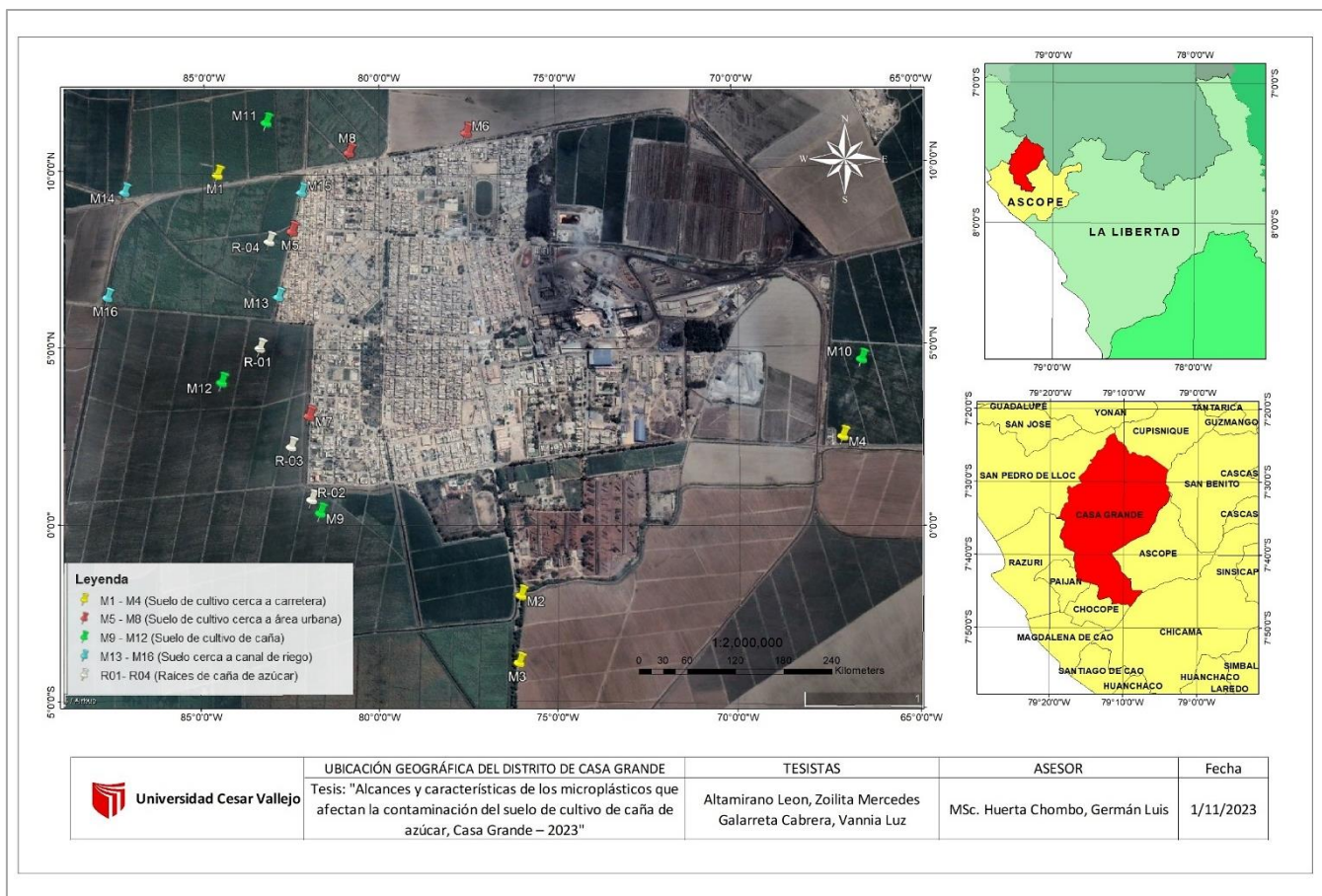


Figura 4. Delimitación de puntos de muestreos

Fuente: elaboración propia.

Etapa 3: Toma de muestra

Para realizar la toma de muestras, empleamos un cuadrante con dimensiones de 100 x 100 cm, lo que nos permitió obtener una muestra de un área de 1m². Además, se procedió a la recolección del plástico presente en la superficie con el fin de cuantificar su peso en gramos por metro cuadrado, utilizando una balanza analítica.

Las muestras fueron recolectadas, de la capa horizonte A, con una profundidad de 20 cm, mediante el uso de una pala. Cada muestra constó aproximadamente de 1 kg de suelo recopilado.

Durante la recolección, se procedió a la eliminación de las raíces visibles, así como de los escombros y las piedras, los cuales fueron posteriormente descartados antes de realizar el análisis. En relación a las cuatro muestras de

raíces, se llevó a cabo una medición de la profundidad de 20 cm, se utilizó una pala para extraer la planta en su totalidad, posteriormente se procedió a realizar un corte, dejando únicamente la raíz. Después se almacenaron en bolsas de plástico con cierre hermético para garantizar su preservación.

Etapa 4: Secado y Tamizado de muestras en laboratorio

En el laboratorio de la Universidad César Vallejo, cada muestra de suelo y raíces fueron secados en un horno eléctrico marca QL MD EI88-020/01 a 55° C, durante 48 horas, una vez seco, las muestras de suelo se recolectaron una pila de tamices para limitar el tamaño de partícula deseada de (5 - 2 - 1 - 0,6 mm), las partículas visibles fueron retiradas con pinzas para luego contarlas. Cada clase de tamaño fueron colocadas en una bolsa con cierre hermético.

Etapa 5: Flotación de microplásticos

La extracción de microplásticos de las muestras de suelo tamizado, se llevó a cabo mediante separación por densidad. Se separó 50 g de cada muestra, para añadirse a un vaso precipitado de 250 ml y se mezcló con 200 ml de solución saturada de NaCl. Posteriormente, se agitaron por completo las mezclas utilizando una varilla de vidrio durante 10 minutos, y se dejaron reposar durante 30 minutos para recolectar el sobrenadante.

Etapa 6: Filtración de microplásticos

Después de transcurrido el tiempo necesario, se procedió al filtrado de la solución para capturar los microplásticos sobrenadantes. Para ello, se utilizó un embudo de vidrio y un matraz Erlenmeyer, empleando el papel filtro para atrapar los microplásticos y así poder realizar su posterior caracterización.

El sobrenadante se transfirió a placas Petri, a las cuales se les añadió 20 ml de una solución de H₂O₂ al 30% durante un periodo de 72 horas para la eliminación de la materia orgánica.

Etapa 7: Caracterización de microplásticos

Para identificar los colores de los microplásticos, se sometieron a un cuantificador de colonias con el objetivo de lograr una caracterización más detallada. Asimismo, para identificar las formas de los microplásticos, se examinaron bajo un microscopio Olympus CX31 con un rango de 4x/0.10. Finalmente, con ayuda de pinzas, se recolectaron las muestras y se almacenaron en bolsas herméticas, realizando una etiquetación adecuada para su análisis posterior.

Etapa 8: Análisis de espectroscopia infrarroja

Se llevó a cabo la identificación de microplásticos en las raíces y el tipo de plástico en las muestras de suelo, mediante Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (Nicolet IS50 FT-IR, modelo: Thermo Fisher Scientific), con un rango espectral se fijó en $600 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ y resolución de 4 cm^{-1} con un barrido de 16 veces.

3.6. Método de análisis de datos

- Se realizaron análisis descriptivos de los datos obtenidos utilizando Microsoft Excel y el programa estadístico InfoStat. Para examinar el suelo de cultivo de caña de azúcar, se emplearon los datos recopilados en el laboratorio donde se llevó a cabo la caracterización de microplásticos
- Asimismo, se empleó la espectroscopía infrarroja para analizar los microplásticos, lo cual permitió la observación e identificación del tipo de polímero de los microplásticos presentes en cada muestra.

3.7. Aspectos éticos

La base ética consistió en el respeto hacia las ideas y teorías de cada autor, garantizando un adecuado uso de las citas y referencias. Además, se sustentó en principios como la confidencialidad, originalidad y objetividad. Asimismo, se llevaron a cabo los análisis y resultados con todas las precauciones necesarias para evitar daños a los recursos naturales.

IV. RESULTADOS

4.1. Fuente y cantidad de plásticos contaminantes de suelo agrícola

Se identificaron fuentes de contaminación en diversas áreas dentro del distrito de Casa Grande, que incluyen suelos de cultivo cercanos a carretera, a la urbanización, a canal de riego y dentro de los campos de cultivo. Las fuentes detectadas abarcan los residuos plásticos generados tanto por hogares como por la industria y la agricultura.

Tabla 3. Fuentes de contaminación (suelo cerca a carretera)

Muestra	Domésticos g/m^2	Industriales g/m^2	Agrícolas g/m^2	
CAR-1	94	0	10	
CAR-2	43	18	0	
CAR-3	118	0	0	
CAR-4	63	0	0	
PROMEDIO	79,5	4,5	2,5	86,5

Fuente: elaboración propia.

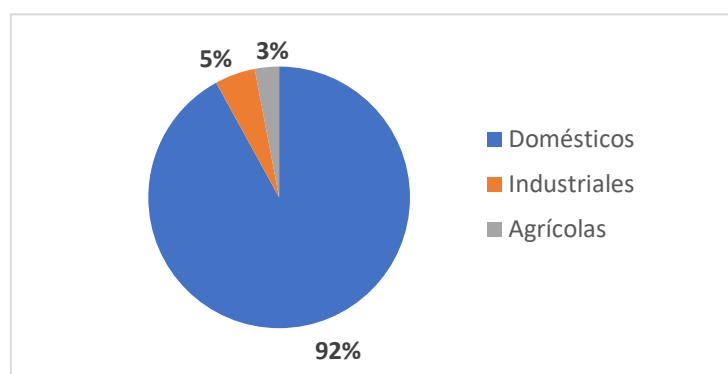


Figura 5. Porcentaje de contaminación de plástico – suelo cerca a carretera

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 3, podemos deducir que la suma promedio es de $86,5 g/m^2$, lo cual señala la presencia de plásticos en suelos agrícolas de cultivo de caña de azúcar cercano a carreteras. Además, en la Figura 5, se destaca que los residuos domésticos son la principal fuente de contaminación, con 92%, debido a que las personas a menudo arrojan basura, incluyendo envases de plástico, botellas y otros desechos, desde sus vehículos o cuando están cerca de carreteras.

Tabla 4. Fuentes de contaminación (suelo cerca al área urbana)

Muestra	Domésticos g/m ²	Industriales g/m ²	Agrícolas g/m ²	
URB-1	76	10	0	
URB-2	87	22	0	
URB-3	64	3	1	
URB-4	35	0	15	
PROMEDIO	65,5	8,75	4	78,25

Fuente: elaboración propia.

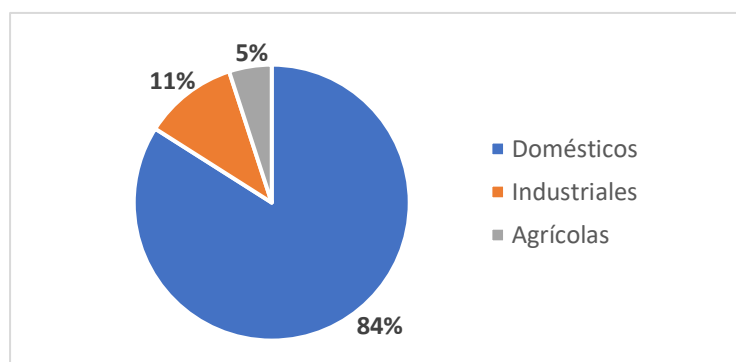


Figura 6. Porcentaje de contaminación – suelo cerca al área urbana
Fuente: elaboración propia

En la Tabla 4, se evidencia una suma promedio de 78,25 g/m², indicando la presencia de plásticos en suelos agrícolas de cultivo de caña de azúcar cercanas al área urbana. Asimismo, en la Figura 6, se destaca que los residuos domésticos son la principal fuente de contaminación, con 84%, esto se origina debido a la disposición inapropiada de estos residuos, dando lugar a puntos críticos de contaminación a distancias relativamente cortas de los campos agrícolas.

Tabla 5. Fuentes de contaminación (suelo dentro del campo de cultivo)

MUESTRA	Domésticos g/m ²	Industriales g/m ²	Agrícolas g/m ²	
CULT-1	37	0	1	
CULT-2	70	0	2	
CULT-3	96	0	14	
CULT-4	85	0	0	
PROMEDIO	72	0	4,25	76,25

Fuente: elaboración propia.

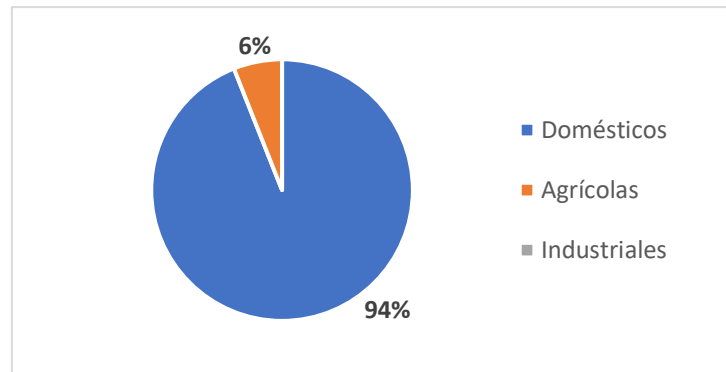


Figura 7. Porcentaje de contaminación – suelo dentro del campo de cultivo
Fuente: elaboración propia

En la Tabla 5, se constata una suma promedio de $76,25 \text{ g/m}^2$, lo que señala la existencia de plásticos en suelos agrícolas de cultivo de caña de azúcar dentro del área de cultivo. Igualmente, en la Figura 7, la fuente principal de contaminación son los residuos domésticos representando el 94%. Los cuales, con el tiempo, se esparcen al interior del campo de cultivo debido a la mala gestión de desechos.

Tabla 6. Fuentes de contaminación (suelo cerca a canal de riego)

MUESTRA	Domésticos g/m^2	Industriales g/m^2	Agrícolas g/m^2	
RIEG-1	58	0	0	
RIEG-2	132	0	14	
RIEG-3	46	0	0	
RIEG-4	74	0	0	
PROMEDIO	77,5	0	3,5	81

Fuente: elaboración propia.

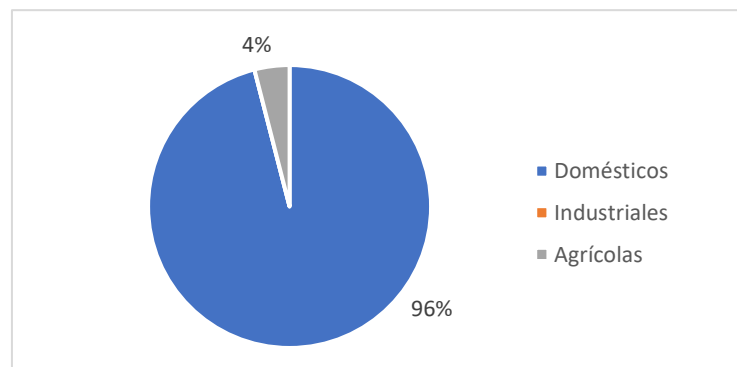


Figura 8. Porcentaje de contaminación – suelo cerca a canal de riego
Fuente: elaboración propia

En la Tabla 6, se verifica un promedio de 81 g/m^2 , lo que evidencia la presencia de plásticos en suelos cercanos a canal de riego. Igualmente, en la Figura 8, se evidencia que la principal fuente de contaminación son los residuos domésticos, con 96%, esto se debe a que, con el tiempo, se dispersan hacia los canales de riego debido a una inadecuada gestión de desechos, lo que facilita su transporte y acumulación en los sedimentos.

Tabla 7. Promedio de plásticos según su fuente de contaminación

ZONA	Domésticos g/m^2	Agrícolas g/m^2	Industriales g/m^2	TOTAL
Suelo de cultivo cerca a carretera	79,5	4,5	2,5	86,5
Suelo cerca a canal de riego	77,5	0	3,5	81
Suelo de cultivo cerca a área urbana	65,5	8,75	4	78,25
Suelo de cultivo de caña	72	0	4,25	76,25
PROMEDIO	73,63	3,31	3,56	80,5

Fuente: elaboración propia.

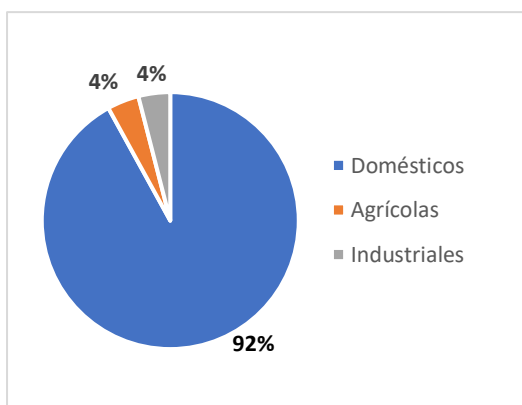


Figura 9. Porcentaje de plásticos por fuente de contaminación

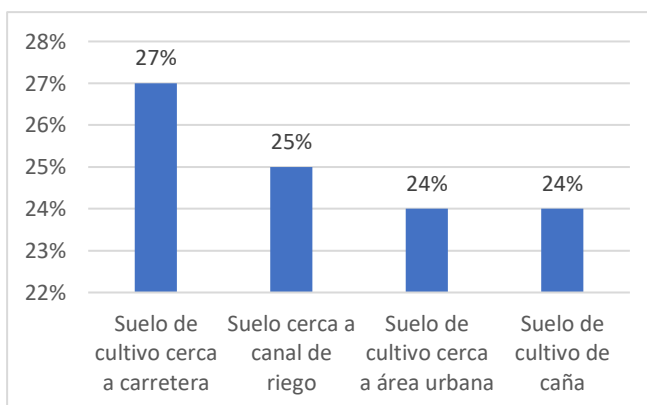


Figura 10. Porcentaje de plásticos por zonas

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 7, se observa un promedio general de 80,5 g/m^2 entre las cuatro zonas estudiadas. Además, al analizar la Figura 9, se resalta que la mayor parte de los residuos son de origen doméstico, con 92%. Este fenómeno se atribuye a la falta de una gestión adecuada de los residuos en los hogares, así como al

comportamiento de la población local y la disposición inadecuada de la basura doméstica, entre otros factores. Por otro lado, al observar la Figura 10, se torna evidente que la predominante fuente de contaminación se localiza en los suelos de cultivo cercanos a las carreteras, representando un 27% del total.

Tabla 8. Cantidad de plásticos por hectárea

ZONA	Domésticos (kg/ha)	Agrícolas (kg/ha)	Industriales (kg/ha)	TOTAL
Suelo de cultivo cerca a carretera	795	45	25	865
Suelo cerca a canal de riego	775	0	35	810
Suelo de cultivo cerca a área urbana	655	87,5	40	782,5
Suelo de cultivo de caña	720	0	42,5	762,5
PROMEDIO	736,25	33,13	35,63	805

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 8, se evidencia la presencia de plásticos en los suelos de cultivo cercanos a carreteras, alcanzando un total de 865 kg/ha. De este total, 795 kg/ha corresponden a residuos domésticos, 45 kg/ha son generados por fuentes agrícolas y 25 kg/ha son residuos industriales. En relación a los suelos cercanos a canal de riego, se registra un total de 810 kg/ha, distribuidos en 775 kg/ha de origen doméstico y 35 kg/ha de origen industrial. Asimismo, en los suelos de cultivo cercanos a área urbana se detecta un total de 782,5 kg/ha, desglosados en 655 kg/ha de residuos domésticos, 87,5 kg/ha de residuos agrícolas y 40 kg/ha de residuos industriales. Finalmente, en los suelos de cultivo de caña se registra un total de 762,5 kg/ha, de los cuales 720 kg/ha son residuos domésticos y 42,5 kg/ha son residuos agrícolas. En conjunto, considerando todas las fuentes en los distintos puntos de muestreo, se alcanza un total de 805 kg/ha en suelos agrícolas.

Tabla 9. Cantidad de microplásticos por zonas

Zonas	Partículas / kg
Suelos cercanos a carretera	62,5
Suelos cercanos a canal de riego	41,25
Suelos cercanos a área urbana	38,75
Suelos de cultivo de caña	26,5
PROMEDIO	169

Fuente: elaboración propia.

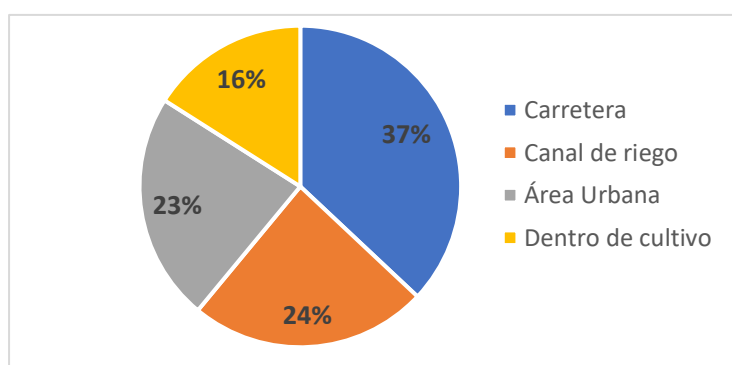


Figura 11. Porcentaje de microplásticos encontrados por zonas

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 9, los datos muestran que en promedio hay alrededor de 169 partículas de microplásticos por cada kilogramo de suelo. Además, la Figura 11 muestra que existe una mayor presencia de microplásticos en los suelos de cultivo cercanos a las carreteras, con un 37% de dicha presencia, lo que equivale a un promedio de 62,5 partículas por kilogramo de suelo.

A continuación, se llevó a cabo un análisis de varianza – LSD Fisher, para comparar las medias y determinar si presentan una diferencia estadísticamente significativa entre las cantidades de plásticos y microplásticos por fuente de contaminación que existe en las diferentes zonas.

H1: Existe una diferencia significativa en las cantidades y en la distribución de plásticos y microplásticos, por fuente de contaminación.

H0: No existe una diferencia significativa en las cantidades y en la distribución de plásticos y microplásticos, por fuente de contaminación.

Tabla 10. Análisis de varianza – LSD Fisher (fuente de contaminación)

Zona	Fuente Contaminación	Medias	n	E.E.	
Suelo de cultivo cerca a carretera (p=0.0006)	Agrícolas g/m ²	2.50	4	10.02	A
	Industriales g/m ²	4.50	4	10.02	A
	Domésticos g/m ²	79.50	4	10.02	B
Suelo de cultivo cerca a área urbana (p=0.0001)	Agrícolas g/m ²	5.00	4	8.76	A
	Industriales g/m ²	12.25	4	8.76	A
	Domésticos g/m ²	90.75	4	8.76	B
Suelo de cultivo de caña (p=0.0005)	Industriales g/m ²	0.00	4	11.16	A
	Agrícolas g/m ²	4.25	4	11.16	A
	Domésticos g/m ²	87.50	4	11.16	B
Suelo cerca a canal de riego (p=0.0025)	Industriales g/m ²	0.00	4	12.87	A
	Agrícolas g/m ²	3.50	4	12.87	A
	Domésticos g/m ²	80.75	4	12.87	B

Fuente: elaboración propia, InfoStat

Se llevó a cabo la prueba de normalidad con un nivel de confianza de 95% y se observó que ninguno de los datos tiene una distribución normal, dado que todos presentaron un nivel de significancia de $p < 0.05$.

En la Tabla 10, se presentan los resultados de las fuentes de contaminación en las cuatro zonas. Se observa que, en el caso de los residuos industriales y agrícolas, contienen una cantidad relativamente baja de plástico, no muestran diferencias significativas, lo que sugiere la aceptación de la hipótesis nula. Al compararlos con los residuos domésticos, se encuentra una diferencia significativa, indicando una clara influencia de la presencia de plásticos, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa en este caso.

Tabla 11. Prueba de Friedman – (fuentes de contaminación)

P domésticos	P industriales	P agrícolas	T ²	p
3.00	1.44	1.56	74.23	<0.0001

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 4.657

Tratamiento	Suma	Media	n		
P industriales	23.00	1.44	16	A	
P agrícolas	25.00	1.56	16	A	B
P domésticos	48.00	3.00	16		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la Tabla 11, se optó por aplicar la prueba de Friedman para la comparación de las medias. Según los resultados presentados se observa que los residuos domésticos, son significativamente diferentes, a comparación de las otras fuentes de contaminación.

4.2. Tipos de polímeros de plástico en suelo y raíces de los cultivos

Se han identificado diversos tipos de polímeros plásticos en varias zonas del distrito de Casa Grande. Con respecto a las muestras de raíces, no se logró identificar ningún microplástico debido al tamaño limitado del instrumento espectroscopia infrarroja (FTIR). En cuanto, a los suelos agrícolas abarcaron suelos de cultivo cercanos a la carretera, área urbana, canal de riego y campos de cultivo. Entre los polímeros identificados se encuentran el PET, HDPE, LDPE, PP, PVC y PS.

Tabla 12. Polímeros de microplásticos (suelo cerca a carretera)

Muestra	HDPE (N°/kg)	LDPE (N°/kg)	PP (N°/kg)	PVC (N°/kg)	PS (N°/kg)	OTROS (N°/kg)	
CAR-1	36	15	24	0	0	0	
CAR-2	29	0	25	28	13	0	
CAR-3	1	11	2	5	0	0	
CAR-4	5	38	13	0	4	1	
PROMEDIO	17,75	16	16	8,25	4,25	0,25	62,5

Fuente: elaboración propia.

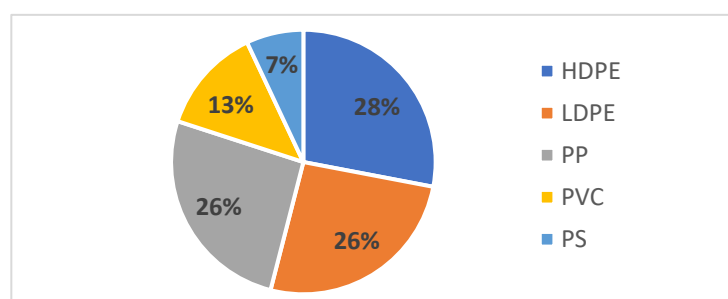


Figura 12. Porcentaje de polímeros – suelo cerca a carretera

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 12, podemos deducir que la suma promedio en suelos de cultivo de caña de azúcar cercano a carreteras es de 62,5 partículas/kg de suelo. Asimismo,

en la Figura 12, resalta que el polietileno de alta densidad, es el principal tipo de polímero, representando el 28%.

Tabla 13. *Polímeros de microplásticos (suelo cerca al área urbana)*

Muestra	PET (N°/kg)	HDPE (N°/kg)	LDPE (N°/kg)	PP (N°/kg)	PVC (N°/kg)	
URB-1	8	21	21	0	2	
URB-2	0	12	21	9	3	
URB-3	0	9	18	9	8	
URB-4	0	5	1	8	0	
PROMEDIO	2	11,75	15,25	6,5	3,25	38,75

Fuente: elaboración propia.

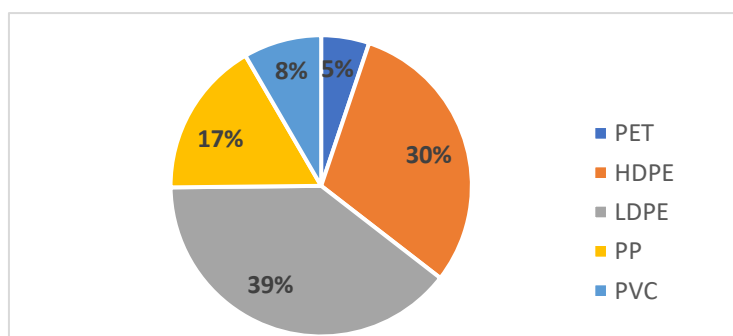


Figura 13. *Porcentaje de polímeros – suelo cerca al área urbana*

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 13, podemos deducir que la suma promedio en suelos de cultivo de caña de azúcar cercanas al área urbana es de 38,75 partículas/kg de suelo. Del mismo modo, en la Figura 13, resalta que el polietileno de baja densidad, es el principal tipo de polímero, representando el 39%.

Tabla 14. *Polímeros de microplásticos (suelo dentro del campo de cultivo)*

Muestra	PET (N°/kg)	HDPE (N°/kg)	LDPE (N°/kg)	PP (N°/kg)	PVC (N°/kg)	
CULT-1	5	9	2	0	5	
CULT-2	0	13	7	8	2	
CULT-3	18	16	8	0	1	
CULT-4	0	6	6	0	0	
PROMEDIO	5,75	11	5,75	2	2	26,5

Fuente: elaboración propia.

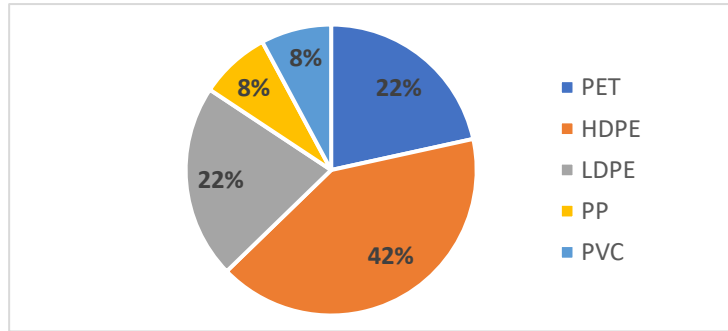


Figura 14. Porcentaje de polímeros – suelo dentro del campo de cultivo
Fuente: elaboración propia

En la Tabla 14, podemos deducir que la suma promedio en suelos dentro del campo de cultivo de caña de azúcar es de 26,5 partículas/kg de suelo. Además, en la Figura 14, resalta que el polietileno de alta densidad, es el principal tipo de polímero, representando el 42%.

Tabla 15. Polímeros de microplásticos (suelo cerca a canal de riego)

Muestra	PET (N°/kg)	HDPE (N°/kg)	LDPE (N°/kg)	PP (N°/kg)	PVC (N°/kg)	
RIEG-1	55	0	0	0	1	
RIEG-2	20	13	6	0	0	
RIEG-3	16	12	0	0	1	
RIEG-4	29	10	0	2	0	
PROMEDIO	30	8,75	1,5	0,5	0,5	41,25

Fuente: elaboración propia.

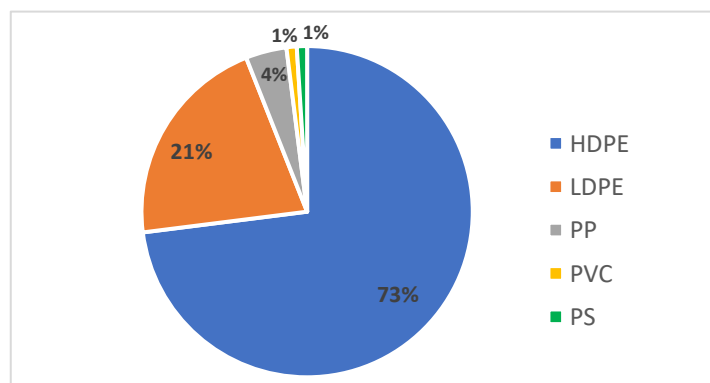


Figura 15. Porcentaje de polímeros – suelo cerca a canal de riego
Fuente: elaboración propia

En la Tabla 15, podemos deducir que la suma promedio en suelo cerca a canal de riego es de 41,25 partículas/kg de suelo. Además, en la Figura 15, resalta que el polietileno de alta densidad, es el principal tipo de polímero, representando el 73%.

Tabla 16. Promedio de microplásticos según el tipo de polímero de plástico

ZONA	PET (N°/kg)	HDPE (N°/kg)	LDPE (N°/kg)	PP (N°/kg)	PVC (N°/kg)	PS (N°/kg)	Otros (N°/kg)	TOTAL
Suelo de cultivo cerca a carretera	0	17,75	16	16	8,25	4,25	0,25	62,5
Suelo cerca a canal de riego	5,75	11	5,75	2	2	0	0	26,5
Suelo de cultivo cerca a área urbana	2	11,75	15,25	6,5	3,25	0	0	38,75
Suelo de cultivo de caña	0	30	8,75	1,5	0,5	0,5	0	41,25
PROMEDIO	1,94	17,63	11,44	6,50	3,50	1,19	0,06	42,25

Fuente: elaboración propia.

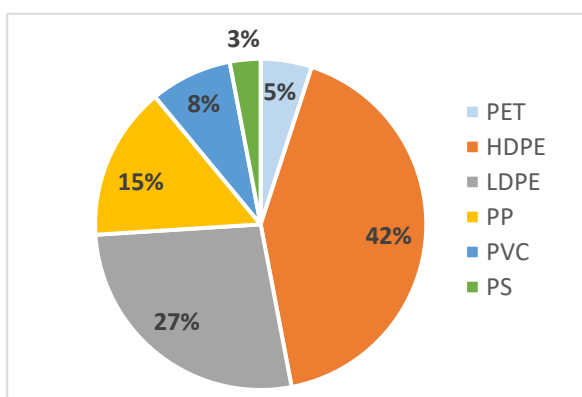


Figura 16. Porcentaje de microplásticos por polímero

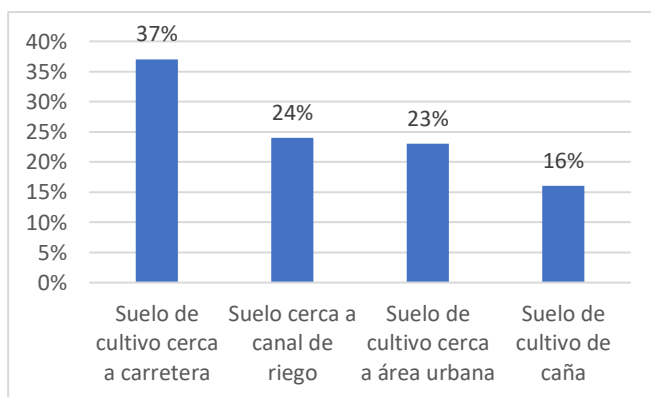


Figura 17. Porcentaje de tipo de polímero por zonas

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 16, podemos concluir que se presenta un promedio general de 42,25 polímeros en las cuatro zonas consideradas. Además, en la Figura 16, se destaca que polímero más predominante es el polietileno de alta densidad, con 42%. En la Figura 17, se evidencia que la mayor cantidad de polímeros se encontraron en los suelos de cultivo cercanos a las carreteras, representando un 37% del total.

A continuación, se llevó a cabo un análisis de varianza – LSD Fisher, para comparar las medias y determinar si presentan una diferencia estadísticamente significativa entre las cantidades de tipos de polímeros que existe en las diferentes zonas.

H1: Existe una diferencia significativa en las cantidades de tipos de polímeros.

H0: No existe una diferencia significativa en las cantidades de tipos de polímeros.

Tabla 17. *Análisis de varianza – LSD Fisher (tipo de polímero)*

Zona	Tipo de polímero	Medias	n	E.E.			
Suelo de cultivo cerca a carretera (p=0.1351)	PET	0.00	4	5.64	A		
	PC	0.25	4	5.64	A		
	PS	4.25	4	5.64	A	B	
	PVC	8.25	4	5.64	A	B	
	PP	16.00	4	5.64	A	B	
	LDPE	16.00	4	5.64	A	B	
	HDPE	17.75	4	5.64		B	
Suelo de cultivo cerca a área urbana (p=0.0017)	PS	0.00	4	2.57	A		
	PC	0.00	4	2.57	A		
	PET	2.00	4	2.57	A		
	PVC	3.25	3	2.57	A		
	PP	6.50	4	2.57	A	B	
	HDPE	11.75	4	2.57		B	C
	LDPE	15.25	4	2.57			C
Suelo de cultivo de caña (p=0.0442)	PS	0.00	4	2.36	A		
	PC	0.00	4	2.36	A		
	PP	2.00	4	2.36	A	B	
	PVC	2.00	3	2.36	A	B	
	LDPE	5.25	4	2.36	A	B	C
	PET	7.00	4	2.36		B	C
	HDPE	10.25	4	2.36			C
Suelo cerca a canal de riego (p=0.0001)	PC	0.00	4	3.60	A		
	PET	0.00	4	3.60	A		
	PS	0.50	4	3.60	A		
	PVC	0.50	4	3.60	A		
	PP	1.75	4	3.60	A		
	LDPE	8.75	4	3.60		B	
	HDPE	29.75	4	3.60			C

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la Tabla 17, se llevó a cabo la prueba de normalidad con un nivel de confianza de 95%. Con relación a los suelos cerca a carretera, se observó que los datos tienen

una distribución normal, dado que todos presentaron un nivel de significancia de $p < 0.05$. En este análisis, no se identifican diferencias significativas entre PET y PC. En este caso, también se acepta la hipótesis nula y en comparación con PS, PVC, PP, LDPE y HDPE, que sí revelan diferencias significativas, respaldando así la hipótesis alternativa. En contraste, en los suelos de cultivo cerca al área urbana, PS, PC, PET y PVC, no muestran diferencias significativas. En este caso, también se acepta la hipótesis nula y en comparación con PP, HDPE y LDPE, que sí revelan diferencias significativas, respaldando así la hipótesis alternativa. En lo que respecta a los suelos de cultivo de caña de azúcar, no se observan diferencias significativas entre PS y PC, PP y PVC. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula, mientras que para LDPE, PET y HDPE, muestran diferencias significativas, lo que lleva a la aceptación de la hipótesis alternativa. Finalmente, en los suelos cerca a canal de riego, no se encuentran diferencias significativas entre PC, PET, PS, PVC y PP. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula para estos polímeros. Sin embargo, LDPE y HDPE, sí presentan diferencias significativas, lo que respalda la hipótesis alternativa en este contexto.

Tabla 18. Prueba de Friedman – (polímeros en suelo cerca a carretera)

ZONA	PET	HDPE	LDPE	PP	PVC	PS	PC	T ²	p
Suelo cerca Carretera	2.00	5.75	5.25	5.50	4.00	3.13	2.38	3.78	0.0131
<i>Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 9.435</i>									

Tratamiento	Suma	Media	n						
PET	8.00	2.00	4	A					
PC	9.50	2.38	4	A	B				
PS	12.50	3.13	4	A	B	C			
PVC	16.00	4.00	4	A	B	C	D		
LDPE	21.00	5.25	4			C	D		
PP	22.00	5.50	4				D		
HDPE	23.00	5.75	4				D		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la tabla 18, se aplicó la prueba de Friedman para comparar las medias. Según los resultados se destaca que los polímeros en suelo cerca a carretera son significativamente diferentes.

Tabla 19. Prueba de Friedman – (polímeros en suelo con cultivo caña)

ZONA	PET	HDPE	LDPE	PP	PVC	PS	PC	T ²	p
Suelo con cultivo caña	4.38	6.63	5.13	3.25	4.13	2.25	2.25	5.14	0.0031

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 8.286

Tratamiento	Suma	Media	n						
PS	9.00	2.25	4	A					
PC	9.00	2.25	4	A	B				
PP	13.00	3.25	4	A	B	C			
PVC	16.50	4.13	4	A	B	C	D		
PET	17.50	4.38	4			C	D	E	
LDPE	20.50	5.13	4			C	D	E	F
HDPE	26.50	6.63	4						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la tabla 19, se optó por emplear la prueba de Friedman para llevar a cabo la comparación de las medias. Según los resultados se destaca que los polímeros en suelo con cultivo caña son significativamente diferentes.

Tabla 20. Prueba de Friedman – (polímeros en suelo cerca a canal riego)

ZONA	PET	HDPE	LDPE	PP	PVC	PS	PC	T ²	p
Suelo en canal riego	2.63	7.00	5.25	3.25	3.25	4.00	2.63	7.39	0.0004

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 7.021

Tratamiento	Suma	Media	n						
PC	10.50	2.63	4	A					
PET	10.50	2.63	4	A	B				
PVC	13.00	3.25	4	A	B	C			
PP	13.00	3.25	4	A	B	C	D		
PS	16.00	4.00	4	A	B	C	D	E	
LDPE	21.00	5.25	4					E	F
HPDE	28.00	7.00	4						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la tabla 20, se aplicó la prueba de Friedman para comparar las medias. Según los resultados se destaca que los polímeros en suelo cerca a canal riego son significativamente diferentes.

Tabla 21. Prueba de Friedman – (polímeros en suelo cerca a área urbana)

ZONA	PET	HDPE	LDPE	PP	PVC	PS	PC	T ²	p
Suelo cerca Urbana	2.88	6.00	6.38	4.88	3.63	2.13	2.13	9.18	0.0001

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 6.950

Tratamiento	Suma	Media	n						
PS	8.50	2.13	4	A					
PC	8.50	2.13	4	A	B				
PET	11.50	2.88	4	A	B	C			
PVC	14.50	3.63	4	A	B	C	D		
PP	19.50	4.88	4					D	E
HDPE	24.00	6.00	4					E	
LDPE	25.50	6.38	4					E	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia, InfoStat

En la tabla 21, se aplicó la prueba de Friedman para comparar las medias. Según los resultados se destaca que los polímeros en suelo cerca a área urbana son significativamente diferentes.

4.3. Formas, tamaños y colores de los microplásticos de suelo agrícola

Se reconocieron las características de los microplásticos en diversas áreas del distrito de Casa Grande, que abarcan suelos de cultivo cerca a carretera, a urbanización, canal de riego y campos de cultivo. Las formas encontradas incluyen fragmentos, fibras, películas y esferas. Además, los tamaños de los microplásticos variaron en tres rangos distintos (0,6 a 1 mm, 2 mm y 3 a 5 mm). Por último, se han identificado una gama de colores que incluye azul, negro, amarillo, blanco, rojo, verde y transparente.

Tabla 22. Formas de microplásticos (suelo cerca a carretera)

MUESTRA	PELÍCULAS (partícula/kg)	ESFERA (partícula/kg)	FIBRAS (partícula/kg)	FRAGMENTOS (partícula/kg)	
CAR-1	0	0	3	72	
CAR-2	0	8	6	81	
CAR-3	2	0	1	16	
CAR-4	3	0	10	48	
PROMEDIO	1,25	2	5	54,25	62,5

Fuente: elaboración propia.

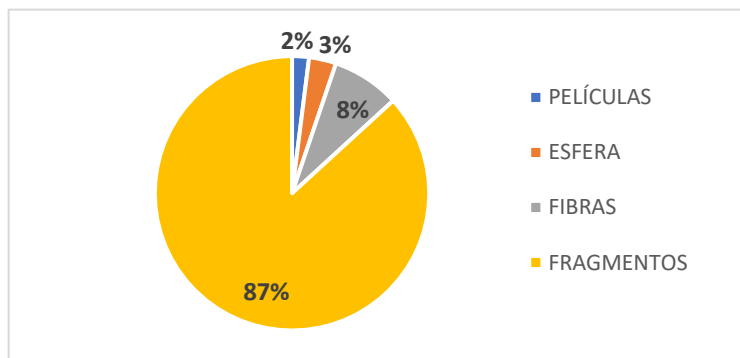


Figura 18. Porcentaje de formas – suelo cerca a carretera

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 22, podemos observar que el promedio total es de 62,5 partículas por kilogramo, en suelo agrícola cercanos a carreteras. Además, en la Figura 18, se destaca que los fragmentos son las formas más abundantes, con 87%, debido al tipo de plástico que tiende desgarrarse y fragmentarse en partículas más pequeñas debido a la exposición ambiental y el desgaste mecánico.

Tabla 23. Formas de microplásticos (suelo cerca al área urbana)

MUESTRA	PELÍCULAS (partícula/kg)	FIBRAS (partícula/kg)	FRAGMENTOS (partícula/kg)	
URB-1	0	4	48	
URB-2	0	5	40	
URB-3	3	9	32	
URB-4	1	1	12	
PROMEDIO	1	4,75	33	38,75

Fuente: elaboración propia.

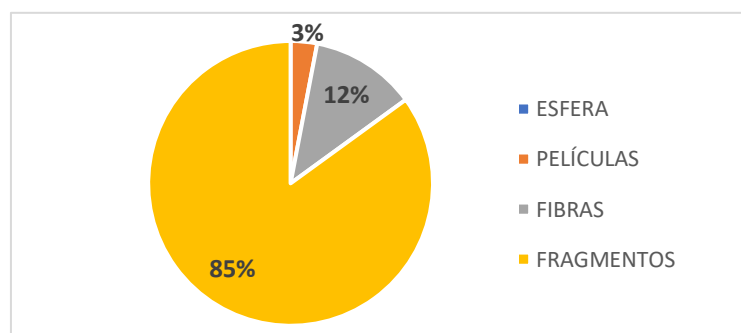


Figura 19. Porcentaje de formas – suelo cerca al área urbana

Fuente: elaboración propia

Según los datos presentados en la Tabla 23, se puede inferir que el promedio total asciende a 38,75 partículas por kilogramo, en suelo agrícola cercanos al área urbana. Además, en la Figura 19, se observa que los fragmentos son las formas predominantes con 85%. Los plásticos se descomponen con el tiempo debido a la exposición al sol y las condiciones del entorno, lo que los debilita y hace que se rompan en pedazos más pequeños.

Tabla 24. *Formas de microplásticos (suelo dentro del campo de cultivo)*

MUESTRA	PELÍCULAS (partícula/kg)	FIBRAS (partícula/kg)	FRAGMENTOS (partícula/kg)	
CULT-1	2	0	19	
CULT-2	0	2	28	
CULT-3	3	3	37	
CULT-4	0	3	9	
PROMEDIO	1,25	2	23,25	26,5

Fuente: elaboración propia.

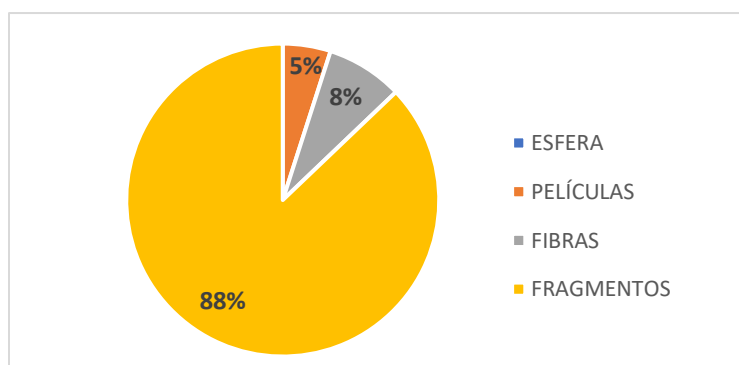


Figura 20. *Porcentaje de formas - suelo dentro del campo de cultivo*

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la información presentada en la Tabla 24, se puede inferir que el promedio total alcanza 26,5 partículas por kilogramo, en suelo agrícola dentro del campo de cultivo. Asimismo, al examinar la Figura 20, se aprecia que los fragmentos son la forma más predominante con 88%. Esta desintegración de los plásticos con el tiempo es resultado de las condiciones ambientales, provocando su fragmentación.

Tabla 25. Formas de microplásticos (suelo cerca a canal de riego)

MUESTRA	ESFERA (partícula/kg)	PELÍCULAS (partícula/kg)	FIBRAS (partícula/kg)	FRAGMENTOS (partícula/kg)	
RIEG-1	1	2	6	47	
RIEG-2	0	1	7	31	
RIEG-3	1	0	2	26	
RIEG-4	0	4	3	34	
PROMEDIO	0,5	1,75	4,5	34,5	41,25

Fuente: elaboración propia.

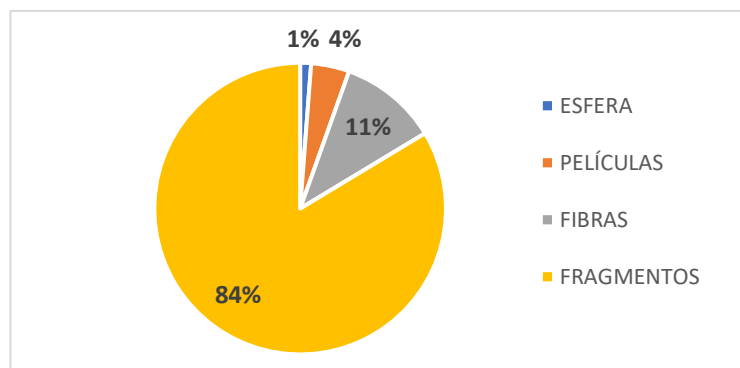


Figura 21. Porcentaje de formas – suelo cerca a canal de riego
Fuente: elaboración propia

Según los datos presentados en la Tabla 25, se puede deducir que el promedio total alcanza las 41,25 partículas por kilogramo, en suelos agrícolas cercanos a canal de riego. Al analizar la Figura 21, se destaca que los fragmentos son la forma predominante, con 84%. Esto se debe a que los sedimentos en los canales de riego a menudo contienen partículas sólidas y rocas que actúan como abrasivos, contribuyendo al desgaste de los microplásticos y provocando su fragmentación en trozos más pequeños.

Tabla 26. Promedio de microplásticos según su forma

ZONA	Esfera (partícula/kg)	Películas (partícula/kg)	Fibras (partícula/kg)	Fragmentos (partícula/kg)	TOTAL
Suelo de cultivo cerca a carretera	2	1,25	5	54,25	62,5
Suelo cerca a canal de riego	0,5	1,75	4,5	34,5	41,25
Suelo de cultivo cerca a área urbana	0	1	4,75	33	38,75
Suelos de cultivo de caña	0	1,25	2	23,25	26,5
PROMEDIO	0,63	1,31	4,06	36,25	42,25

Fuente: elaboración propia.

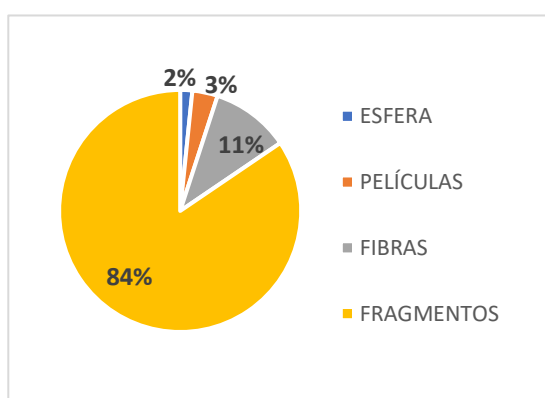


Figura 22. Porcentaje de microplásticos según su forma

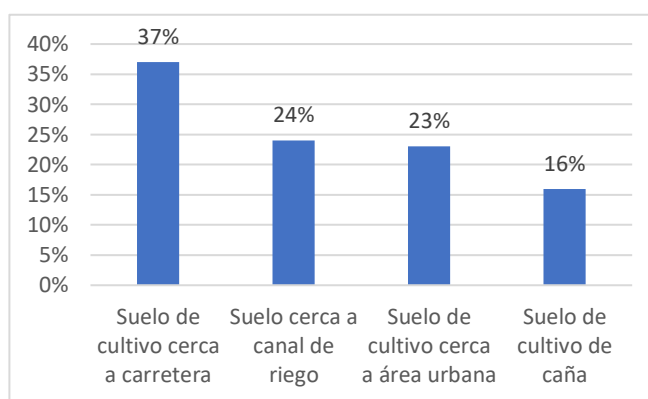


Figura 23. Porcentaje de formas por zonas

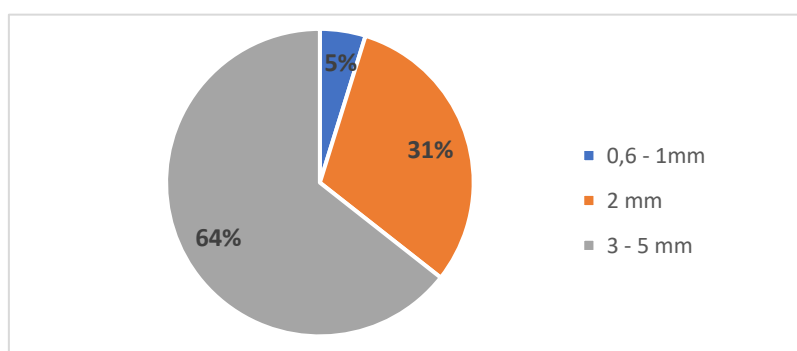
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 26, después de haber registrado todos los datos, podemos señalar que se obtiene un promedio general de 42,25 partículas por kilogramo. Además, en la Figura 22, se destaca que la forma más común de microplásticos son los fragmentos, con 84%. En la Figura 23, se puede evidenciar que la mayor cantidad de microplásticos en forma de fragmentos se encontraron en los suelos de cultivo cercanos a las carreteras, representando un 37% del total.

Tabla 27. Tamaño de microplásticos (suelo cerca a carretera)

MUESTRA	0,6 – 1 mm	2 mm	3 - 5 mm	
CAR-1	5	26	44	
CAR-2	2	33	60	
CAR-3	3	4	12	
CAR-4	2	14	45	
PROMEDIO	3	19,25	40,25	62,5

Fuente: elaboración propia.

**Figura 24. Porcentaje de tamaño – suelo cerca a carretera**

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 27, se puede observar un promedio de 62,5 partículas por kilogramo, que indica 250 partículas por kilogramo de suelo cercanos a carreteras. Además, en la Figura 24, se destaca que el tamaño de 3 a 5 mm son los más abundantes cercanos a carretera con 64%, debido a que estos microplásticos aún conservan cierta resistencia a la degradación química y pueden persistir en el medio ambiente durante períodos significativos antes de descomponerse en partículas aún más pequeñas.

Tabla 28. Tamaño de microplásticos (suelo cerca al área urbana)

MUESTRA	0,6 – 1 mm	2 mm	3 - 5 mm	
URB-1	1	12	39	
URB-2	8	16	21	
URB-3	4	25	15	
URB-4	0	5	9	
PROMEDIO	3,25	14,5	21	38,75

Fuente: elaboración propia.

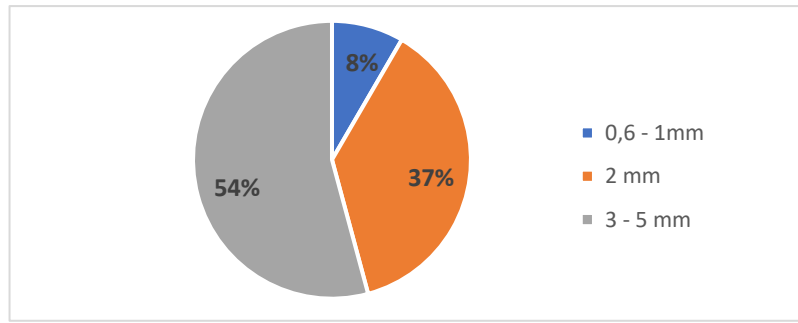


Figura 25. Porcentaje de tamaño – suelo cerca al área urbana
Fuente: elaboración propia

En la Tabla 28, se puede inferir que la concentración total es 38,75 partículas por kilogramo, que indica 155 partículas por kilogramo de suelo agrícola de cultivo de caña de azúcar cercanos a al área urbana. Además, en la Figura 25, se destaca que el rango de tamaño de 3 a 5 mm son los más abundantes representando un 54%, debido a que estos microplásticos pueden persistir en el medio ambiente durante períodos significativos, a menudo años o décadas, antes de sufrir una degradación más completa.

Tabla 29. *Tamaño de microplásticos (suelo dentro del campo de cultivo)*

MUESTRA	0,6 – 1 mm	2 mm	3 - 5 mm	
CULT-1	2	6	13	
CULT-2	5	10	15	
CULT-3	9	11	23	
CULT-4	0	5	7	
PROMEDIO	4	8	14,5	26,5

Fuente: elaboración propia.

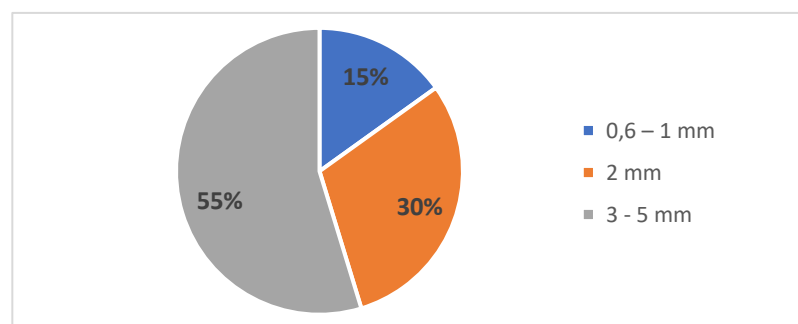


Figura 26. Porcentaje de tamaño – suelo dentro del campo de cultivo
Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la información presentada en la Tabla 29, se puede inferir que la concentración total alcanza 26,5 partículas por kilogramo, lo que indica una notable presencia de 106 partículas por kilogramo de suelo agrícola de cultivo de caña de azúcar dentro del campo de cultivo. Además, en la Figura 26, se destaca que el tamaño de 3 a 5 mm son los más abundantes dentro del campo de cultivo con 55%, debido a que los microplásticos son relativamente pequeños, su resistencia inicial a la degradación química contribuye a su persistencia en el entorno y su potencial para generar microplásticos aún más pequeños con el tiempo.

Tabla 30. *Tamaño de microplásticos (suelo cerca al canal de riego)*

MUESTRA	0,6 - 1mm	3 - 5 mm	2 mm	
RIEG-1	9	20	27	
RIEG-2	2	26	11	
RIEG-3	4	17	8	
RIEG-4	15	18	8	
PROMEDIO	7,5	20,25	13,5	41,25

Fuente: elaboración propia.

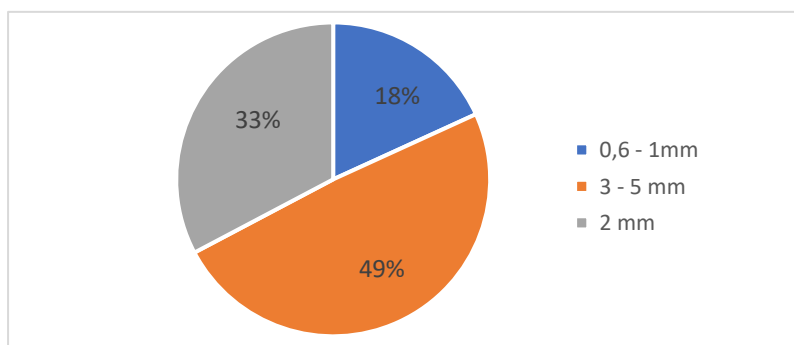


Figura 27. *Porcentaje de tamaño – suelo cerca a canal de riego*

Fuente: elaboración propia

Según la Tabla 30, se puede deducir que la concentración total alcanza las 41,25 partículas por kilogramo, lo que indica una presencia significativa de 165 partículas por kilogramo de suelo agrícola de cultivo de caña de azúcar cercanos de canal de riego. Además, en la Figura 27, destaca el tamaño de 3 a 5 mm, con 49%, porque provienen de la fragmentación de plásticos más grandes, como bolsas y envases, y con el tiempo, se rompen y se vuelven más pequeños.

Tabla 31. Promedio de microplásticos según su tamaño

ZONA	0,6 – 1 mm	2 mm	3 - 5 mm	TOTAL
Suelos de cultivo cercanos a carretera	3	19,25	40,25	62,5
Suelos cercanos de canal de riego	7,5	20,25	13,5	41,25
Suelos de cultivo cercanos a zona urbana	3,25	14,5	21	38,75
Suelos de cultivo de caña	4	8	14,4	26,5
PROMEDIO	4,44	15,5	22,29	42,25

Fuente: elaboración propia.

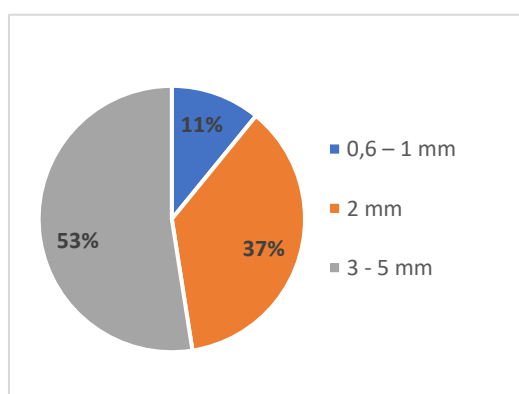


Figura 28. Porcentaje de microplásticos por tamaños

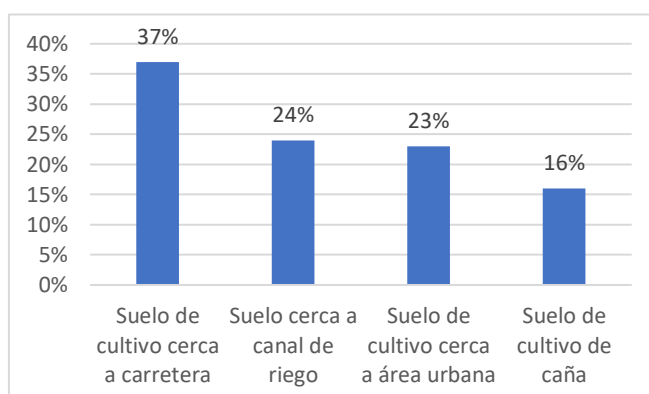


Figura 29. Porcentaje de tamaño de microplásticos por zonas

Fuente: elaboración propia

Después de registrar todos los datos en la Tabla 31, podemos concluir que se presenta un promedio general de 42,25 partículas por kilogramo en todas las zonas consideradas. Además, al analizar la Figura 27, se destaca que los microplásticos en el rango de 3 a 5 mm son los más predominantes, con 53%. En la Figura 28, se evidencia que la mayor cantidad de tamaños de microplásticos se encontraron en los suelos de cultivo cercanos a las carreteras, representando un 37% del total.

Tabla 32. Colores de microplásticos (suelo cerca a carretera)

MUESTRA	Azul (N°/kg)	Negro (N°/kg)	Transparente (N°/kg)	Blanco (N°/kg)	Rojo (N°/kg)	Amarillo (N°/kg)	Verde (N°/kg)	
CAR-1	0	19	12	26	10	8	0	
CAR-2	25	28	0	13	0	0	29	
CAR-3	0	0	4	4	5	5	1	
CAR-4	13	0	13	9	1	5	20	
PROMEDIO	9,5	11,75	7,25	13	4	4,5	12,5	62,5

Fuente: elaboración propia.

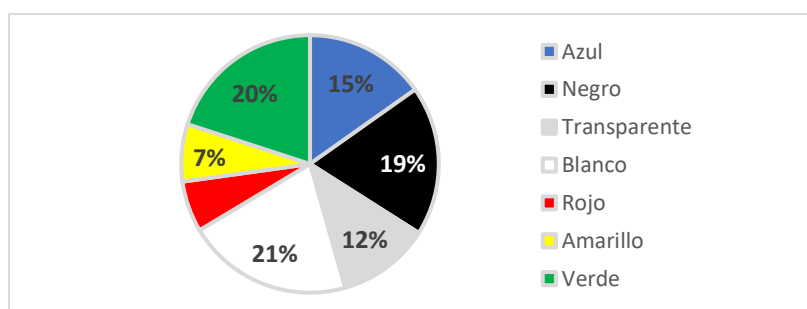


Figura 30. Porcentaje de colores – suelo cerca a carretera

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 32, con respecto a los suelos agrícolas cercanos a carreteras, se puede observar un promedio de 62,5 partículas/kg, en donde se identificaron colores como el blanco, el cual tiene un promedio de 13 partículas/kg, seguido del verde con 12,5 partículas/kg, negro con 11,75 partículas/kg, así mismo, azul con 9,5 partículas/kg, luego el transparente con 7,25 partículas/kg, y por último el amarillo con 4,5 y el rojo con 4 partículas/kg. Además, en la Figura 30, el color blanco predomina con 21% del total de colores identificados.

Tabla 33. Colores de microplásticos (suelo cerca al área urbana)

MUESTRA	Azul (N°/kg)	Negro (N°/kg)	Transparente (N°/kg)	Blanco (N°/kg)	Rojo (N°/kg)	Amarillo (N°/kg)	Verde (N°/kg)	
URB-1	8	16	7	14	0	5	2	
URB-2	9	1	21	0	0	2	12	
URB-3	5	5	14	4	4	4	8	
URB-4	3	5	1	0	0	0	5	
PROMEDIO	6,25	6,75	10,75	4,5	1	2,75	6,75	38,75

Fuente: elaboración propia.

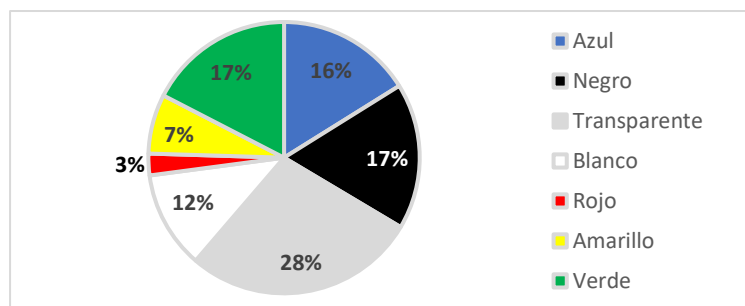


Figura 31. Porcentaje de colores – suelo cerca al área urbana
Fuente: elaboración propia

En la Tabla 33, con respecto a los suelos agrícolas cercanos a al área urbana, se puede observar un promedio de 38,75 partículas/kg, en donde se identificaron colores como el transparente, con un promedio de 10,75 partículas/kg, y seguido por el negro y verde, las cuales ambos obtuvieron mismo promedio de 6,75 partículas/kg. Después, el color azul con 6,25 partículas/kg, el blanco con 4,5 partículas/kg, el amarillo con 2,75 partículas/kg y por último el rojo con 1 partículas/kg. Además, en la Figura 31, el color transparente destaca con 28% del total de colores identificados.

Tabla 34. Colores de microplásticos (suelo dentro del campo de cultivo)

MUESTRA	Azul (N°/kg)	Negro (N°/kg)	Transparente (N°/kg)	Blanco (N°/kg)	Rojo (N°/kg)	Amarillo (N°/kg)	Verde (N°/kg)	
CULT-1	5	3	2	0	5	1	5	
CULT-2	8	3	7	0	0	10	2	
CULT-3	23	3	5	1	10	0	1	
CULT-4	2	0	6	0	0	3	1	
PROMEDIO	9,5	2,25	5	0,25	3,75	3,5	2,25	26,5

Fuente: elaboración propia.

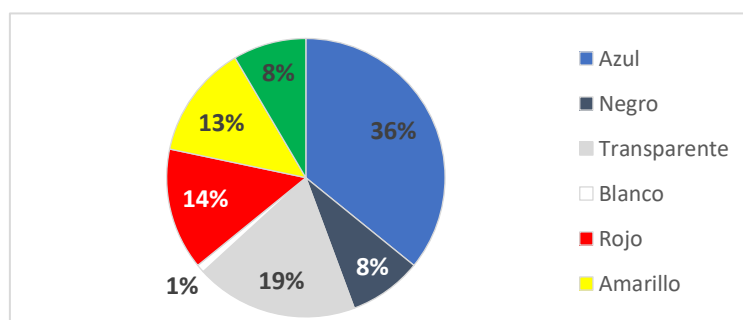


Figura 32. Porcentaje de colores – suelo dentro del campo de cultivo
Fuente: elaboración propia

En la Tabla 34, con respecto a los suelos agrícolas dentro del campo de cultivo, se puede observar un promedio de 26,5 partículas/kg, en donde se identificaron colores como el azul, con un promedio de 9,5 partículas/kg, luego el transparente con 5 partículas/kg, el rojo, con 3,75 partículas/kg, el amarillo, con 3,5 partículas/kg, seguido por el negro y verde, con 2,25 partículas/kg cada uno, finalmente, el blanco con 0,25 partículas/kg. Además, en la Figura 32, el color azul predomina con 36% del total de colores identificados.

Tabla 35. Colores de microplásticos (suelos cerca a canal de riego)

MUESTRA	Azul (N°/kg)	Negro (N°/kg)	Transparente (N°/kg)	Blanco (N°/kg)	Rojo (N°/kg)	Amarillo (N°/kg)	Verde (N°/kg)	
RIEG-1	44	11	0	1	0	0	0	
RIEG-2	10	1	13	0	0	15	0	
RIEG-3	3	12	12	1	1	0	0	
RIEG-4	17	0	9	1	0	12	2	
PROMEDIO	18,5	6	8,5	0,75	0,25	6,75	0,5	41,25

Fuente: elaboración propia.

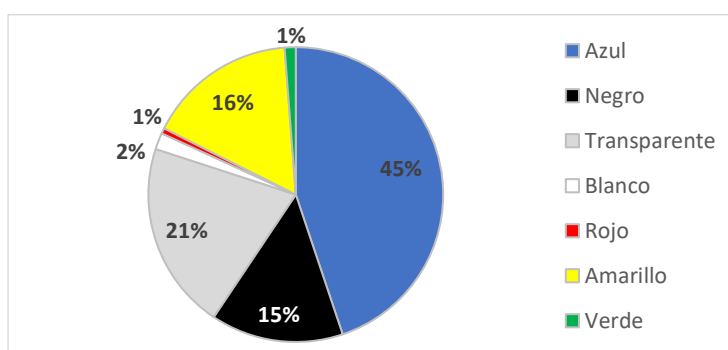


Figura 33. Porcentaje de colores – suelo cerca a canal de riego
Fuente: elaboración propia

Según los datos de la Tabla 35, referentes a los suelos agrícolas cercanos al canal de riego, se evidencia un promedio de 41,25 partículas por kilogramo. En este análisis, se destacan distintos colores, siendo el azul el más predominante con un promedio de 18,5 partículas por kilogramo, seguido por el transparente con 8,5 partículas/kg, el amarillo con 6,75, el negro con 6 partículas/kg, en contraste con el blanco que registra 0,75 partículas/kg, y finalmente, el verde con 0,5 partículas/kg. Cabe destacar que, según la Figura 33, el color azul representa el 45% del total de colores identificados.

Tabla 36. Promedio de microplásticos según su color

ZONA	Azul (N°/kg)	Transparente (N°/kg)	Negro (N°/kg)	Verde (N°/kg)	Blanco (N°/kg)	Amarillo (N°/kg)	Rojo (N°/kg)	TOTAL
Suelos de cultivo cercanos a carretera	9,5	7,25	11,75	12,5	13	4,5	4	62,5
Suelos cercanos de canal de riego	18,5	8,5	6	0,5	0,75	6,75	0,25	41,25
Suelos de cultivo cercanos a zona urbana	6,25	10,75	6,75	6,75	4,5	2,75	1	38,75
Suelos de cultivo de caña	9,5	5	2,25	2,25	0,25	3,5	3,75	26,5
PROMEDIO	10,94	7,88	6,69	5,50	4,63	4,38	2,25	42,25

Fuente: elaboración propia.

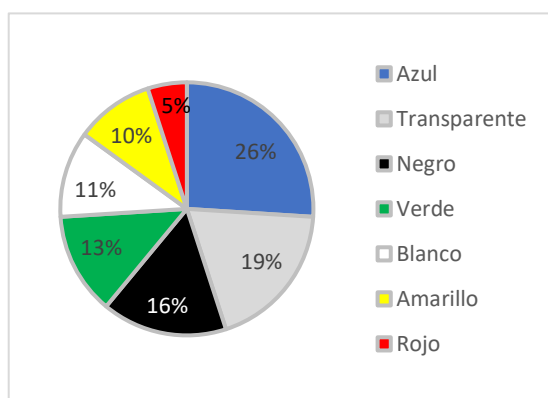


Figura 34. Porcentaje de microplásticos por colores

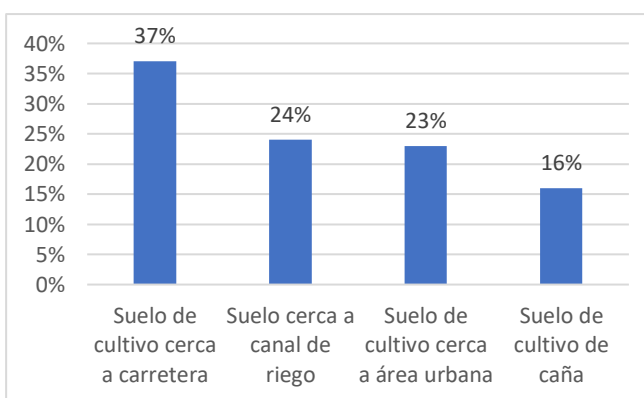


Figura 35. Porcentaje de colores de microplásticos por zonas

Fuente: elaboración propia

Después de haber recopilado y analizado todos los datos en la Tabla 36, podemos concluir que se presenta un promedio general de 42,25 partículas por kilogramo en el conjunto de las cuatro zonas estudiadas. En relación a la Figura 34, es importante destacar que el color azul sobresale con 26%, como la variante más abundante de microplásticos encontrados, tal como se mencionó previamente. Esto puede ser un indicio relevante de la prevalencia de ciertos tipos de microplásticos en el entorno analizado. En la Figura 35, podemos observar que la mayor diversidad de colores en microplásticos se encontró en los suelos de cultivo cercanos a carreteras, con un 37% de prevalencia.

Seguidamente, se llevó a cabo un análisis de varianza – LSD Fisher, para comparar las medias y determinar si presentan una diferencia estadísticamente significativa entre las cantidades de formas, tamaños y colores de microplásticos, en las diferentes zonas.

H1: Existen diferencias significativas en las cantidades de formas, tamaños y colores de microplásticos.

H0: No Existen diferencias significativas en las cantidades de formas, tamaños y colores de microplásticos.

Tabla 37. *Análisis de varianza – LSD Fisher (forma de microplásticos)*

Zona	Formas	Medias	n	E.E.	
Suelo de cultivo cerca a carretera (p=0.0006)	Películas	1.25	4	7.41	A
	Esfera	2.00	4	7.41	A
	Fibras	5.00	4	7.41	A
	Fragmentos	54.25	4	7.41	B
Suelo de cultivo cerca a área urbana (p=0.0002)	Esfera	0.00	4	3.97	A
	Películas	1.00	4	3.97	A
	Fibras	4.75	4	3.97	A
	Fragmentos	33.00	4	3.97	B
Suelo de cultivo de caña (p=0.0004)	Esfera	0.00	4	3.05	A
	Películas	1.25	4	3.05	A
	Fibras	2.00	4	3.05	A
	Fragmentos	23.25	4	3.05	B
Suelo cerca a canal de riego (p<0.0001)	Esfera	0.50	4	2.36	A
	Películas	1.75	4	2.36	A
	Fibras	4.50	4	2.36	A
	Fragmentos	34.50	4	2.36	B

Fuente: elaboración propia, InfoStat

Se llevó a cabo la prueba de normalidad con un nivel de confianza de 95% y se observó que ninguno de los datos tiene una distribución normal, dado que todos presentaron un nivel de significancia de $p < 0.05$.

En la Tabla 37, se detallan los resultados sobre las diversas formas de microplásticos encontradas, incluyendo esferas, películas, fibras y fragmentos. Al analizar estas formas, se observa que las esferas, películas y fibras, las cuales se presentan en cantidades reducidas, no muestran diferencias significativas, lo que

sugiere que no podemos rechazar la hipótesis nula en este caso. No obstante, al comparar estas formas con la presencia de fragmentos, se identifica una diferencia significativa. Por lo tanto, en este caso, se respalda la hipótesis alternativa.

Tabla 38. Prueba de Friedman – (formas en suelo cerca a canal riego)

ZONA	F Fibra	F Esfera	F Fragmento	F Pelicula	T ²	p
Suelo en canal riego	2.75	1.25	4.00	2.00	14.14	0.0009

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 3.990

Tratamiento	Suma	Media	n			
F_Esfera	5.00	1.25	4	A		
F_Pelicula	8.00	2.00	4	A	B	
F_Fibra	11.00	2.75	4		B	C
F Fragmento	16.00	4.00	4			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la tabla 38, se aplicó la prueba de Friedman para comparar las medias. Se evidencia que en suelo cerca a canal riego, la principal forma de microplásticos son los fragmentos, y estos resultados son estadísticamente significativos.

Tabla 39. Prueba de Friedman – (formas en suelo cerca a carretera)

ZONA	F Fibra	F Esfera	F Fragmento	F Pelicula	T ²	p
Suelo cerca Carretera	2.50	1.63	4.00	1.88	6.96	0.0102

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 5.170

Tratamiento	Suma	Media	n			
F_Esfera	6.50	1.63	4	A		
F_Pelicula	7.50	1.88	4	A	B	
F_Fibras	10.00	2.50	4	A	B	C
F Fragmento	16.00	4.00	4			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la tabla 39, se aplicó la prueba de Friedman para comparar las medias. Se evidencia que en suelo cerca a carretera, la principal forma de microplásticos son

los fragmentos, y estos resultados son significativamente diferentes a comparación de las otras formas.

Tabla 40. Prueba de Friedman – (formas en suelo cerca al área urbana)

ZONA	F Fibra	F Esfera	F Fragmento	F Pelicula	T ²	p
Suelo cerca Urbana	2.88	1.25	4.00	1.88	46.33	<0.0001

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 2.262

Tratamiento	Suma	Media	n	
F_Esfera	5.00	1.25	4	A
F_Pelicula	7.50	1.88	4	B
F_Fibra	11.50	2.88	4	C
F Fragmento	16.00	4.00	4	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia, InfoStat

En la tabla 40, se aplicó la prueba de Friedman para la comparación de las medias. Según los resultados presentados, se observa que la principal forma de microplásticos en suelo cerca al área urbana son los fragmentos, y estos resultados son estadísticamente significativos.

Tabla 41. Prueba de Friedman – (formas en suelo con cultivo caña)

ZONA	F Fibra	F Esfera	F Fragmento	F Pelicula	T ²	p
Suelo con cultivo caña	2.50	1.38	4.00	2.13	13.00	0.0013

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 3.918

Tratamiento	Suma	Media	n	
F_Esfera	5.50	1.38	4	A
F_Pelicula	8.50	2.13	4	A B
F_Fibra	10.00	2.50	4	B C
F Fragmento	16.00	4.00	4	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia, InfoStat

En la tabla 41, se aplicó la prueba de Friedman para la comparación de las medias. Según los resultados, se observa que la principal forma de microplásticos en suelo con cultivo caña de azúcar, son los fragmentos, siendo significativamente diferentes a comparación de las otras formas.

Tabla 42. Análisis de varianza – LSD Fisher (tamaño de microplásticos)

Zona	Tamaño	Medias	n	E.E.		
Suelos de cultivo cercanos a carretera (p=0.0132)	T3	3.00	4	6.92	A	
	T2	19.25	4	6.92	A	B
	T1	40.25	4	6.92		B
Suelos de cultivo cercanos a zona urbana (p=0.0615)	T3	3.25	4	4.57	A	
	T2	14.50	4	4.57	A	B
	T1	21.00	4	4.57		B
Suelos de cultivo de caña (p=0.0350)	T3	4.00	4	2.37	A	
	T2	8.00	4	2.37	A	B
	T1	14.50	4	2.37		B
Suelos cercanos de canal de riego (p=0.0682)	T3	7.50	4	3.33	A	
	T2	13.50	4	3.33	A	B
	T1	20.25	4	3.33		B

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la Tabla 42, se presentan los resultados de los tamaños de microplásticos en suelos de cultivo cercanos a carreteras, zonas urbanas, campos de caña de azúcar y canales de riego. Se observa que no hay una diferencia significativa entre T3 (0.6 mm - 1 mm) y T2 (2 mm). En este caso, los resultados respaldan la hipótesis nula, lo que sugiere que los tamaños de microplásticos en estas dos categorías no son significativamente diferentes. Sin embargo, al comparar el T3 con el T1 (3 mm - 5 mm), se evidencia una diferencia estadísticamente significativa. Esto indica que el rango de tamaño T1 (3 mm - 5 mm) de microplásticos ejerce una influencia más significativa en comparación con los microplásticos en el rango T3 (0.6 mm - 1 mm). En consecuencia, se acepta la hipótesis alternativa, respaldando la idea de que los microplásticos en el rango T1 tienen un impacto más pronunciado en los suelos de cultivo.

Tabla 43. Prueba de Friedman – (tamaño en suelo cerca a canal de riego)

ZONA	T1 (3-5 mm)	T2 (2 mm)	T3 (0,6 - 1 mm)	T ²	p
Suelo en canal riego	2.75	2.00	1.25	3.86	0.0837

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 5.286

Tratamiento	Suma	Media	n		
T3 (0,6 - 1 mm)	5.00	1.25	4	A	
T2 (2 mm)	8.00	2.00	4	A	B
T1 (3-5 mm)	11.00	2.75	4		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la tabla 43, se aplicó la prueba de Friedman para comparar las medias. Con respecto a los suelos cerca a canal de riego, se observa el tamaño predominante es el T1(3-5 mm), y estos resultados son estadísticamente significativos.

Tabla 44. Prueba de Friedman – (tamaño en suelo cerca a carretera)

ZONA	T1 (3-5 mm)	T2 (2 mm)	T3 (0,6 - 1 mm)	T ²	p
Suelo cerca Carretera	3.00	2.00	1.00	1E30	<0.0001

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 0.000

Tratamiento	Suma	Media	n		
T3 (0,6 - 1 mm)	4.00	1.00	4	A	
T2 (2 mm)	8.00	2.00	4		B
T1 (3-5 mm)	12.00	3.00	4		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la tabla 44, se realizó la prueba de Friedman para comparar las medias. En los suelos cerca a carretera, se observa que el tamaño predominante es el T1 (3-5 mm), y estos resultados son significativamente diferentes a comparación de los otros tamaños.

Tabla 45. Prueba de Friedman – (tamaño en suelo cerca al área urbana)

ZONA	T1 (3-5 mm)	T2 (2 mm)	T3 (0,6 - 1 mm)	T ²	p
Suelo cerca Urbana	2.75	2.25	1.00	13.00	0.0066

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 3.460

Tratamiento	Suma	Media	n		
T3 (0,6 - 1 mm)	4.00	1.00	4	A	
T2 (2 mm)	9.00	2.25	4		B
T1 (3-5 mm)	11.00	2.75	4		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la tabla 45, se aplicó la prueba de Friedman para la comparación de las medias. Con respecto a los suelos cerca al área urbana, se observa que el tamaño predominante es el T1 (3-5 mm), y estos resultados son estadísticamente significativos.

Tabla 46. Prueba de Friedman – (tamaño en suelo con cultivo caña)

ZONA	T1 (3-5 mm)	T2 (2 mm)	T3 (0,6 - 1 mm)	T ²	p
Suelo con cultivo caña	3.00	2.00	1.00	1E30	<0.0001

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 0.000

Tratamiento	Suma	Media	n	
T3 (0,6 - 1 mm)	4.00	1.00	4	A
T2 (2 mm)	8.00	2.00	4	B
T1 (3-5 mm)	12.00	3.00	4	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la tabla 46, se realizó la prueba de Friedman para comparar las medias. En los suelos con cultivo caña de azúcar, se observa que el tamaño predominante es el T1(3-5 mm), siendo significativamente diferentes a comparación de otros tamaños.

Tabla 47. Análisis de varianza – LSD Fisher (colores de microplásticos)

Zona	Color	Medias	n	E.E.		
Suelos de cultivo cercanos a carretera (p=0.7598)	Rojo	4.00	4	5.03	A	
	Amarillo	4.50	4	5.03	A	
	Transparente	7.25	4	5.03	A	
	Azul	9.50	4	5.03	A	
	Negro	11.75	4	5.03	A	
	Verde	12.50	4	5.03	A	
Suelos de cultivo cercanos a zona urbana (p=0.2473)	Blanco	13.00	4	5.03	A	
	Rojo	1.00	4	2.64	A	
	Amarillo	2.75	4	2.64	A	
	Blanco	4.50	4	2.64	A	B
	Azul	6.25	3	2.64	A	B
	Negro	6.75	4	2.64	A	B
Suelos de cultivo de caña (p=0.1699)	Verde	6.75	4	2.64	A	B
	Transparente	10.75	4	2.64		B
	Blanco	0.25	4	2.24	A	
	Negro	2.25	4	2.24	A	
Suelos de cultivo de caña (p=0.1699)	Verde	2.25	4	2.24	A	
	Amarillo	3.50	3	2.24	A	B

	Rojo	3.75	4	2.24	A	B
	Transparente	5.00	4	2.24	A	B
	Azul	9.50	4	2.24		B
Suelos cercanos de canal de riego (p=0.0502)	Rojo	0.25	4	4.06	A	
	Verde	0.50	4	4.06	A	
	Blanco	0.75	4	4.06	A	
	Negro	6.00	4	4.06	A	
	Amarillo	6.75	4	4.06	A	B
	Transparente	8.50	4	4.06	A	B
	Azul	18.50	4	4.06		B

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la Tabla 47, se pueden observar los resultados relacionados con la presencia de microplásticos de diferentes colores en suelos de cultivo cercanos a una carretera. En este análisis, no se identifican diferencias significativas, ya que el valor de significancia es de 0.7598, el cual supera el valor de 0.05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. En contraste, en los suelos de cultivo cercanos al área urbana, los colores rojo y amarillo no muestran diferencias significativas. En este caso, también se acepta la hipótesis nula en comparación con los colores blanco, azul, negro, verde y transparente, que sí revelan diferencias significativas, respaldando así la hipótesis alternativa. En lo que respecta a los suelos de cultivo de caña de azúcar, no se observan diferencias significativas entre los colores blanco, negro y verde. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula para estos colores, mientras que los colores amarillo, rojo, transparente y azul muestran diferencias significativas, lo que lleva a la aceptación de la hipótesis alternativa. Finalmente, en los suelos cercanos al canal de riego, no se encuentran diferencias significativas entre los colores rojo, verde, blanco y negro. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula para estos colores. Sin embargo, los colores amarillo, transparente y azul sí presentan diferencias significativas, lo que respalda la hipótesis alternativa en este contexto.

Tabla 48. Prueba de Friedman – (colores en suelo cerca a canal de riego)

ZONA	Azul	Negro	Transparente	Blanco	Rojo	Amarillo	Verde	T ²	p
Suelo en canal riego	6.00	4.50	5.00	3.38	2.38	4.25	2.50	2.10	0.1045

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 10.905

Tratamiento	Suma	Media	n			
Rojo	9.50	2.38	4	A		
Verde	10.00	2.50	4	A	B	
Blanco	13.50	3.38	4	A	B	C
Amarillo	17.00	4.25	4	A	B	C
Negro	18.00	4.50	4	A	B	C
Transparente	20.00	5.00	4	A	B	C
Azul	24.00	6.00	4			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la tabla 48, se realizó la prueba de Friedman para comparar las medias. Con respecto a los suelos cerca a canal riego, se observa el color azul es el predominante, y estos resultados son estadísticamente significativos.

Tabla 49. Prueba de Friedman – (colores en suelo cerca a carretera)

ZONA	Azul	Negro	Transparente	Blanco	Rojo	Amarillo	Verde	T ²	p
Suelo cerca Carretera	3.38	3.63	4.25	4.88	3.63	3.63	4.63	0.25	0.9550

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 13.962

Tratamiento	Suma	Media	n	
Azul	13.50	3.38	4	A
Rojo	14.50	3.63	4	A
Amarillo	14.50	3.63	4	A
Negro	14.50	3.63	4	A
Transparente	17.00	4.25	4	A
Verde	18.50	4.63	4	A
Blanco	19.50	4.88	4	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la tabla 49, se llevó a cabo la prueba de Friedman para comparar las medias. En los suelos cerca a carretera, se observa que los colores no presentan diferencias significativas.

Tabla 50. Prueba de Friedman – (colores en suelo cerca al área urbana)

ZONA	Azul	Negro	Transparente	Blanco	Rojo	Amarillo	Verde	T ²	p
Suelo cerca Urbana	4.83	6.00	5.00	3.33	1.67	2.33	4.83	2.67	0.0697

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 8.961

Tratamiento	Suma	Media	n			
Rojo	5.00	1.67	3	A		
Amarillo	7.00	2.33	3	A	B	
Blanco	10.00	3.33	3	A	B	C
Azul	14.50	4.83	3		B	C
Verde	15.00	5.00	3		B	C
Negro	15.00	5.00	3		B	C
Transparente	18.00	6.00	3			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: elaboración propia, InfoStat

En la tabla 50, se aplicó la prueba de Friedman para la comparación de las medias. Con respecto al suelos cerca al área urbana, se observa que el color transparente es el predominante, estos resultados son estadísticamente significativos.

Tabla 51. Prueba de Friedman – (colores en suelo con cultivo caña)

ZONA	Azul	Negro	Transparente	Blanco	Rojo	Amarillo	Verde	T ²	p
Suelo con cultivo caña	6.00	3.33	5.67	2.00	3.17	4.67	3.17	1.87	0.1672

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos = 9.965

Tratamiento	Suma	Media	n		
Blanco	6.00	2.00	3	A	
Rojo	9.50	3.17	3	A	B
Verde	9.50	3.17	3	A	B
Negro	10.00	3.33	3	A	B
Amarillo	14.00	4.67	3	A	B
Transparente	17.00	5.67	3		B
Azul	18.00	6.00	3		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia, InfoStat

En la tabla 51, se realizó la prueba de Friedman para comparar las medias. En los suelos con cultivo caña de azúcar, se observa que los colores azul y transparente son los más predominantes, y estos resultados son estadísticamente significativos.

V. DISCUSIÓN

En la Tabla 7, se identifica a los residuos domésticos como la principal fuente de contaminación, con un promedio total de $73,63 \text{ g/m}^2$ y representando el 92% del total observado. Además, se destaca que, en los suelos de cultivo cercanos a carreteras, la presencia de plásticos es más notable, registrando un promedio de $86,5 \text{ g/m}^2$. Estos resultados corroboran descubrimientos anteriores de Chen et al. (2020) y Álvarez et al. (2021), quienes también señalaron que los residuos domésticos predominan como la principal fuente de contaminación. En esta categoría, se destacan elementos como bolsas, botellas, película de plástico, envolturas, material de tecnopor y otros desechos. Esto se atribuye al arrojo de basura desde vehículos en movimiento, por personas que transitan y por la falta de un servicio de limpieza. Asimismo, Chen et al. (2020) identifican residuos similares, como bolsas y botellas de plástico, envases de tecnopor y poliespuma (p. 4). En cambio, Álvarez et al. (2021) encontró residuos textiles, bolsas y botellas de plástico (p. 4).

No obstante, nuestros resultados difieren con los estudios de Zhou et al. (2020), sostiene que los residuos industriales, como redes protectoras y bolsas de embalaje deterioradas, son la principal fuente de contaminación (p. 4). Por otro lado, Feng et al. (2021), considera a los residuos agrícolas, tales como costales, envases, y cuerdas, como los principales focos de contaminación (p. 5). Además, Chouchene et al. (2022), menciona que tanto los residuos agrícolas como los industriales, junto con la fragmentación de artículos de plástico degradados y las aguas residuales en el riego, contribuyen a la contaminación (p. 4). A pesar de algunas similitudes de residuos industriales y agrícolas en ambas investigaciones, nuestra conclusión principal sigue siendo que los residuos domésticos son la fuente predominante de contaminación, aceptando la hipótesis alternativa.

Se determina que en una hectárea se alcanza 805 kg/ha de residuos plásticos, de los cuales $736,25 \text{ kg/ha}$ son residuos domésticos, $33,13 \text{ kg/ha}$ son residuos agrícolas y $35,63 \text{ kg/ha}$ son residuos industriales.

Según la Tabla 11, encontramos un promedio de 169 partículas de microplásticos por kilogramo de suelo, con una abundancia de 676 partículas por kilogramo. A la vez, se observa que, en los suelos de cultivo cercanos a carreteras, se registra un promedio de 62,5 partículas/kg y representando el 37%, evidenciando un nivel no tan significativo con las otras áreas de suelo de cultivo.

En comparación con otros estudios, Chouchene et al. (2022), encontraron menos, con un promedio de 161 partículas (p. 3). Zhang y Liu (2018), reportaron concentraciones mucho más altas, entre 7,100 y 42,960 partículas por kilogramo (p. 5). Zhou et al. (2020), encontraron un promedio de 503,3 partículas, con un máximo de 2,760 por kilogramo (p. 5). Jiang et al. (2022), hallaron hasta 890 partículas por kilogramo (p. 3). Feng et al. (2021), obtuvo un promedio de 260 partículas en suelo poco profundo (p. 3). En el caso de Liu et al. (2018), la acumulación de microplásticos varió entre 275 y 250 partículas por kilogramo (p. 3).

Estos autores identificaron una mayor cantidad de microplásticos, debido al aumento en el número de muestras realizadas, como a la posibilidad de que su suelo de cultivo esté más contaminado por plásticos. Por esta razón, observaron concentraciones más elevadas de microplásticos.

En cuanto a los tipos de polímeros de plásticos, los cuales se detallan en la tabla 16, fueron el polietileno de alta densidad, el polietileno de baja densidad, polipropileno, policloruro de vinilo, tereftalato de polietileno y poliestireno. También observamos que, en los suelos de cultivo cercanos a carretera, se registra un promedio de 62,5 de las cuales el 17,75 son exclusivamente polietileno de alta densidad (HDPE), destacándose como el polímero más predominante con un 42% del total. Este hallazgo revela un nivel significativo en comparación con los otros tipos de microplásticos encontrados.

Los resultados coinciden con Álvarez et al. (2021), quienes también mencionan que el polietileno de alta densidad (HDPE) y polietileno de baja densidad (LDPE) como los más predominantes. Por otro lado, en otras investigaciones como los de Liu et al., (2018); Feng et al., (2021) y Colombini et al., (2022), coinciden que

el polipropileno, polietileno y poliestireno son los más abundantes. Sin embargo, Dong et al. (2021), encontró politetrafluoroetileno (PTFE).

Las formas de microplásticos identificadas en este estudio, detalladas en la tabla 26, incluyen fragmentos, fibras, películas y esferas. Al mismo tiempo, se observa que, en los suelos de cultivo cercanos a carreteras, se registra un promedio de 62,5 partículas, de las cuales el 54,25 son exclusivamente fragmentos, destacándose como la forma más predominante con un 84% del total. Este hallazgo revela un nivel significativo en comparación con las otras formas de microplásticos encontradas.

Estos resultados coinciden con investigaciones previas (Zhang y Liu 2018; Álvarez et al., 2021; Wang et al., 2021; Wenzel et al., 2022; He et al., 2023). Por otro lado, en otros estudios, como los de Kim et al. (2021) y Vásquez et al. (2021), se encontraron otras formas, como espuma y microesferas (p. 4). En contraste, Chouchene et al. (2022) y Liu et al. (2018) identificaron la presencia de gránulos (p. 5). Por último, Dong et al. (2021) informó sobre la presencia de partículas esféricas y microesferas en sus hallazgos (p. 8).

Los tamaños de los microplásticos encontrados varían desde 0.6 mm hasta 5 mm, siendo el rango T3 (3 mm - 5 mm), el más común, tal como se detalla en la tabla 36. Del mismo modo, se observa que, en los suelos de cultivo cercanos a carreteras, se registra un promedio de 62,5 partículas, de las cuales el 40,25 son exclusivamente tamaños de 3 a 5 mm, destacándose como el tamaño más predominante con un 53% del total. Este hallazgo revela un nivel significativo en comparación con los otros rangos de tamaños de microplásticos encontradas.

Estos resultados son consistentes con las investigaciones de Dong et al., (2021); Yang et al., (2021); Zhou et al., (2020) y Yu (2023), que también identificaron tamaños entre 1 y 5 mm. En contraste, Chen et al. (2020) observó partículas a partir de 0.02 mm (p. 4), y Liu et al. (2018) registró tamaños de 0.03 mm (p. 4), Kim et al. (2021) detectó desde 0.1 mm (p. 6), todos llegando hasta 5 mm. Por otro lado, Zhang y Liu (2018) encontraron microplásticos en el rango de 0.05 a 0.25 mm (p. 5), mientras que He et al. (2023) observó tamaños que variaban entre 0.15 mm y 0.5 mm en sus investigaciones (p. 5).

Los colores de microplásticos encontrados en este estudio, como se detalla en la tabla 46, son el azul, representando el 26% del total, seguido del transparente, negro, verde, blanco, amarillo y rojo. Al mismo tiempo, se observa que, en los suelos de cultivo cercanos a carreteras, se registra un promedio de 62,5 partículas, de las cuales el 12,5 son de color verde, este hallazgo revela un nivel no significativo en comparación con los otros colores de microplásticos. Estos resultados concuerdan en su mayoría con investigaciones previas, como las realizadas por Liu et al. (2018), Zhang et al. (2020), Feng et al. (2021) y Wang et al. (2021). Sin embargo, es importante señalar que Chen et al. (2020) encontró microplásticos de color marrón, que no fueron identificados en nuestro estudio (p. 5).

Con respecto al secado de nuestras muestras, llevamos a cabo este proceso en un horno eléctrico a 55 °C durante 48 horas, siguiendo la metodología propuesta por Jiang et al. (2022, p. 2). En comparación, Zhou et al. (2019) optó por un secado a 50 °C (p. 2), mientras que Choi et al. (2021) lo realizó a 60 °C (p. 5), ambos durante 48 horas. Por otra parte, Feng et al. (2021) utilizó una temperatura de 70 °C (p. 3), Zhang y Liu (2018) de 80 °C (p. 3), y Naderi et al. (2023) emplearon un horno a 75 °C, todos durante 72 horas (p. 7).

Se identificaron microplásticos mediante tamizado para determinar sus tamaños, posteriormente, aquellos detectables a simple vista fueron separados con pinzas y contados manualmente. Harms et al., (2021); Isari et al., (2021) y Yang et al., (2021), también utilizaron el tamizado para reducir el volumen de suelo y obtener partículas menores a 5 mm (p. 3). En cambio, Colombini et al. (2022) prefirió tamizar, secar y enjuagar para recolectar microplásticos con pinzas bajo un microscopio estereoscópico (p. 2). Esta etapa inicial facilitó la identificación y cuantificación más eficiente de los tres rangos de tamaños previstos (0,6 a 5 mm).

En lo referente a la separación de microplásticos en las muestras de suelo, se aplicó el método de separación por densidad utilizando NaCl. Este enfoque se encuentra respaldado por investigaciones previas realizadas por Liu et al., (2018); Zhou et al., (2020); Wang et al., (2021) y He et al., (2023). En contraposición, Álvarez et al. (2021), eligió el método de separación por

densidad con una solución saturada de $ZnCl_2$ (p. 2). Siguiendo la recomendación de Wang et al. (2021), respaldamos la preferencia por NaCl, dada su naturaleza no tóxica en comparación con el $ZnCl_2$ (p. 3). Al llevar a cabo la separación con NaCl, se evidenció su eficacia al lograr una distinción clara entre los microplásticos y el suelo.

En lo que respecta a la eliminación de la materia orgánica, se aplicó una solución de H_2O_2 al 30% durante un período de 72 horas. Esta elección se alinea con las investigaciones de Liu et al. (2018) y Jiang et al. (2022), quienes también emplearon esta solución en sus estudios (p. 2). En contraste, Chouchene et al. (2022) y Zhou et al. (2019), optaron por una solución acuosa de KOH al 10%, también durante 72 horas (p. 3). Sin embargo, al no obtener esta última solución, se prefirió continuar utilizando H_2O_2 . Al constatar resultados favorables que evidencian la capacidad de esta solución para eliminar la materia orgánica, se podría afirmar que es eficiente.

Por otro lado, para la identificación de los tipos de plásticos, se empleó la técnica de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (Nicolet IS50 FT-IR, modelo: Thermo Fisher Scientific) con un rango espectral de $600 - 4000\text{ cm}^{-1}$ y resolución de 4 cm^{-1} con un barrido de 16 veces, tomando como referencia las investigaciones de Liu et al., (2018); Zhou et al., (2020); Harms et al., (2021); Wang et al., (2021); Jiang et al., (2022); y Chouchene et al., (2022). En sus respectivos estudios, estos investigadores recurrieron a este método para identificar los polímeros presentes en suelos de cultivo. Al no disponer del equipo y al buscar alternativas en otro lugar, nos enfrentamos a dificultades, particularmente en cuanto al tiempo de espera para recibir los resultados.

Para Jiang et al., (2022) y Liu et al., (2018) usaron espectroscopía infrarroja transformada por micro Fourier (μ -FTIR) (Nicolet iN10 MX, Thermo, EE. UU.) con 32 escaneos, con resolución de 4 cm^{-1} y un rango espectral de $675-4000\text{ cm}^{-1}$ y un tiempo de adquisición de 3s (p. 2). Así mismo, Chouchene et al., (2022) utilizó PerkinElmer Spectrum BX Fourier transformado espectrómetro infrarrojo operando con 64 escaneos, resolución de 4 cm^{-1} , rango espectral $4000-650\text{ cm}^{-1}$ (p. 3). Mientras que, Choi et al. (2021) empleó FT-IR (Perkin Elmer, Reino Unido) con 60 escaneos, una resolución espectral de $0,4\text{ cm}^{-1}$ y

un rango espectral de 4000 y 400 cm^{-1} (p. 6). De forma similar, Naderi et al. (2023) usó (Thermo Fisher iS-50), con 128 escaneos, una resolución de 4 cm^{-1} y un rango de 400 a 4000 cm^{-1} (p. 3). Los datos se corrigieron según la línea base y se utilizó la biblioteca de polímeros termo. Los resultados de los espectros se compararon posteriormente con los espectros estándar de cada polímero para confirmar los tipos identificados.

Aunque ninguna investigación haya determinado previamente la cantidad de microplásticos por hectárea, hemos decidido abordar este aspecto en nuestro estudio, centrándonos especialmente en áreas donde se ha evidenciado la presencia de plásticos en suelos de cultivo cercanos a carreteras. Se ha encontrado un total de 865 kg/ha en estos suelos. Respecto a los suelos situados cercanos de canal de riego, se registró un total de 810 kg/ha. En las áreas de cultivo cercanas a zonas urbanas, se detecta un total de 782,5 kg/ha, y en los suelos de cultivo de caña, se ha registrado un total de 762,5 kg/ha. Considerando todas las fuentes en los distintos puntos de muestreo, la suma total de microplásticos alcanza los 3 220 kg/ha.

Finalmente, la aplicación de espectroscopía en las muestras de raíces permitió identificar la presencia de materia inorgánica. Sin embargo, la falta de detección de microplásticos corresponde posiblemente al tamaño limitado del instrumento empleado, sugiriendo la posibilidad de la existencia de nanopartículas en lugar de microplásticos.

VI. CONCLUSIONES

El alcance de los microplásticos fue evaluado en diversas zonas, evidenciando su existencia en suelos de cultivo cercanos a carretera (37%), suelos cercanos a canal de riego (24%), suelos de cultivo cercanos a área urbana (23%) y suelos de cultivo de caña (16%). Durante el análisis, se logró identificar las características primordiales, tales como formas, tamaños y colores de estos microplásticos.

Las principales fuentes de contaminación del suelo fueron los residuos plásticos y microplásticos provenientes de actividades domésticas (92%), agrícolas (4%) e industriales (4%). En relación a la cantidad de plásticos se ha registrado 736,25 kg/ha de residuos domésticos, 35,63 kg/ha de residuos industriales y 33,13 kg/ha de residuos agrícolas, sumando un total de 805 kg/ha. Respecto a los microplásticos, se encontraron 169 partículas/kg de suelo, con una abundancia total de 676 partículas/kg. Los suelos de cultivo cercanos a las carreteras se destacaron como la zona más afectada, representando un 37% de la contaminación total.

Los tipos de polímeros de plásticos en los suelos de cultivo, fueron el polietileno de alta densidad (HDPE) representó el 42%, seguido por polietileno de baja densidad (LDPE) con 27%, polipropileno (PP) con 15%, policloruro de vinilo (PVC) con 8%, tereftalato de polietileno (PE) con 5%, y poliestireno (PS) con 3%.

Las formas de microplásticos en los suelos de cultivo, fueron los fragmentos (84%), fibras (11%), películas (3%) y esferas (2%). Los tamaños identificados fueron de 3 a 5 mm (53%), de 2 mm (37%) y de 0,6 a 1 mm (11%). En cuanto a los colores, se encontraron azul (26%), transparente (19%), negro (16%), verde (13%), blanco (11%), amarillo (10%) y rojo (5%).

VII. RECOMENDACIONES

Dada la novedad del tema y la escasez de información precisa, se sugiere llevar a cabo una evaluación exhaustiva del tamaño de las partículas de microplásticos. Es crucial ajustar las dimensiones de las muestras de manera que sean compatibles con la apertura del diamante del FT-IR. Se recomienda establecer un tamaño estándar de 1 cm x 1 cm para garantizar consistencia en la metodología de análisis y optimizar la eficacia del FT-IR al capturar datos representativos. Además, esto facilitaría la comparación de resultados y promovería la coherencia en futuros estudios ambientales sobre microplásticos. Alternativamente, se podría considerar la utilización de un equipo especializado en nanoplasticos para optimizar la precisión en la identificación de los tipos de polímeros.

Para futuras investigaciones orientadas a la identificación de microplásticos en las raíces de cultivos, se sugiere llevar a cabo un análisis exhaustivo desde la raíz hasta el brote de las plantas. Se recomienda también la inserción estratégica de pequeños plásticos en intervalos de tiempo específicos, con el objetivo de evaluar la capacidad de absorción y acumulación de nanoplasticos por parte de las plantas. Por ello, también se recomienda llevar a cabo investigaciones donde se enfoquen en analizar detalladamente cómo los microplásticos afectan la calidad de los cultivos, al mismo tiempo que se identifican posibles repercusiones para la salud humana y el medio ambiente.

Finalmente, se sugiere que el gobierno peruano implemente un Enfoque de Calidad Ambiental (ECA) para medir la contaminación de suelos agrícolas por microplásticos estableciendo parámetros ambientales considerando la cantidad de microplásticos identificados en cada área estudiada y favoreciendo la mejora de la calidad de nuestros suelos agrícolas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ LOPEZTELLO, Jonás; ROBLES, Celerino; DEL CASTILLO, Rafael F. Microplastic pollution in neotropical rainforest, savanna, pine plantations, and pasture soils in lowland areas of Oaxaca, Mexico: Preliminary results. *ScienceDirect*, 2021, vol. 121, p. 107084. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107084>
- ÁLVAREZ RISCO, Aldo, 2020. Clasificación de las investigaciones. *Ulima.edu.pe* [en línea], [Consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/10818>
- BELTRÁN, Maribel, et al. Tema 2. Tipos de plásticos, aditivación y mezclado. *Tecnología de los Polímeros*, 2011. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/16893>
- CHEN, Yuling, et al. Microplastic pollution in vegetable farmlands of suburb Wuhan, central China. *ScienceDirect*, 2020, vol. 257, p. 113449. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113449>
- CHOI, Yu Ri, et al. Plastic contamination of forest, urban, and agricultural soils: a case study of Yeosu City in the Republic of Korea. *ProQuest*, 2021, vol. 21, p. 1962-1973. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02759-0>
- CHOGATAPUR, Shilpa V.; VISHWAJITH, Sutar R. Organic sugarcane: a review. *Int. J Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 2017, vol. 6, no 12, p. 1729-1738. Disponible en: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.612.196>
- CHOUCHENE, Khawla, et al. Soil contamination by microplastics in relation to local agricultural development as revealed by FTIR, ICP-MS and pyrolysis-GC/MS. *ScienceDirect*, 2022, vol. 303, p. 119016. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119016>
- COAZUCAR. *Coazucar.com* [en línea], 2023. [Consulta: 12 mayo 2023]. Disponible en: <https://coazucar.com/mobi/esp/coaz/coacasag.html>

- COLOMBINI, Gabin, et al. A long-term field experiment confirms the necessity of improving biowaste sorting to decrease coarse microplastic inputs in compost amended soils. *ScienceDirect*, 2022, vol. 315, p. 120369. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120369>
- CORRADINI, Fabio, et al. Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal. *ScienceDirect*, 2019, vol. 671, p. 411-420. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.368>
- DE SOUZA MACHADO, Anderson Abel, et al. Microplastics can change soil properties and affect plant performance. *ProQuest*, 2019, vol. 53, no 10, p. 6044-6052. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01339>
- DONG, Youming, et al. Uptake of microplastics by carrots in presence of As (III): Combined toxic effects. *ScienceDirect*, 2021, vol. 411, p. 125055. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125055>
- ELÍAS, Rodolfo. Mar del plástico: una revisión del plástico en el mar. 2015. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1834/10964>
- FAO. *Fao.org* [en línea], 2023. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- FENG, Sansan; LU, Hongwei; LIU, Yunlong. The occurrence of microplastics in farmland and grassland soils in the Qinghai-Tibet plateau: Different land use and mulching time in facility agriculture. *ScienceDirect*, 2021, vol. 279, p.116939. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116939>
- FLORES, Carlos E. Polímeros vs. plásticos. *Revista electrónica*, 2009, vol. 14, p. 51-60. Disponible en: https://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin14/URL_14_MEC01.pdf
- GARCÍA, Guillermina., 2022. Estudios de contaminación del suelo reavivan el debate sobre los microplásticos - *The Food Tech* [en línea]. [Consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://thefoodtech.com/insumos-para-empaque/estudios-de-contaminacion-del-suelo-reavivan-el-debate-sobre-los-microplasticos/>

- HARMS, Ivy Kaye, et al. Amount, distribution and composition of large microplastics in typical agricultural soils in Northern Germany. *ScienceDirect*, 2021, vol. 758, p. 143615. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143615>
- HE, Xiaokang, et al. Identification of factors influencing the microplastic distribution in agricultural soil on Hainan Island. *ScienceDirect*, 2023, vol. 874, p. 162426. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162426>
- ISARI, Ekavi A., et al. Microplastics in agricultural soils: A case study in cultivation of watermelons and canning tomatoes. *Web of Science*, 2021, vol. 13, no16, p. 2168. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w13162168>
- JIANG, Xiaofeng, et al. Seasonal variations and feedback from microplastics and cadmium on soil organisms in agricultural fields. *ScienceDirect*, 2022, vol. 161, p. 107096. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107096>
- KIM, Seung-Kyu, et al. Abundance and characteristics of microplastics in soils with different agricultural practices: Importance of sources with internal origin and environmental fate. *ScienceDirect*, 2021, vol. 403, p. 123997. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123997>
- KUMAR, Manish, et al. Microplastics as pollutants in agricultural soils. *ScienceDirect*, 2020, vol. 265, p. 114980. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114980>
- LI, Jia; SONG, Yang; CAI, Yongbing. Focus topics on microplastics in soil: analytical methods, occurrence, transport, and ecological risks. *ScienceDirect*, 2020, vol. 257, p. 113570. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113570>
- LIU, Mengting, et al. Microplastic and mesoplastic pollution in farmland soils in suburbs of Shanghai, China. *ScienceDirect*, 2018, vol. 242, p. 855-862. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.051>

- Ministerio del Ambiente. Cifras del mundo y el Perú, MINAM, 2020. [en línea]. [Consulta: 24 julio 2023]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-elperu/>
- Ministerio del Ambiente. Ley N° 30884 regula consumo de bienes de plástico de un solo uso que generan riesgo para la salud pública y/o el ambiente, MINAM, 2019. [en línea]. [Consulta: 07 septiembre 2023]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/ley-ndeg-30884-regula-consumo-bienes-plastico-un-solo-uso-que-generan>
- NADERI BENI, Nasrin, et al. Higher concentrations of microplastics in runoff from biosolid-amended croplands than manure-amended croplands. *Scopus*, 2023, vol. 4, no 1, p. 42. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s43247-023-00691-y>
- PASCUAL, Esther., 2023. La Clasificación de los Plásticos - *EIBlogVerde.com*. [en línea]. [Consulta: 21 mayo 2023]. Disponible en: <https://elblogverde.com/clasificacion-plasticos/>
- PUKCLAI, Piyatida., 2020. Microplásticos en la agricultura: desafíos para la regulación. *AgriBusiness Global* [en línea]. [Consulta: 16 abril 2023]. Disponible en: <https://www.agribusinessglobal.com/es/sanidad-vegetal/npk/microplasticos-en-agricultura-desafios-para-la-regulacion/>
- RODRIGUEZ GUERRA Andrea; BACA CAJAS, Katherine. 2022. Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU): análisis de una década de gestión en países de Europa y América. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas: REMCB*, 2022, vol. 43, no 1, p. 49-61. Disponible en: <https://doi.org/10.26807/remcb.v43i1.919>
- SINIA. 2014. Límites Máximos Permisibles - LMP. *Sistema Nacional de Información Ambiental* [en línea]. [Consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>

- TANTALEÁN ODAR, Reynaldo Mario. El alcance de las investigaciones jurídicas. *Derecho y cambio social*, 2015, vol. 12, no 41, p. 20. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5456857>
- VÁSQUEZ MOLANO, Daniela; MOLINA, Andres; DUQUE, Guillermo. Distribución espacial y aumento a través del tiempo de microplásticos en sedimentos de la Bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. Scielo, 2021, vol. 50, no. 1, pp. 27-42. Disponible en: <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2021.50.1.1021>
- VEGA MALAGÓN, Genaro, et al. Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo. *European Scientific Journal*, 2014, vol. 10, no 15. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/236413540>
- VELANDIA CABRA, Javier Ricardo. Identificación de polímeros por espectroscopía infrarroja. *Revista Ontare*, 2017, vol. 5, p. 3. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8705580>
- WANG, Jiao, et al. Distinct microplastic distributions in soils of different land-use types: a case study of Chinese farmlands. *ScienceDirect*, 2021, vol. 269, p. 116199. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116199>
- WENZEL, Mike, et al. Efficient and sustainable microplastics analysis for environmental samples using flotation for sample pre-treatment. *ScienceDirect*, 2022, vol. 3, p. 100044. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.greeac.2022.100044>
- YANG, Jie, et al. Abundance and morphology of microplastics in an agricultural soil following long-term repeated application of pig manure. *ScienceDirect*, 2021, vol. 272, p. 116028. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116028>
- YU, Yongxiang, et al. Abundances of agricultural microplastics and their contribution to the soil organic carbon pool in plastic film mulching fields of Xinjiang, China. *ScienceDirect*, 2023, p. 137837. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137837>

- ZHANG, G. S.; LIU, Y. F. The distribution of microplastics in soil aggregate fractions in southwestern China. *ScienceDirect*, 2018, vol. 642, p. 12-20. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.004>
- ZHANG, Shaoliang, et al. Distribution of low-density microplastics in the mollisol farmlands of northeast China. *ScienceDirect*, 2020, vol. 708, p. 135091. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135091>
- ZHOU, Bianying, et al. Microplastics in agricultural soils on the coastal plain of Hangzhou Bay, east China: Multiple sources other than plastic mulching film. *ScienceDirect*, 2020, vol. 388, p. 121814. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121814>
- ZHOU, Yanfei; LIU, Xiaoning; WANG, Jun. Characterization of microplastics and the association of heavy metals with microplastics in suburban soil of central China. *ScienceDirect*, 2019, vol. 694, p. 133798. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133798>

Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente: Microplásticos	Los microplásticos son micropartículas de plástico que se encuentran presentes en los suelos agrícolas. Entre los tipos más comunes se encuentran el polietileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo, poliéster y nailon. Estas partículas tienen un tamaño que oscila entre 1 mm y 5 mm, y pueden adoptar tanto formas de fibras como de fragmentos. (Dong et al., 2021).	Para lograr una identificación precisa de los microplásticos, se realizó un tamizado de las muestras utilizando diferentes tamaños de tamices, específicamente 5, 2, 1 y 0.6 milímetros. Se procedió a contar, tomar fotografías y separar con pinzas de acero inoxidable todas las partículas y fibras que se sospechaba que eran microplásticos. En el caso de los microplásticos con tamaños de 0.6 a 1 mm, se aplicó un método de separación por densidad utilizando NaCl. Luego, se sometieron a un proceso de filtración y para eliminar cualquier materia orgánica presente, se empleó una solución al 30% de peróxido de hidrógeno. Finalmente, todas las muestras se analizaron utilizando la técnica de espectroscopía infrarroja FTIR para identificar los tipos de polímeros plásticos presentes, características y cuantificar su presencia en las muestras de suelo.	Fuentes de contaminación de plásticos	Residuos domésticos g/m2.	Razón
				Residuos agrícolas g/m2.	Razón
				Residuos plásticos industriales g/m2	Razón
			Tipos de polímeros en suelos agrícolas	Polietileno (PE) %	Razón
				Tereftalato de polietileno (PET) %	Razón
				Polipropileno (PP) %	Razón
				Poliestireno (PS) %	Razón
				Polietileno de Alta Densidad (HDPE) %	Razón
				Polietileno de Baja Densidad (LDPE) %	Razón
				Policloruro de Vinilo (PVC) %	Razón
			Características de los microplásticos	Tamaño (mm)	Intervalo
				Formas	Nominal
				Color	Nominal

<p>Variable dependiente:</p> <p>Contaminación de suelos de cultivos de caña de azúcar</p>	<p>En los suelos agrícolas, la principal fuente de contaminación por microplásticos son los residuos de películas plásticas, debido a su aplicación intensiva y eliminación inadecuada (Chen et al., 2020). Esto plantea un riesgo de contaminación sinérgica para el medio ambiente, lo que a su vez puede tener impactos potencialmente adversos en los organismos del suelo (Xiaofeng et al., 2022).</p>	<p>Para evaluar de manera precisa la contaminación de los suelos agrícolas, se empleará una ficha de datos, en la cual se registran detalladamente las cantidades de plástico en gramos por metro cuadrado, considerando diferentes categorías como plásticos domésticos, industriales, agrícolas, entre otros. Esta información se recopilará en los dieciséis puntos de muestreo, proporcionando una visión más completa de las fuentes y la magnitud de la contaminación plástica en dichos suelos.</p>	Distribución de plásticos en los suelos de cultivo	Distribución cercana a carreteras g/m2	Razón
				Distribución cercana a área urbana g/m2	Razón
				Distribución dentro del campo de cultivo g/m2	Razón
				Distribución cercana de canal de riego g/m2	Razón
			Presencia de microplásticos	En suelo agrícola número de partículas/g de suelo	Razón
			Tipos de polímeros en suelos agrícolas	Polietileno (PE) %	Razón
				Tereftalato de polietileno (PET) %	Razón
				Polipropileno (PP) %	Razón
				Poliestireno (PS) %	Razón
				Polietileno de Alta Densidad (HDPE) %	Razón
				Polietileno de Baja Densidad (LDPE) %	Razón
				Policloruro de Vinilo (PVC) %	Razón

Fuente: elaboración propia

Anexo 2. Ficha 1. Obtención de datos y análisis de las muestras

Ficha 1. Obtención de datos y análisis de las muestras							
Título		Alcances y características de los microplásticos que afectan la contaminación del suelo de cultivo de caña de azúcar, Casa Grande – 2023					
Línea de investigación		Tratamiento y Gestión de los Residuos					
Responsables		Altamirano León, Zoilita Mercedes					
		Galarreta Cabrera, Vannia Luz					
Asesor		MSc. Huerta Chombo, Germán Luis					
Puntos	Muestras	Plásticos domésticos g/m2	Plásticos industriales g/m2	Plásticos agrícolas g/m2	Otros Plásticos g/m2	Coordenadas UTM	
						Este	Norte
P1: Suelo de cultivo cerca de carretera	M – 01						
	M – 02						
	M – 03						
	M – 04						
P2: Suelo de cultivo cerca a área urbana	M – 05						
	M – 06						
	M – 07						
	M – 08						
	M – 09						

P3: Suelo dentro del campo de cultivo	M – 10						
	M – 11						
	M – 12						
P4: Suelo de cultivo cercano de canal de riego	M – 13						
	M – 14						
	M – 15						
	M – 16						

NOTA:

M: Muestra P1: Cerca a carretera P2: Cerca a área urbana P3: Dentro del campo de cultivo P4: Cercanos de canal de riego

Anexo 3. Ficha 2. Evaluación de las características de los microplásticos

Ficha 2. Evaluación de las características de los microplásticos						
Título		Alcances y características de los microplásticos que afectan la contaminación del suelo de cultivo de caña de azúcar, Casa Grande – 2023				
Línea de investigación		Tratamiento y Gestión de los Residuos				
Responsables		Altamirano León, Zoilita Mercedes				
		Galarreta Cabrera, Vannia Luz				
Asesor		MSc. Huerta Chombo, Germán Luis				
Puntos	Muestras	Tipos de polímero	Tamaño (mm)	Forma	Color	Observaciones
P1: Suelo de cultivo cercana a carretera	M – 01					
	M – 02					
	M – 03					
	M – 04					
P2: Suelo de cultivo cerca a área urbana	M – 05					
	M – 06					
	M – 07					
	M – 08					

P3: Suelo dentro del campo de cultivo	M – 09					
	M – 10					
	M – 11					
	M – 12					
P4: Suelo de cultivo cercano de canal de riego	M – 13					
	M – 14					
	M – 15					
	M – 16					

NOTA:


M: Muestra

Forma: Fibras, fragmentos, películas y gránulos.

Tipo de polímero: PVC, PE, PP, PET, acrílico, poliéster, nylon y LDPE.

Color: Blanco, rojo, transparente, negro, amarillo, azul, rosa y verde.

Anexo 4. Evaluación por juicio de expertos

 Universidad César Vallejo

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y Nombres: Quiñones Cerna Claudio
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UNT
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Biólogo - Microbiólogo
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 2. Evaluación de las características de los microplásticos.
 1.5. Autores del instrumento: Altamirano Leon, Zoilita Mercedes Galarreta Cabrera, Vannia Luz

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:


CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X	X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X	X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X	X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X	X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X	X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X	X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X	X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X	X	


III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
 - El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 88%

Trujillo, 26 de junio del 2023


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI N° 70108432. Telf. 987006400

 Universidad César Vallejo

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y Nombres: Quiñones Cerna Claudio
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UNT
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Biólogo - Microbiólogo
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1. Obtención de datos y análisis de las muestras
 1.5. Autores del instrumento: Altamirano Leon, Zoilita Mercedes Galarreta Cabrera, Vannia Luz

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:


CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X	X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X	X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X	X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X	X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X	X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X	X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X	X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
 - El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 91%

Trujillo, 26 de junio del 2023


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI N° 70108432. Telf. 987006400

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

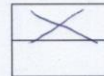
- 1.1. Apellidos y Nombres: *Rodriguez Espejo Marlene*
 1.2. Cargo e institución donde labora: *Docente*
 1.3. Especialidad o línea de investigación: *Ambiente*
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1. Obtención de datos y análisis de las muestras
 1.5. Autores del instrumento: Altamirano León, Zoilita Mercedes Galarreta Cabrera, Vannia Luz

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X						
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X					
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X						
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X					
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X						
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X					
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X						
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X						

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

88 %

Trujillo, 28 de junio del 2023

Marlene
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI N° 17860628 Telf.....

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

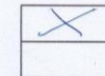
- 1.1. Apellidos y Nombres: *Rodriguez Espejo Marlene*
 1.2. Cargo e institución donde labora: *Docente UNT*
 1.3. Especialidad o línea de investigación: *Gestión Ambiental*
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 2. Evaluación de las características de los microplásticos.
 1.5. Autores del instrumento: Altamirano Leon, Zoilita Mercedes Galarreta Cabrera, Vannia Luz

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X					
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X					
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X					
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X					
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X					

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

88 %

Trujillo, 28 de junio del 2023

Marlene
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI N° 17860628 Telf.....

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres: TUESTA COLLANTES LURDES
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de cátedra ecología y Ciencias Ambientales
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1. Obtención de datos y análisis de las muestras
 1.5. Autores del instrumento: Altamirano León, Zoilita Mercedes Galarreta Cabrera, Vannia Luz

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Trujillo, 28 de junio del 2023


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI N° 12190120 Telf. 947875129

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres: TUESTA COLLANTES LURDES
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la cátedra de ecología y Ciencias Ambientales
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión Ambiental
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 2. Evaluación de las características de los microplásticos.
 1.5. Autores del instrumento: Altamirano León, Zoilita Mercedes Galarreta Cabrera, Vannia Luz

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Trujillo, 28 de junio del 2023


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI N° 12190120 Telf. 947875129

Anexo 5. Resultado de reporte de similitud de Turnitin

Feedback Studio - Google Chrome
 ev.turnitin.com/app/carta/es/?ro=103&u=1088032488&o=2256948459&lang=es&s=1

feedback studio ZOILITA MERCEDES ALTAMIRANO LEON | Alcances y características de los microplásticos que afectan I... /0

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Alcances y características de los microplásticos que afectan la contaminación del suelo de cultivo de caña de azúcar. Casa Grande - 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
 Ingeniero Ambiental

AUTORES:
 Altamirano Leon, Zoilita Mercedes (orcid.org/0000-0002-0818-1091)
 Galarreta Galarreta, Vannia Luz (orcid.org/0000-0001-7115-8700)

ASESOR:
 MSc. Iliverth Chombo, Germán Luis (orcid.org/0000-0002-6211-4578)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
 Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:
 Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO - PERÚ
 2023

Resumen de coincidencias

14 %

Se están viendo fuentes estándar
 EN Ver fuentes en inglés

Coincidencias

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2 %
3	1library.co Fuente de Internet	1 %
4	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.uaa.n.m... Fuente de Internet	<1 %
6	van de Ven, G. W. J. "A ... Publicación	<1 %
7	bdigital.uncu.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
8	issuu.com Fuente de Internet	<1 %

Página: 1 de 65 Número de palabras: 18002 Versión solo texto del informe Alta resolución Activado 24°C Soleado 14:43 12/12/2023

Anexo 6. Lugar de toma de muestra del suelo



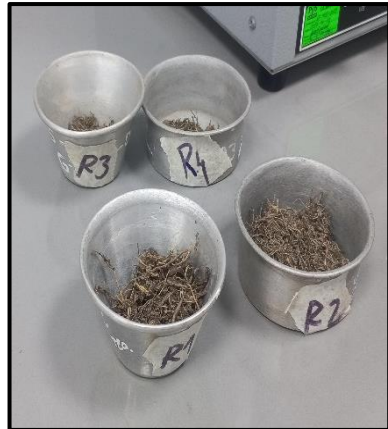
Anexo 7. Toma de muestras



Anexo 8. Pesado de plásticos en laboratorio



Anexo 9. Secado de muestras en laboratorio



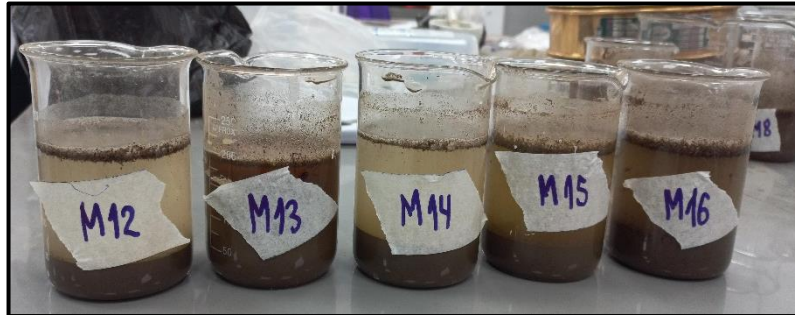
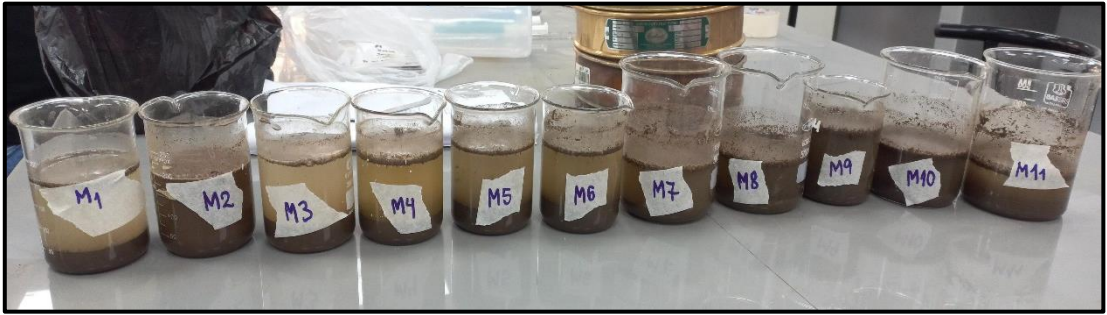
Anexo 10. Tamizado de muestras en laboratorio



Anexo 11. Extracción de microplásticos visibles



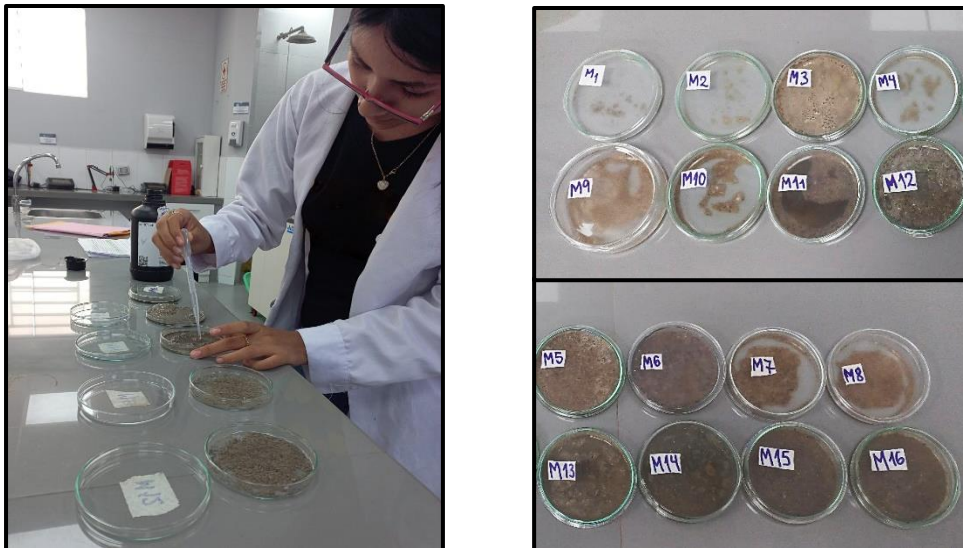
Anexo 12. Flotación de microplásticos



Anexo 13. Filtración de microplásticos



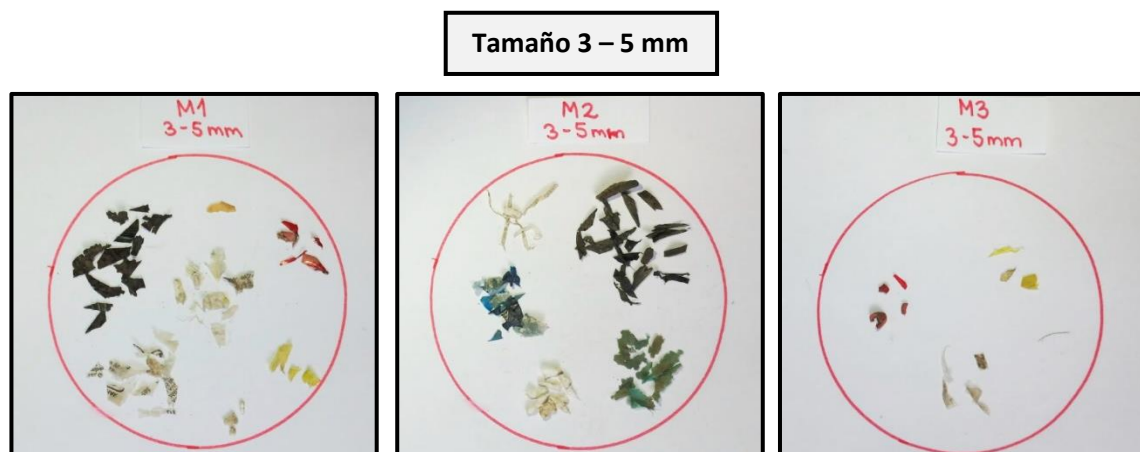
Anexo 14. Eliminación de la materia orgánica

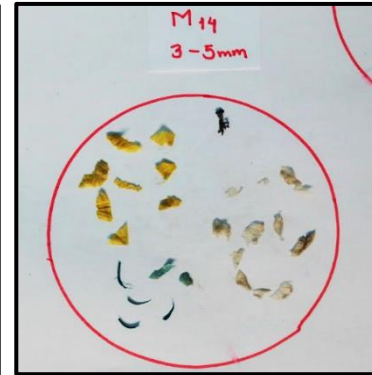
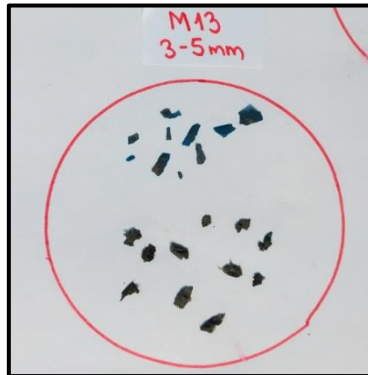
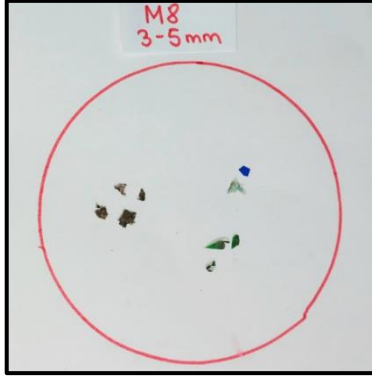
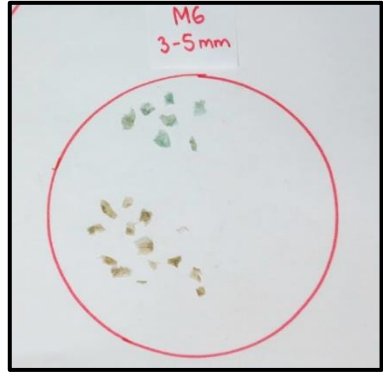
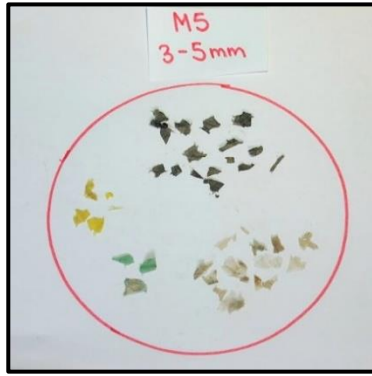


Anexo 15. Caracterización de microplásticos bajo microscopio

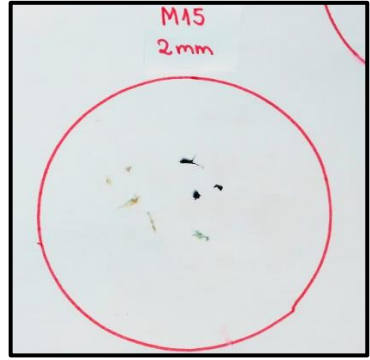
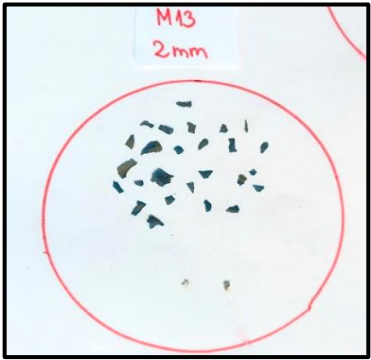
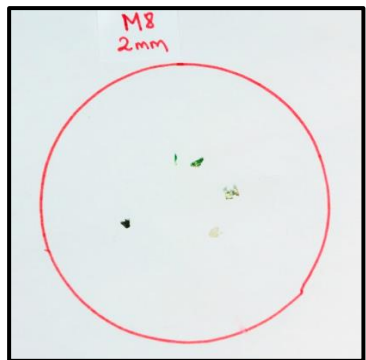
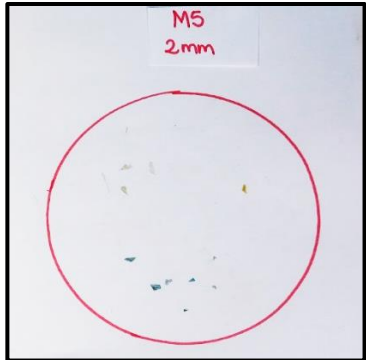
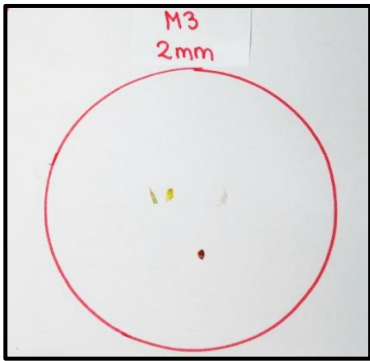
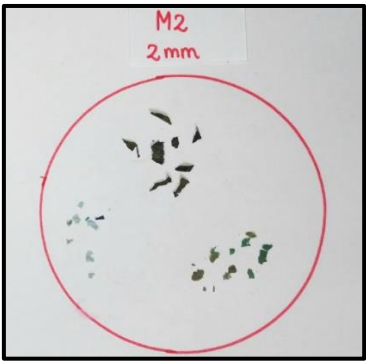


Anexo 16. Caracterización de microplásticos



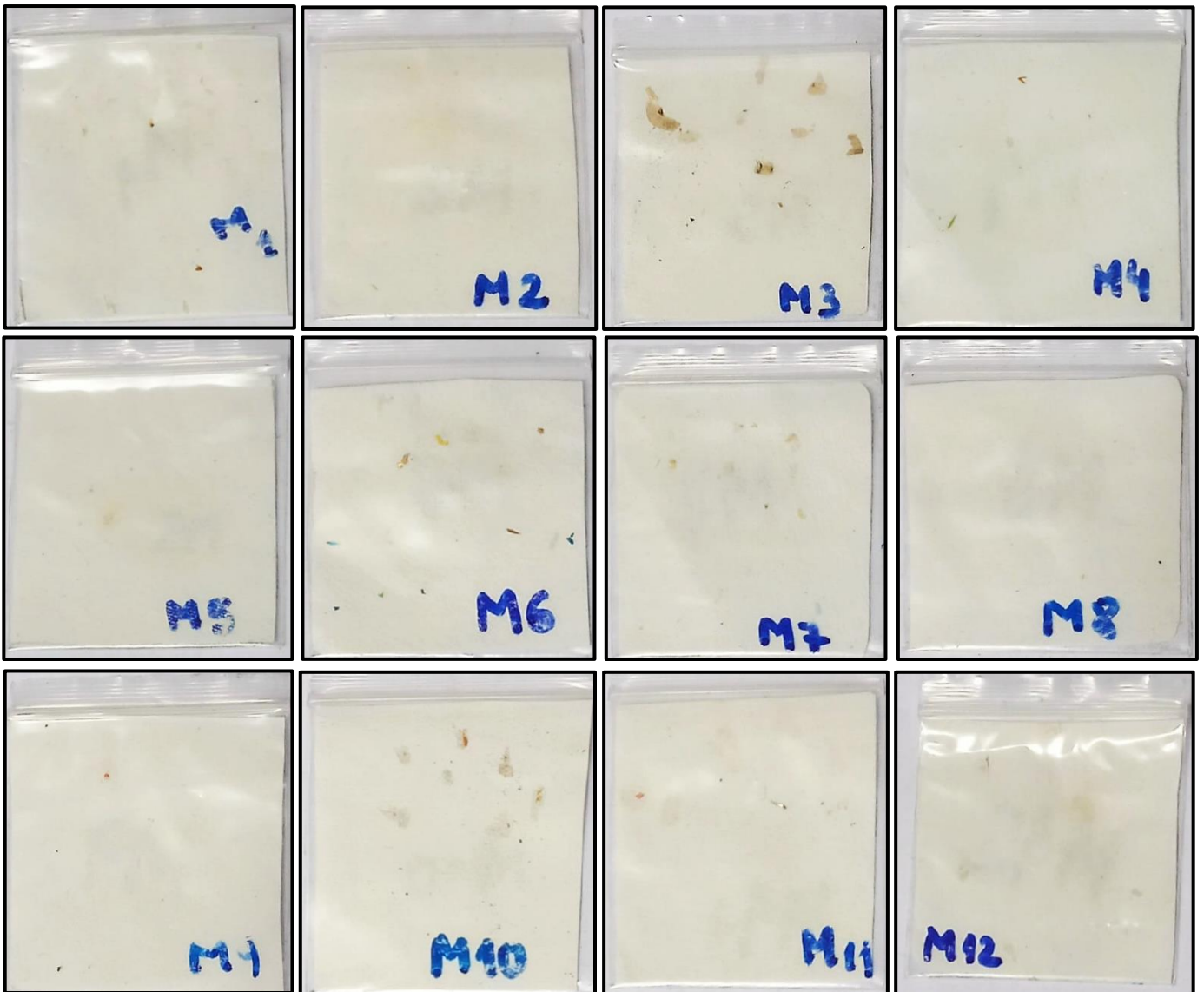


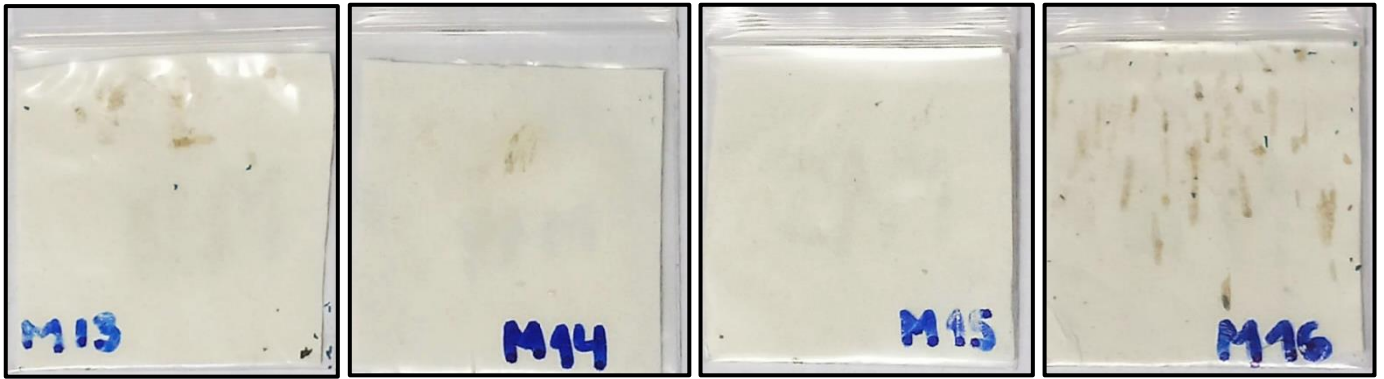
Tamaño 2 mm



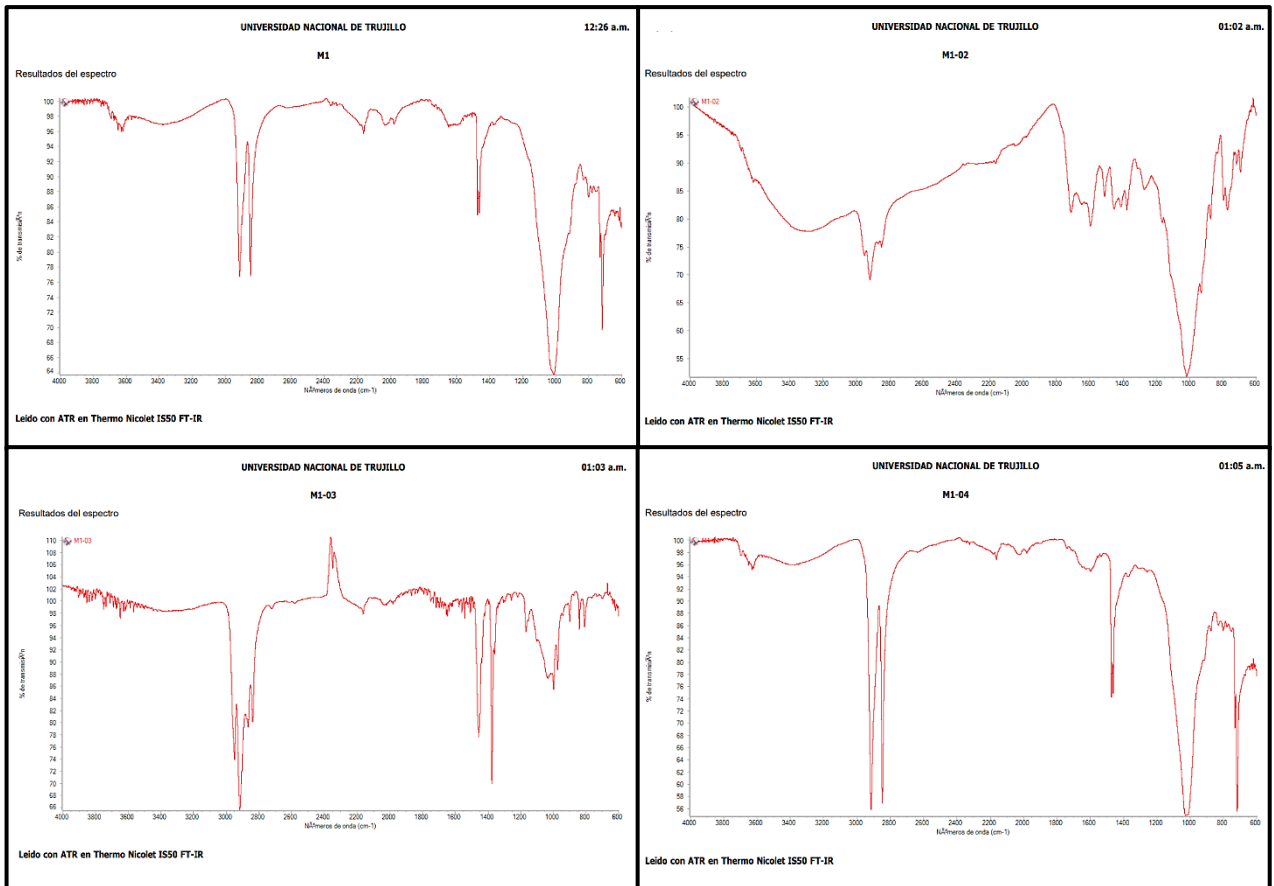


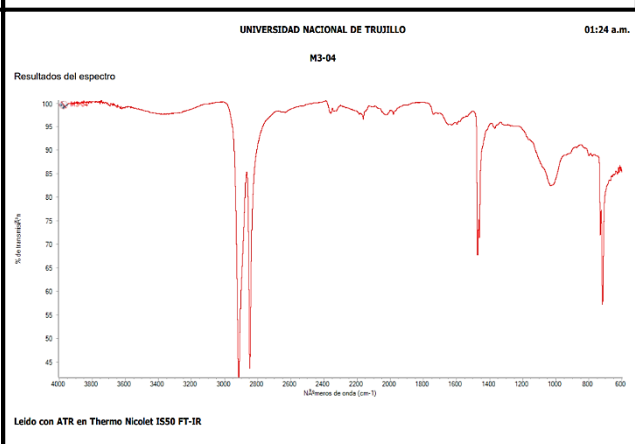
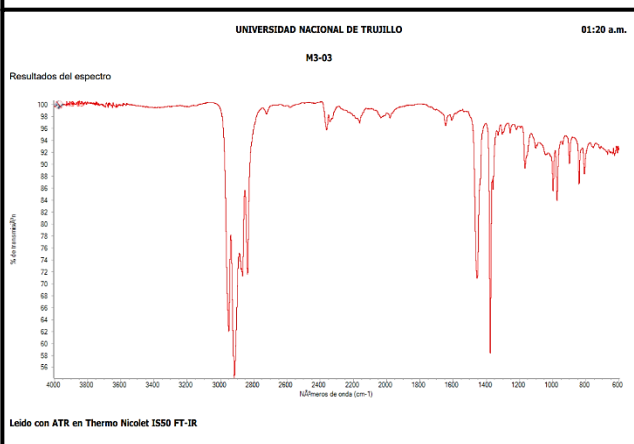
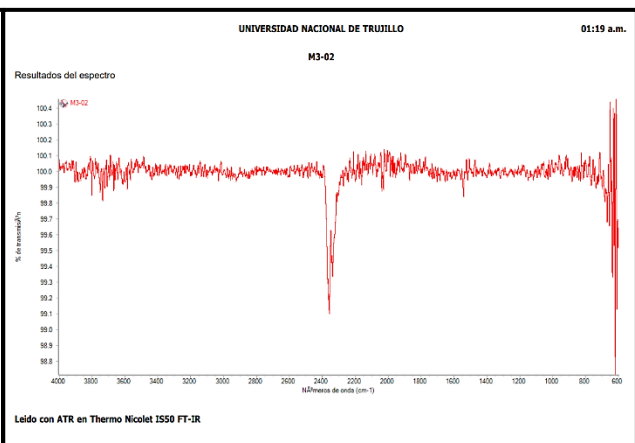
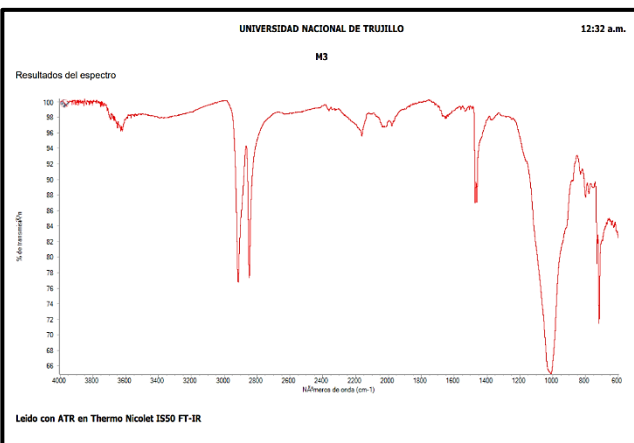
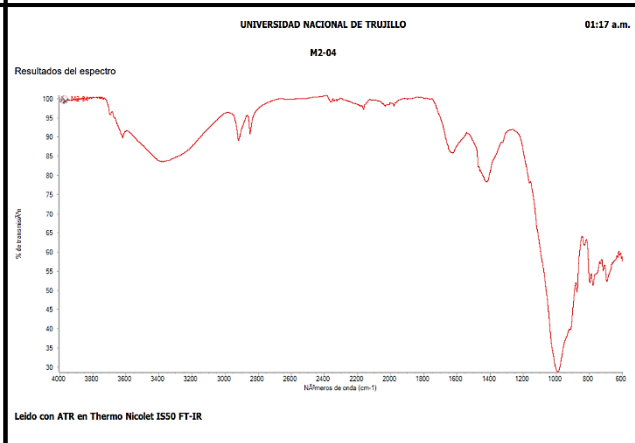
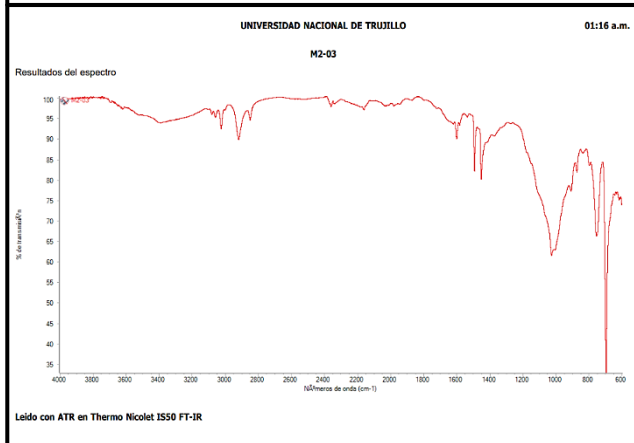
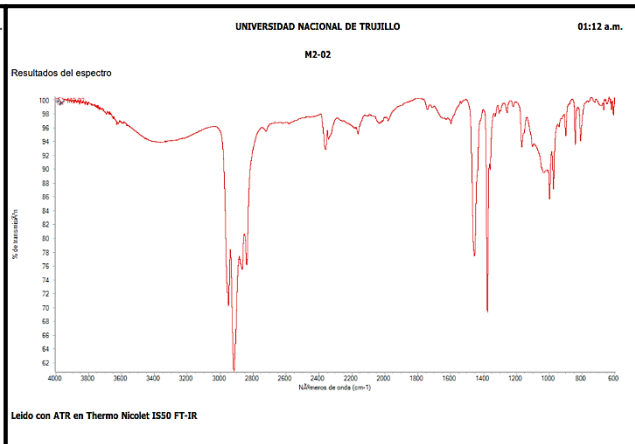
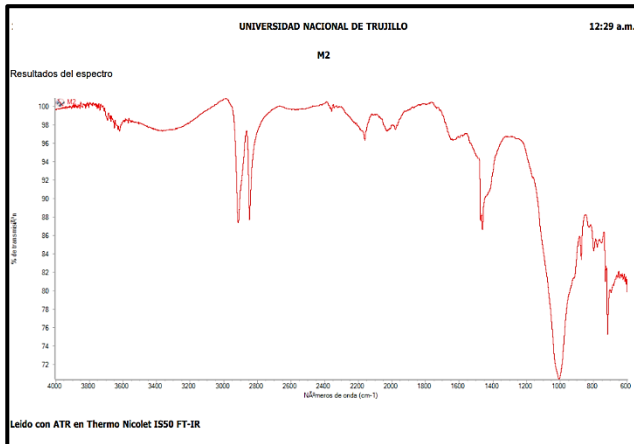
Tamaño 0,6 – 1 mm

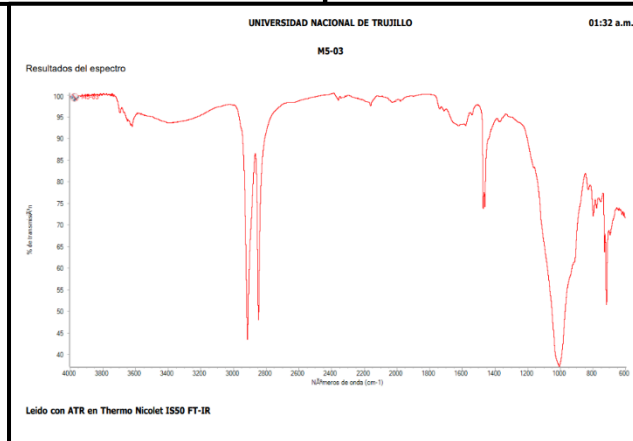
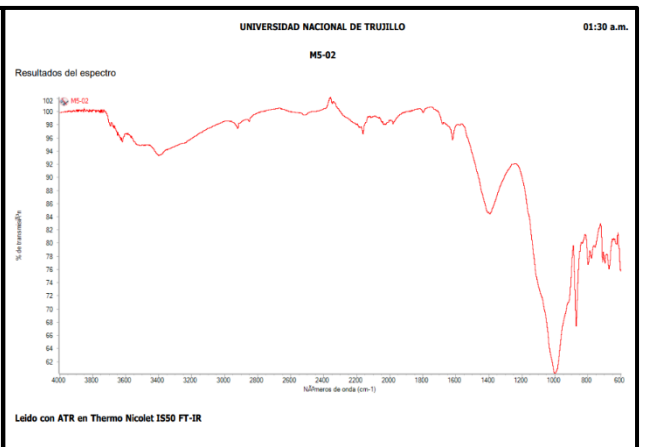
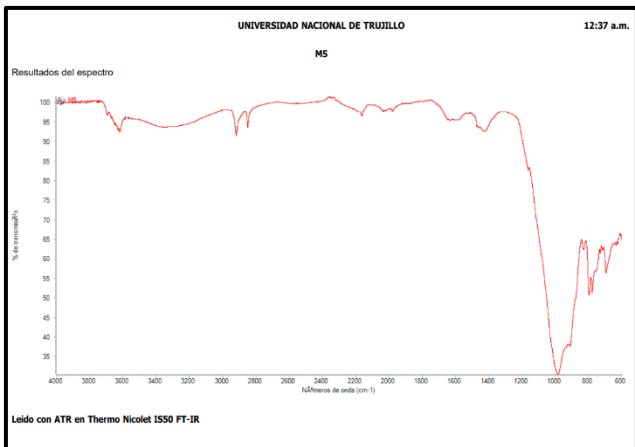
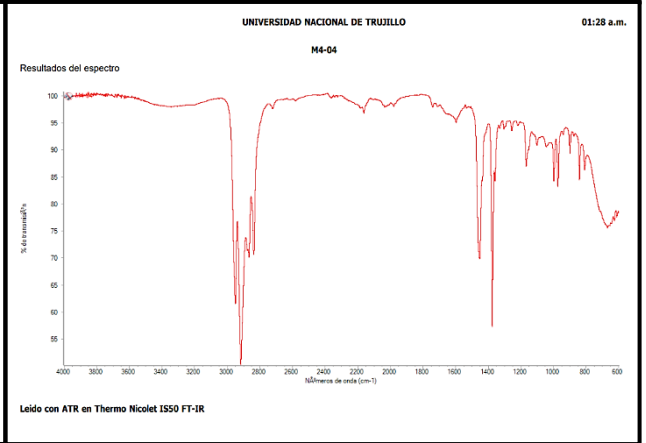
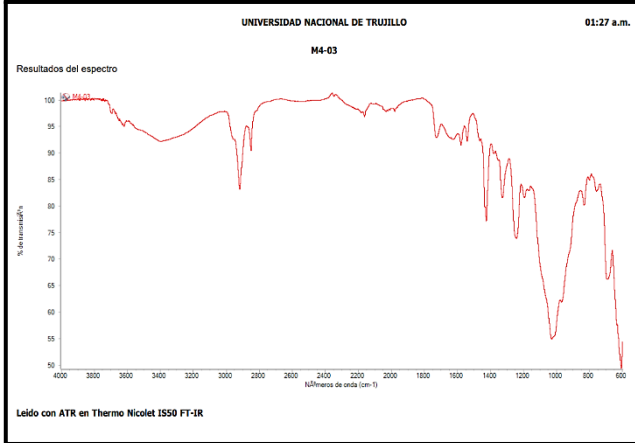
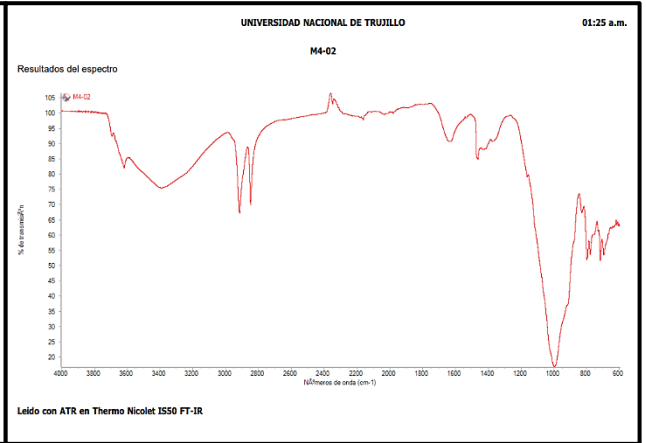
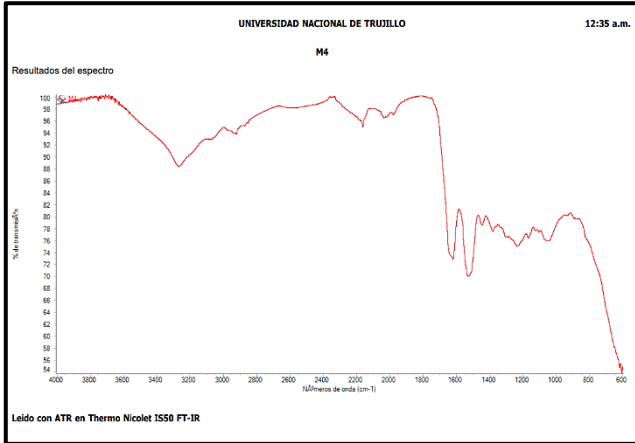


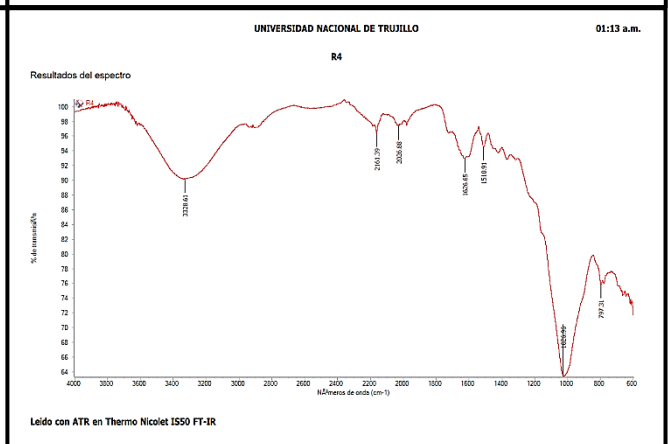
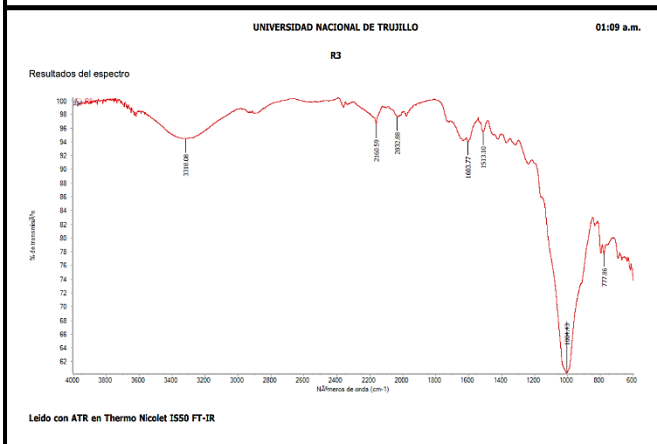
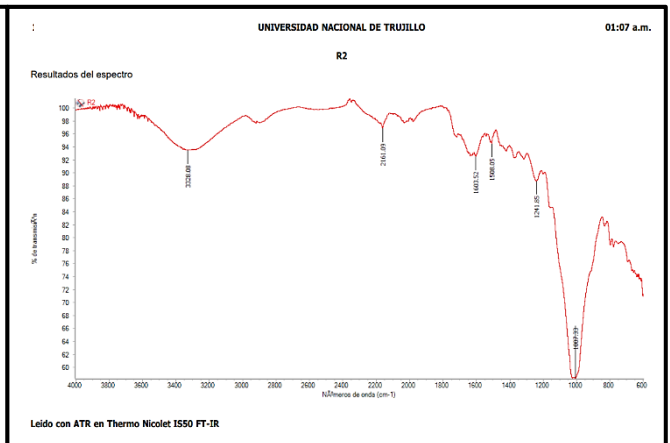
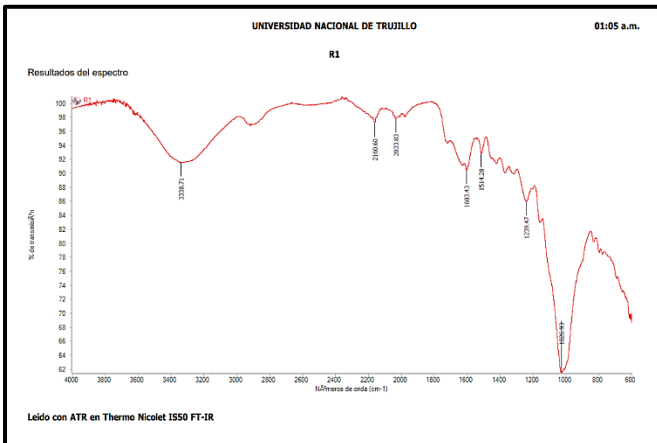
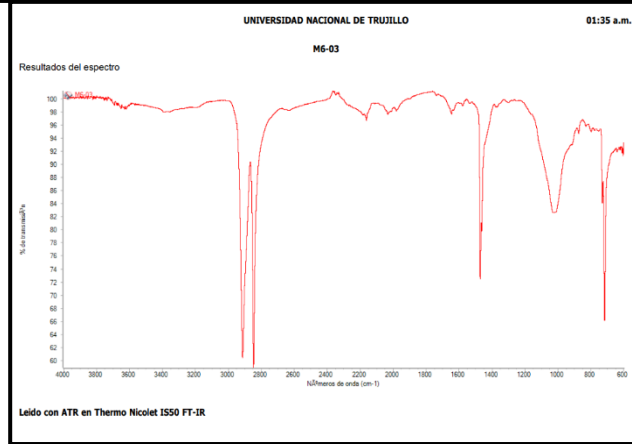
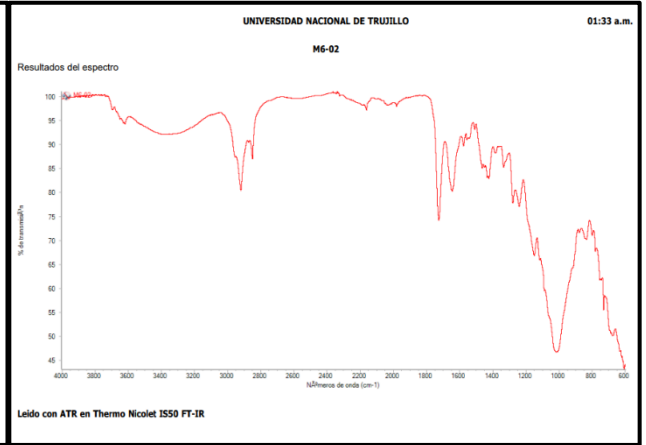
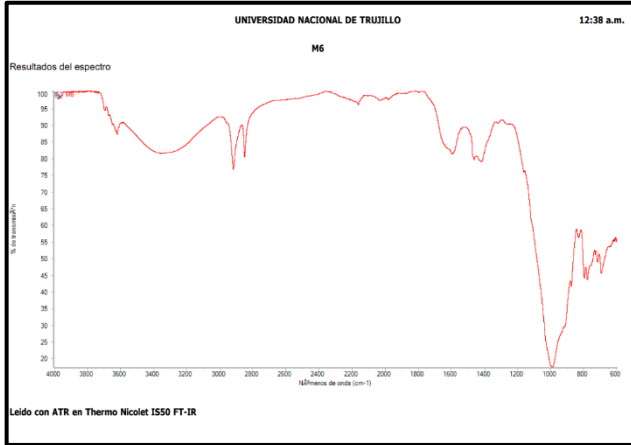


Anexo 17. Resultados de espectros de polímeros de plástico

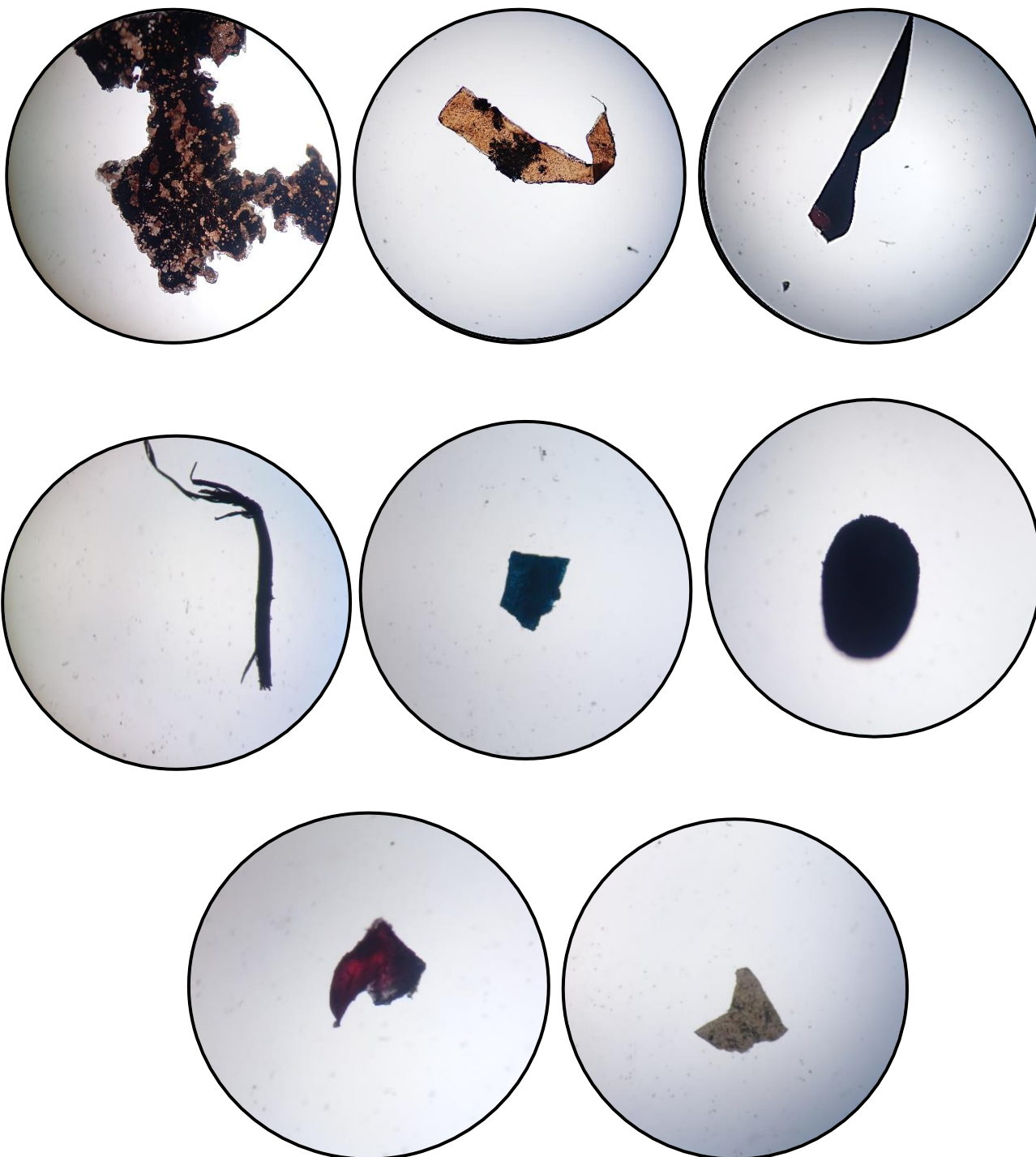








Anexo 18. Caracterización de microplástico bajo microscopio



Anexo 19. Certificado del informe de análisis del espectrómetro FTIR.



Universidad Nacional de Trujillo
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Escuela de Ingeniería Agroindustrial



INFORME DE ANÁLISIS

1. DATOS DE LA INSTITUCIÓN SOLICITANTE

Razón Social : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.
RUC : 20164113532
Dirección : Av. Larco Nro. 1770, urbanización San Andrés 5ta etapa

2. FECHAS

Emisión de informe : 22 de noviembre del 2023
Observaciones : --

3. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

Ensayo solicitado : Análisis de microplásticos
Método utilizado : Evaluación en espectrómetro Nicolet iS50 FTIR

4. DATOS DE LA MUESTRAS ANALIZADAS

Muestras de microplásticos de suelo agrícola de Casa Grande: 53 muestras

5. RESULTADOS

Se brindaron los espectros obtenidos de las muestras, y la identificación de los grupos funcionales presentes.

- Los resultados corresponden a las muestras entregadas al laboratorio de Ingeniería de Procesos Agroindustriales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo.
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito del Coordinador del Laboratorio.



.....
Dr. Raúl Siche Jara
Coordinador
Laboratorio de Ingeniería de
Procesos Agroindustriales

Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Trujillo, Perú.

E-mail: rsiche@unitru.edu.pe

Anexo 20. Reglamentación ambiental sobre contaminantes en el suelo

14

NORMAS LEGALES

Sábado 2 de diciembre de 2017 /  El Peruano

ANEXO ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ^{(7) y (8)}
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/ Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁵⁾ / Industrial/ Extractivo ⁽⁶⁾	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽⁹⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ⁽¹⁰⁾	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ⁽¹³⁾ (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽¹⁴⁾	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ⁽¹⁶⁾
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Anexo 21. Pruebas de normalidad (Kolmogorov)

Tabla 52: Prueba de normalidad (Kolmogorov) de fuentes de contaminación

Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
P_Domésticos	Normal(0,1)	73.63	773.58	16	1.00	<0.0001
P_Industriales	Normal(0,1)	3.31	49.43	16	0.50	0.0007
P_Agrícolas	Normal(0,1)	3.56	34.66	16	0.50	0.0007

Fuente: elaboración propia.

Tabla 53: Prueba de normalidad (Kolmogorov) de tipo de polímeros

Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
CARRETERA	Normal(0,1)	8.93	151.48	28	0.50	<0.0001
URBA	Normal(0,1)	5.54	52.11	28	0.50	<0.0001
CULTIVO	Normal(0,1)	3.79	30.62	28	0.50	<0.0001
SEDIMENTO	Normal(0,1)	5.89	147.36	28	0.50	<0.0001

Fuente: elaboración propia.

Tabla 54: Prueba de normalidad (Kolmogorov) de formas de microplásticos

Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
F_Fibras	Normal(0,1)	4.06	8.33	16	0.79	<0.0001
F_Esfera	Normal(0,1)	0.63	3.98	16	0.50	0.0007
F_Fragmen	Normal(0,1)	36.25	396.60	16	1.00	<0.0001
F_Películas	Normal(0,1)	1.31	1.96	16	0.50	0.0007

Fuente: elaboración propia.

Tabla 55: Prueba de normalidad (Kolmogorov) de tamaños de microplásticos

Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
T1 (3-5 mm)	Normal(0,1)	24.00	227.87	16	1.00	<0.0001
T2 (2 mm)	Normal(0,1)	13.81	82.30	16	1.00	<0.0001
T3 (0,6 - 1 mm)	Normal(0,1)	4.44	16.26	16	0.79	<0.0001

Fuente: elaboración propia.

Tabla 56: Prueba de normalidad (Kolmogorov) de colores de microplásticos

Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
C_Azul	Normal(0,1)	10.94	134.33	16	0.85	<0.0001
C_Negro	Normal(0,1)	6.69	68.63	16	0.62	<0.0001
C_Transpa	Normal(0,1)	7.88	35.45	16	0.79	<0.0001
C_Blanco	Normal(0,1)	5.29	58.99	16	0.56	0.0004
C_Rojo	Normal(0,1)	2.25	12.47	16	0.50	0.0007
C_Amarillo	Normal(0,1)	4.38	22.12	16	0.60	<0.0001
C_Verde	Normal(0,1)	5.50	68.67	16	0.59	<0.0001

Fuente: elaboración propia.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Alcances y características de los microplásticos que afectan la contaminación del suelo de cultivo de caña de azúcar, Casa Grande – 2023", cuyos autores son ALTAMIRANO LEON ZOILITA MERCEDES, GALARRETA CABRERA VANNIA LUZ, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 26 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS DNI: 04206862 ORCID: 0000-0002-6211-4578	Firmado electrónicamente por: GEHUERTA el 12-12- 2023 22:15:01

Código documento Trilce: TRI - 0665994