



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Revisión sistemática: Evaluación de métodos para la identificación y cuantificación de los impactos ambientales generado por los micro plásticos en el suelo

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Mora Rozas, Cecilia Ibet (orcid.org/0000-0002-9652-3601)

ASESOR:

Mg. Ugarte Alván, Carlos Alfredo (orcid.org/0000-0001-6017-1192)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico mi tesis con todo mi corazón a mis padres ERNESTO MORA TORRES y PILAR ROZAS SOTA quienes siempre me apoyaron moral y económicamente, lo que me permitió llegar a esta etapa de mis estudios. Me dió todo como ser humano, valores, principios y perseverancia para alcanzar mis metas.

Para ti hijo JHAFET CALEB, quien eres mi mayor motivación para lograr mis metas y ser tu mayor orgullo.

Agradecimiento

Doy gracias a Dios por bendecirme para lograr las metas que me propuse y a toda mi familia por el apoyo incondicional.

A mi hermana y hermano, por siempre estar para mí, saben que este logro también es vuestro.

En segunda, me gustaría agradecer a mis docentes de gran sabiduría y a la universidad por sus esfuerzos para poder ayudarme a llegar a mis metas trazadas

Si no te tuviera, en mi vida sería un desastre hijo mío, eres mi mayor fortaleza e inspiración para convertirme en profesional, te amo.

Nunca olvidar a mi amigo que me apoyo
PAUL JOSSEP JALISTO, gracias, amigo.

Índice de Contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de abreviaturas	vii
Resumen.....	ix
Abstracto	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA	29
3.1 Tipo y diseño de investigación	29
3.2 Categorías y subcategorías y matriz de categorización	30
3.3 Escenario de estudio	31
3.4 Participantes	31
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.6 Procedimiento	32
3.7 Rigor científico.....	33
3.8 Métodos de análisis de datos.....	34
3.9 Aspectos éticos.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	35
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS	44
ANEXOS.....	48

Índice de tablas

Tabla 1: Antecedentes	4
Tabla 2: Matriz de Categorización Apriorística	30
Tabla 3: Resumen de estudios sobre los métodos usados para la identificación de los microplásticos en el suelo..... i.....	36
Tabla 4: Resumen de estudios sobre la prevalencia y traslocación de los microplásticos (MP) en plantas agrícolas	39

Índice de figuras

Figura 1: Degradación de plásticos convencionales y BP en el suelo.25

Figura 2: Análisis de la Revisión Bibliográfica32

Índice de abreviaturas

MP	: Microplásticos
PVC	: Policloruro de Vinilo
PV	: Polivinilo
PS	: Poliestireno
PP	: Polipropileno
PE	: Polietileno
PAN	: Poliacrilonitrilo
PA	: Poliamida
BP	: Plástico biodegradables
PLA	: Acido poliláctico
PHA	: Polihidroxialcanoato
FTIR	: Espectrometría infrarrojo
Q ₁	: Cuartil
BPA	: Bisfenol A
°C	: Centígrados
TiO ₂ NP	: Dióxido de titanio – nanopartículas
ATR	: Reflectancia total atenuada
POM	: Poliformaldehído
H ₂ O	: Molécula de agua
CO ₂	: dióxido de carbono
L	: Litro
RM	: Microspectroscopia Ramón
pH	: Potencial de hidrogeniones

NaCl : Cloruro de sodio
PU : Poliuretano
VC : Cloruro de Vinilo
Cm : Centímetros
Cm³ : Centímetro cubico
mm : Milímetro
P/P : Porcentaje peso de soluto/peso de una solución
μm : Micromilímetro
μg : Microgramo
Ha : Hectárea
Kg : Kilogramo
nm : Nanómetro
LDPE : Polietileno de baja densidad

Resumen

Los microplásticos son un contaminante ambiental emergente que preocupa. La presencia de microplásticos en el suelo ha aumentado el interés por sus posibles efectos sobre los organismos del suelo, incluidas las plantas terrestres. Dado el creciente número de estudios publicados sobre la absorción de plantas y los efectos de los microplásticos, es necesario revisar el progreso de la investigación actual y las necesidades futuras.

Se observó que muchas plantas terrestres pueden absorber micro(nano)plásticos de sus raíces y transportarlos a la superficie a través de la vasculatura impulsada principalmente por la transpiración.

La exposición a los microplásticos puede tener diferentes efectos sobre las propiedades biológicas, parámetros bioquímicos y fisiológicos de las plantas terrestres. Sin embargo, el efecto específico depende en gran medida de las propiedades plásticas, especies de plantas y condiciones experimentales.

La presencia de microplásticos pueden tener una variedad de efectos sobre las plantas de acuerdo a las propiedades de los diferentes plásticos. Con la revisión y análisis literario identifico conocimientos actuales; por lo tanto, se sugiere hacer nuevas investigaciones para enfatizar en los efectos sobre las plantas.

Palabra clave: Microplásticos, suelo, impactos ambientales

Abstract

Microplastics are an emerging environmental pollutant of concern. The presence of microplastics in soil has increased interest in their potential effects on soil organisms, including land plants. Given the increasing number of published studies on plant uptake and the effects of microplastics, current research progress and future needs need to be reviewed.

It was observed that many land plants can absorb micro(nano)plastics from their roots and transport them to the surface through the vasculature driven mainly by transpiration.

Exposure to microplastics can have different effects on the biological properties, biochemical and physiological parameters of land plants. However, the specific effect depends largely on plastic properties, plant species and experimental conditions.

The presence of microplastics can have a variety of effects on plants according to the properties of different plastics. With literary review and analysis, I identify current knowledge; Therefore, it is suggested to do new research to emphasize the effects on plants.

Keyword: Microplastics, soil, environmental impacts

I. INTRODUCCIÓN

En la cuarta Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente que se realizó el 15 de marzo del 2019, se estimó que cada minuto se compran un millón de botellas de plásticos y al año un promedio de 500.000 millones de botellas plásticas esto se debe a su bajo costo, maleabilidad y durabilidad de los cuales se estima que la tercera parte de estos envases de plásticos terminan en el alcantarillado estos acaban en los océanos(Padha et al., 2022).

La contaminación por el plástico es uno de los mayores desafíos de problemas ambientales derivados del uso y eliminación no sostenibles de productos fabricados con materiales plásticos por la sociedad humana. Ahora se reconoce como un problema global, multifacético y multisectorial con implicaciones ambientales, económicas, de salud pública, de seguridad alimentaria e incluso culturales.(Barnes et al., 2009)

El plástico es el nuevo problema ambiental emergente que preocupa en nuestro entorno. La producción masiva de plásticos ha incrementado desde 1907, cuando Leo Baekeland utilizó por primera vez formaldehído y fenol para desarrollar plásticos modernos de "baquelita". En los últimos 100 años, el uso de plástico se ha multiplicado por 25. Los residuos plásticos son muy duraderos y pueden permanecer en el medio ambiente durante mucho tiempo.(Ng et al., 2020). Esto depende de la densidad, el tamaño, la forma y la flotabilidad de las partículas, que pueden variar con el tiempo debido a la descomposición, la fragmentación y la contaminación orgánica.(Ng et al., 2020)

En la actualidad no hay estudios que puedan evidenciar con certeza de la presencia de los microplásticos y los impactos que estos pueden generar en el suelo dado que el proceso de degradación de los plásticos (polímeros) se dan a partir de la presión, calor y el tiempo. Los microplásticos se degradan a niveles micro (5mm) y nano (<1µm).(Padha et al., 2022). Diversos estudios sobre los microplásticos dieron a conocer los efectos en las propiedades del suelo como pueden ser el aumento de la retención de agua y disminuir la densidad del agua. Biológicamente afectan el

crecimiento, la ingestión y la reproducción de las lombrices. (Cao et al., 2021). Apareció inicialmente como un problema estético y también se descubrió que era una causa de asfixia y atentado contra la vida silvestre.(Ng et al., 2020)

Los impactos generados por los microplásticos en el suelo son de riesgo considerable tienen efectos nocivos sobre las lombrices de tierra.(Boughattas et al., 2021) La exposición de MP en las plantas puede causar diversos efectos en el crecimiento y funcionamientos de las plantas también puede afectar la bioacumulación en las plantas terrestres. (Wang et al., 2022)

En la actualidad no existen métodos específicos para el análisis y poder medir la contaminación por MP en el suelo y los impactos ambientales generados. Las valoraciones que se dan de identificación y cuantificación de los polímeros MP se basan en técnicas de clasificación visual con la ayuda de un microscopio visual también la espectrometría infrarroja (FTIR) y microespectroscopia Raman (RM), métodos analíticos que no proporcionan información específica. (He et al., 2018).

La investigación es netamente justificada teóricamente por que pretende aportar conocimientos sobre los MP y sus efectos colaterales que producen en el suelo, y estos pueden estar afectando la sobrevivencia de la raza humana. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se estima que la población mundial será de unos 10 mil millones para el 2050. Este rápido crecimiento nos hace pensar el incremento de la presencia de los MP en el suelo y que afecten al sector agrícola. Por esta razón se viene investigando sobre los MP, y sus efectos en el suelo (da Silva Júnior et al., 2022).

Según la realidad problemática que se viene viviendo se plantea el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es los métodos más relevantes para la identificación y cuantificación de los impactos ambientales generados por los microplásticos en el suelo

De tal manera se planteó como problemas específicos:

- i. ¿Cuáles son los resultados de acuerdo con la metodología que se usaron para determinar la presencia de microplásticos (MP) en el suelo?
- ii. ¿Cuáles son los métodos para la identificación y cuantificación de los microplásticos (MP)?
- iii. ¿Cuáles son los impactos ambientales generados al suelo por los microplásticos?

La presente investigación se basó en la siguiente premisa como objetivo general: ¿Evaluar los métodos de identificación y cuantificación de los impactos ambientales generados por los microplásticos en el suelo?

- i. ¿Analizar los resultados de acuerdo con la metodología que se usaron para determinar la presencia de microplásticos (MP) en el suelo?
- ii. ¿Analizar los principales métodos usados para la evaluación de los microplásticos en el suelo?
- iii. ¿Identificar los impactos ambientales significativos generados a los suelos por los microplásticos?

II. MARCO TEÓRICO

La presente tesis se basa en el proceso de recopilación de información de las siguientes bases de datos: Sciencedirect, ACS Paragon Plus Environment, Scielo, Google Académico y las siguientes revistas : Environmental Research, Ciencia del Medio Ambiente Total, Environmental Pollution, TrAC Trends in Analytical Chemistry, Science of The Total Environment, Journal of Hazardous Materials, Waste Management, Ecotoxicology and Environmental Safety, Environmental Science & Technology, con un Q1 publicados desde el 2018 hasta el 2022 y que tenga una información de métodos, micro plásticos, parámetros y resultados. La base de datos se resume en la tabla 1:

Tabla 1. Antecedentes

N°	Autor	Metodología/ Descripción	Polímeros	Parámetros de uso	Resultados
1	Wang et al., 2022	Análisis los estudios que implicaron la absorción por las raíces.	MP	Cultivo de pepino (Cucumis sativus L) Cebolla (Allium cepa L.), trigo (Triticum aestivum L), arroz (Oryza sativa L), maíz (Zea mays L),	Los microplásticos (nano) pueden cambiar la función de las comunidades vegetales.

				zanahoria (Daucus carota L) y haba (Vicia faba).	
2	Ng et al., 2020	Modelo CNN AgriSpec vis-NIR (Analytical Spectral Devices, Boulder, CO, Estados Unidos). Spectralon (Labsphere Inc, North Sutton, NH, EE. UU).	MP	Densidad, Tamaño	Se pudieron distinguir los No contaminantes y muestras altamente contaminadas, pero no se pudo cuantificar el grado de contaminación.
3	Dahl et al., 2021	Modelo cronológico para determinar el flujo de partículas de micro(nano) plásticos. Con técnicas combinadas como radioisótopos, espectrometría. Los análisis estadísticos se realizaron con el software	PVC	Peso, Densidad y Volumen.	En los suelos de los pastos marino se encontraron un aumento de la contaminación por microplásticos esto está relacionado a la producción agrícola intensa en la zona.

		estadístico R (versión 3.5.3) y se verificó la normalidad y la estandarización de la varianza de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk y mediante inspección visual antes del análisis.			
4	Hou et al., 2020	Se usó un turbidímetro para medir y trazar una curva estándar de unidades de turbidez nefelométrica (NTU) en diseños microplásticos, y se usó una ecuación cuadrática con una incógnita para el ajuste de la curva.	PV	Tamaño, Densidad, Porosidad.	Se ha demostrado que la velocidad del flujo, la concentración de entrada y el tamaño de las partículas influyen en el transporte de microplásticos en medios porosos saturados.
5	R. Li et al., 2020	Se llegaron a utilizar dos tipos de polietilenos (LDPE y PBAT). Estos	LDPE y PBAT	Temperatura y Tiempo.	Los PBAT se degradaron más rápido y absorben más metales pesados y en cambio los

		microplásticos se colocaron en placas Petri y se agregó una solución de protioconazol. Luego se comenzó al proceso de secado y la aplicación del ATR – FTIR, para observar a los microplásticos y luego procesadas por el software OMNIC.			LPDE, el protioconazol promovió la degradación, pero afecta la adsorción de metales pesados.
6	He et al., 2018	Método analítico, revisión sistemática.	PV		Se dio a conocer resúmenes de investigaciones en métodos analíticos y caracterización de los riesgos ecológicos sobre los microplásticos.
7	Cao et al., 2021	Este método se aplica utilizando la densidad de los microplásticos disueltos en una solución	MP	Densidad, Temperatura, Tamaño y Solución Cloruro de Sodio (NaCl)	Se llegaron a encontrar bajos niveles de microplásticos dado que en suelos arcillosos son arrastrados por el viento y escorrentía, pero en suelos

		de cloruro de sodio (NaCl). Luego centrifugar.			francos en estos debe de ser mayor su concentración.
8	Ragoobur et al., 2021	Se realizaron análisis fisicoquímicos se tomó en consideración el pH y el método redox. Se procedió a la observación al microscopio a 40x y se luego se analizó usando el espectrómetro infrarrojo para luego pasar por el software estadístico IBM SPSS (versión estándar 21.0)	HDPE	pH NaCl (cloruro de sodio).	Se llegó a comprobar la presencia de MP en los suelos agrícolas es bajo en comparación con efluentes de agua que son muy altos.
9	(Jacques & Prosser, 2021)	Se realizó una investigación literaria exhaustiva sobre los efectos de los microplásticos en la biota de los ecosistemas.	MP	investigaciones	Este estudio probabilístico nos dio a conocer que podría haber un riesgo grave de afección a la biota del suelo por la presencia de los MP.

10	(Rehm et al., 2021)	El diseño experimental del comportamiento del transporte de partículas PM en sedimentos distribuidos por erosión puede desempeñar un papel importante en el enriquecimiento de PM.	HDPE (250-300 μm)	Tiempo, Recipientes, agua destilada,	Las partículas de HDPE con diámetros de 53 a 100 μm y de 250 a 300 μm se pulieron y migraron preferentemente, lo que resultó en factores de enriquecimiento promedio de $3,17 \pm 2,58$ (n = 12) y $3,95 \pm 3,71$ (n = 12), respectivamente. Sedimento.
11	(Boughattas et al., 2021)	Se aplicó separación por densidad (usando NaCl saturado (1,19 g cm). Se usaron espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y microscopía Raman (RM) para confirmar todos los objetos en el rango de tamaño (5–1 mm y 1 mm)–300 μm). Los		fracción de MP <100 μm . Lombrices de tierra de la especie Eisenia Andréi.	La presente investigación sugiere que la exposición de las lombrices de tierra a partículas puede resultar en daño citotóxico a través de la inducción de estrés oxidativo. Estos resultados indican que el PM tiene muchos efectos perjudiciales sobre las lombrices de tierra.

		espectros de cada elemento se registraron y compararon con una base de datos de polímeros (KnowIt All ID 2018 Expert Bio-Rad Library).			
12	(H. Li et al., 2021)	Los experimentos de cultivo del suelo se realizaron al aire libre. Para los primeros experimentos iniciales de distribución de resina sobre la capa superficial, se llevaron a cabo incubaciones en macetas de 12 cm de diámetro y 20 cm de altura. Primero, se agregaron muestras de suelo a cada maceta para formar un perfil de suelo de 10 cm. Luego se	Polipropileno (PP)	Tamaño de películas y perlas del PP entre 2 mm y 1 mm. Densidad: 0.912± 0.079 y 0.877 ± 0,009 g cm ³ para películas del PP y perlas, respectivamente. Se cultivaron semillas de maíz, soja y raigrás a una	Los resultados indican que las raíces de las plantas tienden a mantener o aumentar los MP en todas las áreas terrestres, en contraste con el funcionamiento activo y la absorción de agua en la vida silvestre. Las raíces de maíz tienden a mover PM a las capas superiores, con más vacíos y espacios dentro del suelo. Son producidos por raíces primarias y secundarias, pero las raíces de cebada tienen

		mezcló otra porción del suelo con 50 películas del PP preparadas para formar una capa superficial de 5 cm que contenía PM.		profundidad de 2 cm en las macetas.	muchas raíces terciarias que tienden a retener partículas en el suelo.
13	Yu, Qi, et al, 2021	Diseño experimental, la aplicación de microplásticos puede afectar las actividades de la enzima y formación de la comunidad microbiana del suelo mediante el cambio de propiedades del suelo acuoso.	microplásticos (MP) de poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno (PP) y polietileno (PE) (rango = 180-200 μ m)	Rango = 180-200 μ m. Tiempo 28 días. Humedad relativa:> 70% Temperatura 25°C Iluminación: 6000 lux.	Este estudio revela que las partículas tienen efectos directos e indirectos sobre Ecosistema de humedales. Aunque la vegetación tiene una fuerte función de interceptar y capturar partículas finas en humedales, la diversidad y la función metabólica de los microorganismos del suelo han cambiado y han cambiado significativamente las propiedades fisicoquímicas del suelo y conducen a restringir el

					<p>crecimiento individual y la composición de la población en los sistemas terrestres, Las concentraciones de MP al 1 % tienen efectos negativos más fuertes en el crecimiento en el entorno biofísico del trigo y del suelo.</p>
14	Huang et al., 2021	<p>El tiempo de muestreo es de 22-40 días. Se utilizó un muestreador pasivo con una cubeta de acero inoxidable de 22 L (diámetro: 25 cm, altura: 45 cm) para recolectar muestras de deposición atmosférica. Las muestras se recolectaron en un techo alto de tres pisos en la Universidad Agrícola del Sur de China,</p>	<p>Tereftalato de polietileno (PET-poliéster). Poliacrilonitrilo (PAN) Polipropileno (PP) y Poliamida (PA)</p>		<p>Los resultados demuestran la contaminación de microplásticos en el aire, destacando la importancia del transporte de microplásticos y la deposición atmosférica. Las fibras de PET (poliéster) son los microplásticos más comunes observados. También se han observado otras morfologías como fragmentos, membranas y microesferas.</p>

		<p>a unos 10 m sobre el suelo.</p> <p>Los microplásticos en los filtros se identificaron visualmente utilizando un microscopio estereoscópico. Se utilizó un espectrómetro infrarrojo de transformada de Fourier micro Nicolet iN10 (μFTIR) (Thermo Fisher Scientific, EE. UU.) equipado con un detector de mercurio-cadmio para determinar el tipo de polímero de los microplásticos observados.</p>			
15	Qin et al., 2021	Teniendo en cuenta la degradación incompleta de los BP en entornos	plásticos biodegradables (BP)	Degradación abiótica,	Debido a que los BP se degradan más rápido que los plásticos convencionales en el

		<p>naturales del suelo, es vital discutir los comportamientos de degradación de los BP y la generación de BMP si pretendemos investigar los efectos ecológicos de las BMP en los sistemas naturales del suelo.</p>	<p>El ácido poliláctico (PLA) y el polihidroxialcanoato (PHA) son dos polímeros biodegradables</p>	<p>microorganismos específicos podrían mineralizar aún más los fragmentos de plástico en CO₂ y H₂O como productos finales en condiciones específicas de laboratorio.</p>	<p>suelo natural, pero no completamente, se pueden liberar grandes cantidades de BMP en el suelo durante el mismo período de tiempo que los plásticos convencionales no biodegradables, lo que aumenta los BMP contaminantes. Los ambientes naturales de BMP en el suelo no causan efectos ecológicos diferentes en los constituyentes bióticos y abióticos del suelo que los PM convencionales por mecanismos similares. Además, la presencia de BMP en el suelo puede dar lugar a una entrada excesiva de carbono, lo que puede dar lugar a la liberación de</p>
--	--	--	--	--	--

					subproductos de degradación (como monómeros e intermediarios nocivos), lo que provoca efectos adversos. Para ello, se requiere una investigación exhaustiva.
16	Chai et al., 2020	El método de separación de microplásticos del suelo se desarrolló basándose en la flotación del aire y la densidad. Utilizamos ultrasonido después de agregar un agente dispersante del suelo a la muestra para separar la materia orgánica del suelo de la superficie del microplástico. Se prepararon tres niveles de concentración	Polietileno (PE). Polipropileno (PP). Tereftalato de polietileno (PET) y Poliformaldehído (POM).	Espectroscopia infra roja (FTIR), es posible que ATR-FTIR. Reflectancia total atenuada (ATR) Micro-FTIR (Nicolet iN10 MX, Thermo Fisher, EE. UU.) Particles Wizards en el software OMNIC Picta.	Se encontró microplástico en 10 parcelas de muestreo bajo diferentes sistemas de uso de la tierra. Hubo una gran variación en la abundancia de microplásticos entre diferentes suelos, que varió de 0 a 34,100n kg. -1. También encontramos 60 tipos de microplásticos y la mayoría de los cuales eran plásticos de ingeniería y plásticos modificados, lo que implica que el microplástico dominante se derivaba de los desechos

		(nivel bajo, medio y alto) de microplásticos de 100 μm a 5 mm.		El software Axio Vision SE64 Rel.49, según cinco clases de tamaño: clase 1 (<1000 μm); clase 2 (1000-2000 μm); clase 3 (2000-3000 μm); clase 4 (3000-4000 μm); clase 5 (4000-5000 μm).	electrónicos y pertenecía a un microplástico secundario. Además, los microplásticos del suelo contienen varias concentraciones de metales pesados como Pb, Cd, Cr, Ba, Cu, Co y As. En conjunto, estos resultados han proporcionado datos importantes para avanzar en nuestra comprensión de la contaminación por microplásticos en el sector de los desechos electrónicos. Para más investigaciones sobre la eliminación de la contaminación por microplásticos en el suelo.
17	Edo et al., 2020	Realice una inspección visual y cuente las partículas. Se utiliza un	MP	Una submuestra de 172 micropartículas	Este estudio evaluó la existencia de microorganismos en las plantas de tratamiento

		<p>estereomicroscopio Euromex Edublué equipado con una cámara digital USB y el software Imagen Focus. Contiene todas las partículas. Objetos de plástico, fibras naturales con evidencia artificial. Por espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)</p>		<p>de aguas residuales y lodos se inspeccionó cuidadosamente mediante micro-FTIR.</p>	<p>de aguas residuales, incluidos el lodo seco como la mejora del suelo. La proporción de plantas de tratamiento de aguas residuales que eliminan el micro plástico es 93.7 % más alta entre los residuos principales y el drenaje final. La cuantificación de partículas vertidas con aguas residuales mostró $12,8 \pm 6,3$ Unidades/L. El lodo tratado con fibras naturales contenía 183 ± 84 unidades/g (lodo húmedo) y 165 ± 37 unidades/g (lodo residual). secado por calor). Se identificó por FTIR, la presencia de PE, PP, Poliéster y acrílico, y una proporción significativa de fibras naturales provenientes de</p>
--	--	---	--	---	---

					transformaciones antropogénicas.
18	H. Li & Liu, 2022	Se prepararon un total de 45 macetas (3 regímenes de fertilización × 5 tratamientos con microplástico × 3 repeticiones) para experimentos de incubación, ya que los experimentos se realizaron por incubación. Se agregaron 750 g de muestra de suelo seco a cada maceta. Añadir 20g para macetas con compost fertilizante orgánico. Para obtener cantidades iguales de P y N, se aplicaron a las macetas	PE y PP	Los microplásticos de PE y PP preparados en tamaños de 1 a 5 mm y de 0 a 1 mm s	Los resultados muestran que la presencia de microplásticos puede reducir significativamente el contenido de fosfato disponible en el suelo al tiempo que aumenta significativamente el contenido de amonio disponible en el suelo. Esto puede deberse a que la carga negativa superficial de los microplásticos del PP en suelos alcalinos es menor que la de los microplásticos de PE.

		<p>0,97 g de TSP (superfosfato triple) y 2,7 g de CAN (nitrato amónico cálcico) junto con fertilizante inorgánico. Rango de aplicación</p> <p>Los microplásticos de PE y PP con tamaños de 0 a 1 mm y de 1 a 5 mm se establecieron al 1 % (p/p) del suelo. En cada caja, los ingredientes agregados están bien mezclados. Luego se agregaron 270 g de agua destilada a cada maceta para que el contenido de humedad del suelo al comienzo de la incubación fuera el 60%</p>			
--	--	---	--	--	--

		del volumen de agua de campo.			
19	Yu, Zhang, et al., 2021	Se utilizó un vaso de precipitados (diámetro: 15 cm, altura: 15 cm) en los siguientes estudios. Cada matraz se llenó con suelo (pH = 7,71 ± 0,18; materia orgánica = 6,11 ± 1,24 g/kg; nitrógeno total = 0,4 ± 0,08 g/kg; fósforo total = 0,5 ± 0,01 g/kg; potasio disponible = 91,63 ± 4,3 mg/kg). Los microplásticos poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno (PP) y polietileno (PE) (MP) (rango = 180–200 μm) se	Poliestireno (PS). Cloruro de polivinilo (PVC) Polipropileno (PP) y Polietileno (PE) (rango = 180-200 μm).	Temperatura: 25°C. Humedad relativa:> 70%. Iluminación: 6000 lux	En general, este estudio demuestra que el MP tiene efectos directos e indirectos en los ecosistemas de humedales. Aunque la vegetación tiene una función muy fuerte de adherir y atrapar MP en los humedales, MP cambia la diversidad y la función metabólica de los microorganismos del suelo y cambia en gran medida las propiedades fisicoquímicas de los microorganismos del suelo. Una concentración del 1% de MP tuvo efectos adversos significativos sobre el crecimiento del trigo y el entorno biofísico del suelo.

		<p>eligieron materiales experimentales.</p> <p>Estos MP generalmente se encuentran en agua o rocas sedimentarias, y Bacopa sp. Es una planta herbácea que se encuentra comúnmente en los ecosistemas de humedales.</p>			
20	Bellani et al., 2020	<p>Las partículas arrastradas por el suelo se calcularon en 80 y 800 mg TiO₂/kg de suelo. Se llenaron cinco macetas para cada tratamiento con sustrato de crecimiento que contenía 500 g cada una. Todas las macetas se colocaron aleatoriamente en condiciones</p>	<p>TiO₂ NP (Dióxido de titanio – nanopartículas)</p>	<p>Temperatura: 22/18 °C. Humedad: 65-70%.</p>	<p>Un estudio de TiO₂ en suelo mejorado con Bs redujo la disponibilidad de nutrientes y minerales, especialmente Mn, Fe y P, provocando un desequilibrio de los nutrientes minerales del frijol, especialmente en las raíces de Mn, K, P y Zn. Además, la ecología microbiana indica que el TiO₂ redujo los efectos</p>

		controladas de luz (16/8 h día/noche fotoperíodo), temperatura (22/18 °C día/noche) y humedad relativa (65-70%). Mantenga la humedad del suelo durante el crecimiento de las plantas regando cuidadosamente con agua del grifo para evitar la lixiviación.			perjudiciales sobre las poblaciones del estrés causado por la presencia de TiO2 ENPs.
21	Souza MacHado et al., 2018	El hilo poliacrílico se corta a mano con hilo 100 % acrílico. Para cada repetición experimental, se agregaron 70 ± 1 g de suelo o mezcla suelo-microplástico. El bote de polipropileno prepesado tiene 5,5 cm de alto y 5,7	Poliacrílico Poliéster Poliamida Polietileno	conductividad hidráulica	Este estudio demostró el impacto potencial de los microplásticos en el sistema terrestre. Observamos cambios en las propiedades fundamentales que definen el ambiente biofísico del suelo. Estos efectos están asociados con cambios en la actividad microbiana.

		<p>cm de diámetro. La maceta cubierta con malla tenía cuatro orificios en el fondo para permitir el drenaje, y la parte superior se dejó abierta para permitir que el suelo experimental experimentara cambios diurnos de temperatura y humedad casi naturales.</p>			
22	Pflugmacher et al., 2021	<p>Se utilizó una cámara térmica (TK 720 Binder GmbH, Tuttlingen, Alemania) para envejecer la resina con un efecto de calentamiento. La temperatura se fijó en $70^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y la humedad en $1\% \pm 0,5\%$. El número total de PC</p>	policarbonato (PC)	<p>Temperatura Humedad Tiempo</p>	<p>Este resultado indica que el factor tiempo juega un papel importante en la fitotoxicidad de los materiales plásticos, ya que los efectos adversos más severos se observaron para PC nuevos y plásticos de vida corta (hasta 80 días). Cuanto más antiguo era el material,</p>

		<p>cultivadas en esta cámara fue de 40, 80, 120 y 160 días, respectivamente.</p> <p>El BPA se disolvió en etanol hasta una concentración final de solvente de 50 mg L⁻¹, correspondiente a 0.219 mM, y esta solución se utilizó para irrigar el grupo tratado con BPA</p>			<p>más efectos perjudiciales se observaban en <i>L. sativum</i>.</p>
--	--	--	--	--	--

Resumen de artículos científicos recientes sobre microplásticos que se tabularon en la tabla N° 1 para mostrar los diferentes métodos usados en el análisis de los microplásticos y sus impactos generados al suelo.

Según (Bassi, 2017). Los plásticos son compuestos sintéticos obtenidos de la petroquímica mediante procesos como la polimerización por adición (poliolefinas) y reacciones de condensación (poliésteres, poliamidas). Los ejemplos incluyen polietileno lineal de baja densidad, polietileno de alta densidad (HDPE), cloruro de polivinilo, polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y otros plásticos (Bassi, año 2017). Los microplásticos en el suelo pueden aparecer en forma de fibras, películas y partículas, con concentraciones de hasta un 7 % cerca de áreas industriales. (Lozano & Rillig, 2020).

Los microplásticos son desechos descompuestos de productos de consumo o desechos industriales que son difíciles de detectar a simple vista. Los microplásticos se caracterizan por su tamaño inferior a 5 mm. (Kurniawan et al., 2021). Las partículas del tamaño de un micrómetro que ingresan al medio ambiente se clasifican como "microplásticos primarios", mientras que las que se descomponen a partir de desechos más grandes se clasifican como microplásticos secundarios. (Qin et al., 2021) (Ng et al., 2020). Los microplásticos primarios son sustancias que se encuentran en los cosméticos y los microplásticos secundarios son productos de descomposición que se producen bajo la influencia del viento, las olas, la luz solar y el tiempo. (Cao et al., 2021). La degradación de plásticos grandes en microplásticos (MP: 1–1000 μm) ocurre a través de procesos físicos, químicos y biológicos. Los desechos plásticos se esparcen desde la tierra y, a menudo, terminan en los sistemas de agua (marina y de agua dulce) de todo el mundo. (H. Li et al., 2021).

Los microplásticos provienen principalmente de dos fuentes. Las fuentes primarias incluyen gránulos de plástico, productos de cuidado personal (PCP), abrasivos industriales y técnicas de soplado de aire, y fuentes secundarias relacionadas con macroplásticos, textiles y el desglose de entretenimiento ocupacional y subproductos. En las siguientes secciones, analizaremos más de

cerca cada fuente de microplásticos.(Kurniawan et al., 2021)

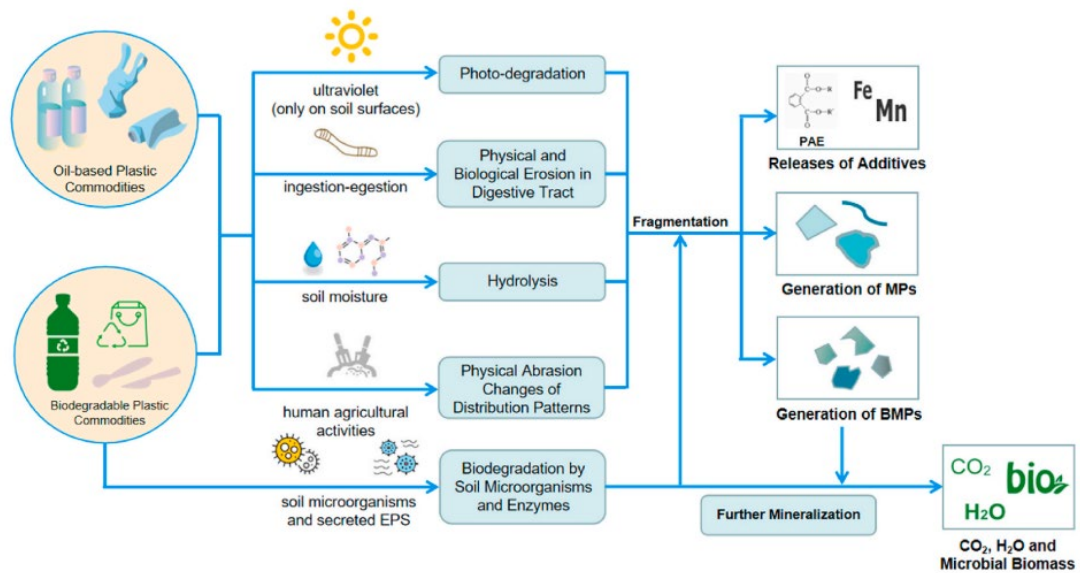


Figura 1 Degradación de plásticos convencionales y BP en el suelo.

Fuente: (Qin et al., 2021).

BP es un material plástico que contiene un polímero de alto peso molecular que puede dañarse por el poder biológico, como la actividad enzimática y el micro metabolismo en el punto final de CO₂ y H₂O. Los ácidos polilácticos (PL) y los polihidroxicanocitos, son dos polímeros biológicos típicos. Los polímeros a base de petróleo adipato-co-butileno tereftalato (PBAT) y policaprolactona (PCL) también son biodegradables, pero la estructura específica del polímero estructural es responsable de su biodegradación, más que el origen del concepto de "biodegradabilidad". género.(Qin et al., 2021)

En el proceso de degradación de los BP como se muestra en la figura 1 pasan por los mismos procesos que los plásticos convencionales solo que los BP se mineralizan en su proceso de degradación.(Qin et al., 2021).

Se han identificado varios actores importantes como fuentes de partículas finas en los suelos agrícolas debido a la descomposición del mantillo plástico y la reutilización de lodos para mejorar la fertilidad del suelo.(Qin et al., 2021)(Hou et al., 2020), El empleo de lodos de depuradora y biosólidos tal guano es también una de las fuentes de microplásticos.(Rondoni et al., 2021). Se mostró un promedio de 314 ± 145

micropartículas por gramo de materia seca.(Edo et al., 2020) Las lombrices de tierra y los helmintos son directamente responsables de la propagación horizontal y vertical de los microplásticos y de la transferencia de estos contaminantes desde la superficie hacia la red alimentaria subterránea.(Rondoni et al., 2021)

La composición del suelo se da después de la meteorización, el suelo formado puede permanecer en su lugar (suelo residual) o ser arrastrado por factores naturales Además el suelo orgánico es el resultado de la descomposición de la materia orgánica. Los suelos a menudo se denominan grava, arena, arena aluvial o arcilla, según el tamaño de las partículas predominantes en el suelo.(Das, n.d.)

Según (Juarez Badillo, n.d.), es importante evaluar la plasticidad y granulometría en los suelos, para poder así usar diferentes métodos para el análisis de la presencia de microplásticos.

El análisis filogenético de comunidades fue aplicado por la Encuesta Filogenética de Comunidades mediante la Reconstrucción de Países No Observados (PICRUST-2) para predecir el contenido de capacidad de microbiota funcional de la Enciclopedia de Genomas de Kioto (KEGG).(Yu, Zhang, et al., 2021)

Es ampliamente reconocido como un contaminante emergente en los ecosistemas marinos, terrestres y marinos. atmósfera. (H. Li et al., 2021)

Entre ellos, los sistemas del suelo han atraído mucha más atención que en los últimos años, y los investigadores sugieren que las partículas ambientales del suelo pueden ser de 4 a 23 veces más altas que el sistema marino.(Qin et al., 2021). Por lo tanto, las algas marinas tienen el potencial de servir como un sumidero de partículas de plástico de larga duración.(Dahl et al., 2021). Estas moléculas pueden luego ser transportadas a través de la red alimentaria a niveles más altos de nutrientes.(Dahl et al., 2021). Los microplásticos amenazan la biodiversidad de la tierra y el funcionamiento de los ecosistemas.(Boots et al., 2019).

Según (Rondoni et al., 2021) el tamaño y el tipo de partícula, de los microplásticos afectan negativa la densidad aparente, la capacidad de retención de agua, textura del suelo, porosidad, propiedades químicas del suelo y actividad microbiana.(Ronald Vargas Rojas Proyecto FAO-SWALIM & Mayor de San Simón, 2009)

Para el tamaño de microplástico, el microplástico de 0 a 1 mm y de 1 a 5 mm produjo niveles significativamente más bajos de fosfato disponible en comparación con el pretratamiento con plástico cero (CMP).(H. Li et al., 2021)(Edo et al., 2020)

La presencia de microplásticos no pareció alterar la comunidad microbiana en el suelo durante la incubación, mostró diferencias significativas en la abundancia bacteriana de Telmore cetaceae, Rocbactidae e Indeterminate Gaieridae. Los suelos tratados con diferentes microplásticos solo mostraron diferencias significativas en la abundancia de Sphingomonas. Los suelos que contenían microplásticos del PP tenían un mayor número de fngomonadáceas, que en los suelos que contenían microplásticos de PE y sin microplásticos. (H. Li & Liu, 2022)

III.METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada, la cual comprende a los estudios que son relevantes para ser aplicadas a diferentes trabajos para desarrollar conocimientos científicos de manera practica y congruente. (CONCYTEC, 2022). Para el presente estudio se realizó una revisión de artículos científicos con un Q1 publicados desde el 2018 hasta el 2022. Los cuales tienen un enfoque de estudio cualitativo y cuantitativo dado que se incluyen datos estadísticos para su procesamiento. Las palabras claves que se utilizaron fueron: microplásticos, suelo, impactos ambientales. Entre ellos, se seleccionaron artículos científicos que incluían enfoques relacionados con los microplásticos y cómo identificar y cuantificar su impacto ambiental.

El diseño del trabajo de investigación es cualitativo en cuanto se basa en el estudio del conocimiento científico, los métodos y técnicas de interpretación de estudios, y la comprensión del fenómeno o hecho a través de la revisión bibliográfica; el procedimiento de búsqueda se ajusta a un sistema ordenado diseñado para extraer de diferentes fuentes, materiales, estudios de casos para recopilar información. Asimismo, se considera un diseño narrativo de tópicos porque la investigación se basa en estudios con diseños cualitativos. (Hernández Sampieri et al., n.d.)

3.2 Categorías y subcategorías y matriz de categorización

Tabla 2: Matriz de Categorización Apriorística

Objetivos Específicos	Problemas específicos	Categorías	Subcategoría
Analizar los resultados de acuerdo con la metodología que se usaron para determinar la presencia de microplásticos (MP) en el suelo.	¿Cuáles son los resultados de acuerdo con la metodología que se usaron para determinar la presencia de microplásticos (MP) en el suelo?	Métodos de identificación de los microplásticos (MP)	Características de los microplásticos y los procesos que sufren en su degradación.
Describir los principales métodos usados para la evaluación de los microplásticos en el suelo.	¿Cuáles son los métodos para la identificación y cuantificación de los microplásticos (MP)	Método para la identificación y cuantificación de los microplásticos (MP)	<p>-Mecanismo de transporte de los microplásticos en el suelo.</p> <p>-Mecanismo de cuantificación e identificación de los microplásticos en el suelo.</p> <p>-Identificación de los impactos generados por los microplásticos en el suelo.</p>
Describir los impactos ambientales generados a los suelos por los microplásticos.	¿Cuáles son los impactos ambientales generados al suelo por los microplásticos?	Impactos ambientales.	<p>Biomagnificación.</p> <p>Camio en la fauna del suelo.</p> <p>Impactos en las propiedades del suelo.</p>

3.3 Escenario de estudio

El escenario tiende a ser el área donde se realiza la investigación. El objetivo principal es para poder evaluar los impactos ambientales generados por la actividad antropogénica, actividades industriales, enfocados en el deterioro de la calidad del suelo y causando impactos en los ecosistemas, como consecuencia poniendo en riesgo la sobrevivencia de los seres humanos

3.4 Participantes

La presente investigación se basó en la búsqueda exhaustiva de información en las siguientes revistas Environmental Research, Ciencia del Medio Ambiente Total, Environmental Pollution, Trac Trends in Analytical Chemistry, Science of the Total Environmental, Journal of Cleaner Production, Waste Management, Chemosphere, Ecotoxicology and Environmental Safety, Environmental Science & Technology.

La base de datos se obtuvo de Scimedirect, ACS (American Chemical Society) Paragon Plus Environment, Scielo, Google Académico. La información es de revistas científicas electrónicas con una Scimago Journal de Q1. Que nos permiten fehacientemente dar una buena información científica.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se realizó de manera sistemática utilizando una variedad de técnicas y herramientas, considerando teorías, conceptos, métodos e investigaciones necesarias para obtener la información y los datos contenidos en los resultados. Recopilación, análisis e interpretación del conocimiento.

Se utilizaron técnicas de análisis documental para realizar la revisión, lo que facilitó a los autores la exploración de la información de los estudios. (Hernández Sampieri et al., n.d.)

Se considero el uso de la ficha de análisis de contenidos (ANEXO 1), como herramienta para facilitar el análisis de la información en categorías y subcategorías.

3.6 Procedimiento

En primer lugar, se búsquedas se lograron encontrar artículos científicos con un Q1 publicados desde el 2018 hasta el 2022. Los cuales tienen un enfoque de estudio cualitativo y cuantitativo dado que se incluyen datos estadísticos para su procesamiento. Las palabras claves que se utilizaron fueron: microplásticos, suelo, impactos ambientales. Teniendo en cuenta que la mayoría de estos artículos están escritos en inglés y, por lo tanto, deben traducirse para comprender mejor el tema en estudio.



Figura 2 Análisis de la Revisión Bibliográfica

3.7 Rigor científico

El rigor en la investigación cualitativa implica un proceso válido y confiable. Es importante que el investigador profundice en los datos, examine la información y sus posibles relaciones, visualice los datos obtenidos desde diferentes ángulos para una mejor comprensión y así poder obtener resultados aptos para la investigación.

Según, (Hernández Sampieri et al., n.d.) la dependencia en el trabajo de investigación se evalúa cuando varios investigadores recopilan datos idénticos sobre un tema y realizan diferentes análisis para obtener resultados similares. Para obtener la acreditación de la encuesta, las personas estudiadas en el momento del análisis e interpretación del estudio no deben asociarlo con su opinión o punto de vista, por lo que es necesario tener en cuenta todos los datos analizados antes el caso y sus conclusiones.

Como resultado de lo anterior en este estudio, se realizó una extensa búsqueda de información sobre la influencia de los microplásticos en el suelo, especialmente en los suelos franco arenoso, que permitirá establecer los impactos generados en este tipo de suelo. La confiabilidad se describe como qué tan cerca se relacionan los resultados de una investigación con el fenómeno observado, lo que permite a los investigadores sugerir presunciones sobre el resultado de la investigación y la verdad a estudiar.(Hernández Sampieri et al., n.d.)

Entre las cosas mencionadas anteriormente en los diferentes estudios examinados, se encuentran en diferentes situaciones y contextos donde podemos concluir que este estudio cumple con los criterios. transporte. Para esta investigación, la validación indica que varios autores realizando las respectivas investigaciones en diferentes situaciones y contextos tienen resultados confiables y confiables.

3.8 Métodos de análisis de datos

La información analizada se evalúa en base a tres criterios para cada categoría.

- Mecanismo de transporte de los microplásticos en el suelo.
- Mecanismo de cuantificación e identificación de los microplásticos en el suelo.
- Identificación de los impactos generados por los microplásticos en el suelo.

En la primera categoría se realizó la búsqueda de los mecanismos de transporte de los microplásticos.

Para la segunda categoría se buscó como es el mecanismo de identificación y cuantificación de los microplásticos.

Y como tercera categoría es la identificación de los impactos generados de los microplásticos al suelo.

3.9 Aspectos éticos

La presente investigación tiene en cuenta, la ética y la honestidad son parte importante de este trabajo, tal como lo establece nuestra Política Antiplagio establecida en el artículo 15 del Código César ética en Investigación, Universidad de Vallejo, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 0126-2017-UCV del 23 de mayo de 2017.

Esta información se recopiló a partir de entrevistas con varios expertos en temas relevantes para este trabajo y, por lo tanto, se analizó e interpretó citando y brindando referencias. Cumple con la norma ISO 690-2 para respetar los derechos de autor de los resultados de la investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El objetivo que se planteó en la tesis fue evaluar y analizar el estado de los métodos de identificación y cuantificación de los impactos ambientales generados por los microplásticos en el suelo.

El propósito de este trabajo es evaluar y analizar los últimos métodos para detectar y evaluar el impacto ambiental de los microplásticos en el suelo.

Sus resultados utilizando espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR)(Constant et al., 2021) mostraron concentraciones de partículas que oscilaban entre 0,93 y 77 unidades/kg y entre 11 y 760 mg/kg. Por otra parte, también se obtuvieron concentraciones de partículas que oscilaron entre 0,78 y 2800 unidades/kg y entre 0,38 y 240 mg/kg. Por otro lado,(Cao et al., 2021), utilizaron en su estudio la Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (ATR-FTIR) y obtuvieron una cantidad promedio de microplásticos de 41,7 unidades/kg, que difería entre los analizados. Hay diferencias entre los tipos de suelo, 32,2 unidades/kg, 51,5 unidades/kg y 28,4 unidades/kg para hortalizas, arroz y maíz.

(Ng et al., 2020) usando el Modelo CNN (Convolutional Neural Network) mostrando los siguientes resultados que el polímero plástico LDPE se pueden encontrar alrededor de 1210, 1420 y 1730 nm., PET, la absorción alcanza su punto máximo a 1130, 1170, 1420, 1660 y 1720 nm. La precisión del modelo CNN (Convolutional Neural Network) es del 78,5% con una sensibilidad del 61% y una especificidad del 96%. En cuanto a los otros métodos utilizados, este método es prometedor para futuras investigaciones.

Cada uno de los estudios estimo como parte de la primera fase la identificación visualmente en función de la forma, el color, el brillo, la textura de la superficie y la dureza (Cao et al., 2021) . por otro lado, también se incluye cinco categorías principales basadas en la forma: fibras, fragmentos, perlas, espumas y películas.(He et al., 2018), esto permite de mejor manera el uso de los diferentes métodos mencionado en la Tabla 3

Por otro lado, se pudo observar que la presencia de los MP en el suelo también es verificada por el uso del suelo. (He et al., 2018). En la siguiente tabla se evidencia los diferentes métodos

Tabla 4. Resumen de estudios sobre los métodos usados para la identificación de los microplásticos en el suelo

Métodos	Descripción	Rango	Eficacia	Referencia
Modelo CNN (Convolutional Neural Network)	Las redes neuronales convolucionales son esencialmente un poderoso paradigma de programación para el reconocimiento de imágenes. La precisión del modelo es del 78,5% con una sensibilidad del 61% y una especificidad del 96%	Las muestras están hechas de dos plásticos. (PET y LDPE) Concentración de microplásticos de 0 a 1000 mg por 20 g de suelo seco (0-5% en peso, 0-50 g/kg).	La predicción del modelo de CNN parece prometedora para la detección de contaminación por microplásticos en el suelo.	(Ng et al., 2020)
Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).	La espectroscopia FTIR es una herramienta analítica esencial en todas las etapas del ciclo de vida de desarrollo de productos de plástico y polímeros, incluido el control de calidad, la ingeniería inversa competitiva y la detección de fallas.	Poliuretano (PU), poliestireno (PS), copolímero de cloruro de vinilo / acetato (VC), polietileno (PE) y	La dificultad para identificar polímeros en registros de suelos y sedimentos mediante la técnica FTIR puede estar relacionada con los cambios de hidrólisis y/o	(Dahl et al., 2021) (Wang et al., 2022)

	Estas propiedades están asociadas con la identificación rápida y precisa de FTIR de resinas compuestas, compuestos, rellenos, pinturas, cauchos, revestimientos, resinas, adhesivos y contaminantes.	politetrafluoroetileno (PTFE	oxidación que pueden sufrir los microplásticos a lo largo del tiempo, a los que pueden cambiar las partículas.	(He et al., 2018)
Derjagin-Landau-Verwey-Overbeek (DLVO)	La teoría DLVO se usa para analizar los efectos de varios factores. En particular, la teoría DLVO evalúa la capacidad de interacción general cuando está cerca de la superficie arenosa de plástico. La suma de la doble capa electrostática y las fuerzas atractivas de Vander Waals es la energía de interacción total. El cálculo de DLVO utilizó geometría de aglomerado para calcular la interacción entre el PE y la arena.	El PE tiene un tamaño de 40-48 μm y una densidad de 0,93 g/cm ³ .	En esta teoría se está buscando la eficacia de la filtración de los MP por la arena, evaluando la posibilidad de poder aplicar grandes filtros compuestos de arena para poder disminuir la contaminación por MP, el medio ambiente.	(Hou et al., 2020)

Reflexión total atenuada por espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (ATR-FTIR).	Los números de onda escaneados oscilaron entre 4000 y 675 cm ⁻¹ con una resolución de 4 cm ⁻¹ .	Poliétileno (LDPE) y PBAT biodegradable, tamaño entre 0,85 mm y 2,00 mm	La ATR-FTIR), es uno de los métodos actualmente usados para el reconocimiento de MP en el suelo tiene una eficacia del 86%.	(R. Li et al., 2020) (Cao et al., 2021)
--	---	---	---	--

Los impactos ambientales de los microplásticos en el suelo pueden ocurrir horizontal, vertical e incluso biológicamente a través de: La vía por la cual el suelo humano está expuesto a los microplásticos es principalmente a través de la migración lateral de los microplásticos del suelo causada por la escorrentía, transformando los microplásticos en el medio ambiente (suelo, agua/aire o viceversa). Los estudios también muestran que la porosidad del suelo proporciona un amplio espacio para que los microplásticos se filtren. La migración vertical de microplásticos también pone en peligro las aguas subterráneas. (Hou et al., 2020).

Pueden llegar a los humanos al consumir agua subterránea y aumentar la biomagnificación. Se ha demostrado que influyen en los cambios en la actividad física, como la hidrodinámica, e influyen en el crecimiento vegetativo, la absorción de nutrientes y las comunidades microbianas. Las partículas de plástico pueden causar una evaporación excesiva y secar el suelo.(Allouzi et al., 2021)

Los canales y las impurezas tóxicas adsorbidas en la superficie de la resina afectan las raíces de las plantas. Los microplásticos grandes también pueden obstruir el sistema de raíces de las plantas, reduciendo la actividad de absorción.

Debido a que los microplásticos son lo suficientemente pequeños para penetrar las raíces de las plantas, pueden causar estrés oxidativo y alterar las membranas celulares de las plantas. Debido a su alto peso molecular, los microplásticos en el suelo también pueden provocar la inmovilización de microorganismos y la destrucción de comunidades microbianas.(Kurniawan et al., 2021).

Según (Jacques & Prosser, 2021). La mortalidad de los gusanos de tierra (*Enchytraeus crypticu*), se puede observar cuando la concentración de microplásticos en el suelo supera las 47 524 unidades/kg. afectando la flora del suelo, y sus propiedades. Por otra parte (Zvinavashe et al., 2021) indica que los microorganismos fijadores de nitrógeno y fosfatos son usados para mejorar el crecimiento de las plantas. Estos han existido durante siglos la biodiversidad del suelo incorporados mitigando el estrés del suelo.(Lozano & Rillig, 2020). En la tabla N°4 se muestran los impactos ambientales generados a las plantas agrícolas.

Tabla 5 Revisión de estudios sobre la prevalencia y traslocación de los microplásticos (MP) en cultivos.

Especies de plantas	Microplásticos			Observaciones	Referencia
	Tipo	Tamaño	Concentración		
Cebolla (<i>Allium fistulosu</i>)	PA, PS, HDPE, PP y PET	15 - 5000µm	0.2 – 2.0 %(p/p) en suelo fresco	Se observó que la longitud de la raíz aumenta y por otra parte disminuye el diámetro promedio de la raíz. Los efectos de los microplásticos dependen del tipo de los polímeros.	(Wang et al., 2022) (Zvinavashe et al., 2021) (Jacques & Prosser, 2021)
Trigo (<i>Triticum aestivum L.</i>)	PVC Y PE	125 µ	1 – 20 %	La exposición al PVC y PE a la plántula de trigo (<i>Triticum aestivum L.</i>), este	(Allouzi et al., 2021)

				disminuye la biomasa de la raíz y brotes. Esto afectando la disminución del nitrógeno en el suelo.	(Wang et al., 2022) (Constant et al., 2021)
Berro de jardín (Lepidium sativum.)	PC	50 - 5000µm	<0.001 p)	Disminución del crecimiento de la raíz y el tallo esto comienza desde la germinación. Estos se ven afectados por el tiempo de exposición y el polímero.	(Pflugmacher et al., 2021) (Wang et al., 2022) (Ragoobur et al., 2021)
Maíz (Zea mays L.)	PE	2X2 cm.	150 – 600kg/ha.	Inhiben el crecimiento de las raíces y brotes del maíz. Evidenciando la disminución del rendimiento del maíz.	(Cao et al., 2021) (Kurniawan et al., 2021) (Wang et al., 2022)

Los estudios demostraron por otra parte la prevalencia en los diferentes tipos de suelos. En tierras agrícolas Por el uso de biosólidos se mostró que la concentración de microplásticos en el suelo agrícola tenía una tendencia a aumentar de 1073 unidades/kg después de una aplicación y 3200 unidades/kg después de cinco aplicaciones. Otro problema es la planta de tratamiento de aguas residuales dado que el agua es usada para riego y los lodos procedentes del tratamiento son usados en la agricultura generando una contención mayor por microplásticos.

En playas y orillas de los ríos. Se evidencia la presencia de microplásticos con gran abundancia de 22,000 a 690,000 unidades/kg esto se debe a que en este tipo de suelos la arena funciona como filtro cuando las olas del mar llegan a las playas. Sin dejar que se filtre por ende no se daña a la flora del suelo.

Industriales se evidencio un incremento mayor a >690,000 unidades/kg Esto se debe a la sobre producción en estos últimos años por la pandemia las mascarillas que son hechas de polipropileno haciendo un incremento en la disipación de los microplásticos.

V. CONCLUSIONES

En el estudio actual, demostramos esto con métodos; Modelo CNN (Red Neural Convolutacional), Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) y Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (ATR-FTIR). Dieron resultados de 61% de sensibilidad y 96% de especificidad, con una eficiencia del 78,5% para el modelo CNN (Convolutional Neural Network).

Con respecto a los demás métodos usados este método es prometedor para futuras investigaciones. Además, se pudo observar que los impactos ambientales generados al suelo son altas afectando a la rizosfera. Estos resultados mejoran nuestra comprensión de la contaminación por microplásticos y proporcionan datos importantes para futuros estudios sobre la eliminación de la contaminación por microplásticos del suelo.

Por otro lado, se encontró que los microplásticos del suelo contienen varias concentraciones de metales pesados como Pb, Cd, Cr, Ba, Cu, Co y As. En general, estos también es otro reto de ver el grado de contaminación de los suelos y la urgencia de realizar más estudios.

Una tarea propuesta para monitorear la contaminación por plásticos y enfocarse en los tipos y modelos de microplásticos existentes para predecir los impactos que producen.

VI. RECOMENDACIONES

- Aminorar la contaminación con los microplásticos con la generación de leyes más drásticas e impulsar la concientización a nivel mundial para poder preservar nuestro planeta.
- Poner énfasis en cumplir la meta 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que se garantice la disponibilidad y la gestión de residuos sólidos para preservar la flora y fauna de los suelos.
- Estandarizar las unidades de medidas para lo micro(nano) partículas, para un buen estudio de suelos y por ende obtener grandes soluciones de biorremediación.

REFERENCIAS

1. Allouzi, M. M. A., Tang, D. Y. Y., Chew, K. W., Rinklebe, J., Bolan, N., Allouzi, S. M. A., & Show, P. L. (2021). Micro (nano) plastic pollution: The ecological influence on soil-plant system and human health. *Science of the Total Environment*, 788. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147815>
2. Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
3. Bassi, A. (2017). Biotechnology for the Management of Plastic Wastes. In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Solid Waste Management* (pp. 293–310). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63664-5.00013-7>
4. Bellani, L., Siracusa, G., Giorgetti, L., di Gregorio, S., Ruffini Castiglione, M., Spanò, C., Muccifora, S., Bottega, S., Pini, R., & Tassi, E. (2020). TiO₂ nanoparticles in a biosolid-amended soil and their implication in soil nutrients, microorganisms and *Pisum sativum* nutrition. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110095>
5. Boots, B., Russell, C. W., & Green, D. S. (2019). Effects of Microplastics in Soil Ecosystems: Above and below Ground. *Environmental Science and Technology*, 53(19), 11496–11506. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03304>
6. Boughattas, I., Hattab, S., Zitouni, N., Mkhinini, M., Missawi, O., Bousserrhine, N., & Banni, M. (2021). Assessing the presence of microplastic particles in Tunisian agriculture soils and their potential toxicity effects using *Eisenia andrei* as bioindicator. *Science of the Total Environment*, 796. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148959>
7. Cao, L., Wu, D., Liu, P., Hu, W., Xu, L., Sun, Y., Wu, Q., Tian, K., Huang, B., Yoon, S. J., Kwon, B. O., & Khim, J. S. (2021). Occurrence, distribution and affecting factors of microplastics in agricultural soils along the lower reaches of Yangtze River, China. *Science of the Total Environment*, 794. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148694>
8. Chai, B., Wei, Q., She, Y., Lu, G., Dang, Z., & Yin, H. (2020). Soil microplastic pollution in an e-waste dismantling zone of China. *Waste Management*, 118, 291–301. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.048>
9. Constant, M., Alary, C., de Waele, I., Dumoulin, D., Breton, N., & Billon, G. (2021). To What Extent Can Micro- And Macroplastics Be Trapped in Sedimentary Particles? A Case Study Investigating Dredged Sediments. *Environmental Science and Technology*, 55(9), 5898–5905. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c08386>

10. da Silva Júnior, A. H., Mulinari, J., de Oliveira, P. V., de Oliveira, C. R. S., & Reichert Júnior, F. W. (2022). Impacts of metallic nanoparticles application on the agricultural soils microbiota. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 7, 100103. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100103>
11. Dahl, M., Bergman, S., Björk, M., Diaz-Almela, E., Granberg, M., Gullström, M., Leiva-Dueñas, C., Magnusson, K., Marco-Méndez, C., Piñeiro-Juncal, N., & Mateo, M. Á. (2021). A temporal record of microplastic pollution in Mediterranean seagrass soils. *Environmental Pollution*, 273. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116451>
12. Das, B. M. (n.d.). *Fundamentos de ingeniería geotécnica Cuarta edición*.
13. de Souza Machado, A. A., Lau, C. W., Till, J., Kloas, W., Lehmann, A., Becker, R., & Rillig, M. C. (2018). Impacts of Microplastics on the Soil Biophysical Environment. *Environmental Science and Technology*, 52(17), 9656–9665. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02212>
14. edición Traducido adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas Proyecto FAO-SWALIM, C., & Mayor de San Simón, K.-U. (2009). *Guía para la descripción de suelos*.
15. Edo, C., González-Pleiter, M., Leganés, F., Fernández-Piñas, F., & Rosal, R. (2020). Fate of microplastics in wastewater treatment plants and their environmental dispersion with effluent and sludge. *Environmental Pollution*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113837>
16. He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. (2018). Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. In *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* (Vol. 109, pp. 163–172). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.006>
17. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., María del Pilar Baptista Lucio, D., & Méndez Valencia Christian Paulina Mendoza Torres, S. (n.d.). *Con la colaboración de*.
18. Hou, J., Xu, X., Lan, L., Miao, L., Xu, Y., You, G., & Liu, Z. (2020). Transport behavior of micro polyethylene particles in saturated quartz sand: Impacts of input concentration and physicochemical factors. *Environmental Pollution*, 263. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114499>
19. Huang, Y., He, T., Yan, M., Yang, L., Gong, H., Wang, W., Qing, X., & Wang, J. (2021). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a subtropical urban environment. *Journal of Hazardous Materials*, 416. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126168>
20. Jacques, O., & Prosser, R. S. (2021). A probabilistic risk assessment of microplastics in soil ecosystems. *Science of the Total Environment*, 757. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143987>
21. JUAREZ BADILLO. (n.d.).
22. Kurniawan, S. B., Said, N. S. M., Imron, M. F., & Abdullah, S. R. S. (2021). Microplastic pollution in the environment: Insights into emerging sources and potential threats. *Environmental Technology and Innovation*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101790>

23. Li, H., & Liu, L. (2022). Short-term effects of polyethene and polypropylene microplastics on soil phosphorus and nitrogen availability. *Chemosphere*, 291.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132984>
24. Li, H., Lu, X., Wang, S., Zheng, B., & Xu, Y. (2021). Vertical migration of microplastics along soil profile under different crop root systems. *Environmental Pollution*, 278.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116833>
25. Li, R., Liu, Y., Sheng, Y., Xiang, Q., Zhou, Y., & Cizdziel, J. v. (2020). Effect of prothioconazole on the degradation of microplastics derived from mulching plastic film: Apparent change and interaction with heavy metals in soil. *Environmental Pollution*, 260.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113988>
26. Lozano, Y. M., & Rillig, M. C. (2020). Effects of Microplastic Fibers and Drought on Plant Communities. *Environmental Science and Technology*, 54(10), 6166–6173.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01051>
27. Ng, W., Minasny, B., & McBratney, A. (2020). Convolutional neural network for soil microplastic contamination screening using infrared spectroscopy. *Science of the Total Environment*, 702.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134723>
28. Padha, S., Kumar, R., Dhar, A., & Sharma, P. (2022). Microplastic pollution in mountain terrains and foothills: A review on source, extraction, and distribution of microplastics in remote areas. *Environmental Research*, 207.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112232>
29. Pflugmacher, S., Tallinen, S., Kim, Y. J., Kim, S., & Esterhuizen, M. (2021). Ageing affects microplastic toxicity over time: Effects of aged polycarbonate on germination, growth, and oxidative stress of *Lepidium sativum*. *Science of the Total Environment*, 790.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148166>
30. Qin, M., Chen, C., Song, B., Shen, M., Cao, W., Yang, H., Zeng, G., & Gong, J. (2021). A review of biodegradable plastics to biodegradable microplastics: Another ecological threat to soil environments? In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 312). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127816>
31. Ragoobur, D., Huerta-Lwanga, E., & Somaroo, G. D. (2021). Microplastics in agricultural soils, wastewater effluents and sewage sludge in Mauritius. *Science of the Total Environment*, 798.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149326>
32. Rehm, R., Zeyer, T., Schmidt, A., & Fiener, P. (2021). Soil erosion as transport pathway of microplastic from agriculture soils to aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment*, 795.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148774>
33. Rondoni, G., Chierici, E., Agnelli, A., & Conti, E. (2021). Microplastics alter behavioural responses of an insect herbivore to a plant-soil system.

- Science of the Total Environment*, 787.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147716>
34. Wang, W., Yuan, W., Xu, E. G., Li, L., Zhang, H., & Yang, Y. (2022). Uptake, translocation, and biological impacts of micro(nano)plastics in terrestrial plants: Progress and prospects. *Environmental Research*, 203. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111867>
 35. Yu, H., Qi, W., Cao, X., Hu, J., Li, Y., Peng, J., Hu, C., & Qu, J. (2021). Microplastic residues in wetland ecosystems: Do they truly threaten the plant-microbe-soil system? *Environment International*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106708>
 36. Yu, H., Zhang, Z., Zhang, Y., Song, Q., Fan, P., Xi, B., & Tan, W. (2021). Effects of microplastics on soil organic carbon and greenhouse gas emissions in the context of straw incorporation: A comparison with different types of soil. *Environmental Pollution*, 288. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117733>
 37. Zvinavashe, A. T., Mardad, I., Mhada, M., Kouisni, L., & Marelli, B. (2021). Engineering the Plant Microenvironment to Facilitate Plant-Growth-Promoting Microbe Association. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (Vol. 69, Issue 45, pp. 13270–13285). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c00138>

ANEXOS

ANEXO 01: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
TÍTULO: Revisión Sistemática de Métodos para la Identificación y Cuantificación de los Impactos Ambientales Generados por los Micro plásticos en el Suelo.		
REVISTA	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
TIPO DE INVESTIGACIÓN		CÓDIGO
AUTORES		
PALABRAS CLAVES		
TIPOS DE PLÁSTICOS		
CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROPLÁSTICOS		
MÉTODOS UTILIZADOS.		
RESULTADOS		
CONCLUSIONES		



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CARLOS ALFREDO UGARTE ALVAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Revisión Sistemática: Evaluación de Métodos para la Identificación y Cuantificación de los Impactos Ambientales Generado por los Micro Plásticos en el suelo", cuyo autor es MORA ROZAS CECILIA IBET, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11.00%, 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.

LIMA, 15 de Noviembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CARLOS ALFREDO UGARTE ALVAN DNI: 10473562 ORCID: 0000-0001-6017-1192	Firmado electrónicamente por: CUGARTEA el 28-11- 2022 10:49:11

Código documento Trilce: TRI - 0441285