



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Revisión bibliográfica del estudio de los microplásticos
presentes en el aire**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental**

AUTORES:

Sotomayor Mondragón, Marycielo (ORCID: 0000-0001-6051-9793)

Vera Granada, Maricielo (ORCID: 0000-0001-6162-9388)

ASESOR:

Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio Gilberto (ORCID: 0000-0002-8200-4640)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

A nuestros padres y a todas aquellas personas que estuvieron motivándonos incondicionalmente en todo el transcurso de nuestra maravillosa etapa universitaria, ya que sin su apoyo no sería posible haber logrado exitosamente nuestra meta profesional.

Agradecimiento

A Dios el autor de nuestras vidas y a toda nuestra familia por ser la guía y modelo de superación, perseverancia y tenacidad, por todo el sacrificio y esfuerzo que han realizado durante estos años, permitiendo que no desistamos, sino que, sigamos impulsándonos a lograr nuestros objetivos, así mismo a los docentes quienes nos impulsaron durante nuestra formación universitaria para ser unos profesionales electos, competitivos que marcamos la diferencia en la sociedad.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Índice de abreviaturas	vii
Resumen	viii
Abstrac	ix
I. INTRODUCCION	10
II. MARCO TEÓRICO	13
III. METODOLOGÍA	33
3.1 Tipo y diseño de investigación	33
3.2 Categorías y Subcategorías y matriz de categorización apriorística.	33
3.3 Escenario de estudio	34
3.4 Participantes	34
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.6 Procedimiento criterios de búsqueda	37
3.7 Rigor científico	39
3.8 Método de análisis de datos	40
3.9 Aspectos éticos	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
V. CONCLUSIONES	48
VI. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	50
ANEXOS	55

Índice de tablas

Tabla 1. Fuentes de microplásticos	14
Tabla 2. Métodos de monitoreo del aire	16
Tabla 3. Técnicas de monitoreo del aire	17
Tabla 4. Revisión de estudios previos de las características físicas del MP.....	18
Tabla 5. La familia de los plásticos.....	21
Tabla 6. Revisión de estudios previos de las características químicas del MP	22
Tabla 7. Influencia de los parámetros meteorológicos en la cantidad de MP.	23
Tabla 8. Revisión de estudios previos internacionales.	28
Tabla 9. Matriz de categorización apriorística	33
Tabla 10. Participantes	35
Tabla 11. Revistas científicas	36
Tabla 12. Cuadro de resumen de los participantes	37
Tabla 13. Resumen de criterio de búsqueda	38
Tabla 14. Equipos usados para muestrear los MP presentes en el aire.	42
Tabla 15. Materiales y equipos de detección de MPs.....	43
Tabla 16. Unidades usadas para determinar la concentración de los MP en el aire.	46

Índice de figuras

Figura 1. <i>En el tratamiento de la muestra de un método pasivo, primero se procede al a) lavado del dispositivo y los materiales, luego se b) cubren para su posterior c) desinfección en la estufa, una vez recolectadas las muestras se filtran en una bomba de vacío</i>	15
Figura 2. <i>a) Dispositivo con muestra b) Muestras filtradas c) Identificación con microscopio</i>	15
Figura 3. <i>Tipos de a) muestreador pasivo y b) muestreador activo (TECORA, Italia), métodos usados en las revisiones sistemáticas</i>	16
Figura 4. <i>Instalación del dispositivo en espacios interiores y exteriores (centros de trabajo, universidades, estación meteorológica, etc.)</i>	17
Figura 5. <i>Detección de MPs a través de un microscopio trinocular Olympus CX31RTSF con un objetivo de 10x.</i>	20

Índice de abreviaturas

ALK	Resina alquídica
ATR FT-IR	Transformación de Fourier de reflexión total atenuada infrarroja
ATR	Reflectancia total atenuada
DIGESA	Dirección General de salud ambiental
DTGS	Sulfato de triglicina deuterado
EP	Resina epoxi
EVA	Acetato de etileno y vinilo
FTIR	Espectroscopia de infrarrojo
GESAMP	Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection
HAP	Aromáticos policíclicos
HDPE o PEAD	Polietileno de alta densidad
IR	Infrarrojo
ISO	International Organization for Standardization
LDPE o PEBD	Polietileno de baja densidad
MCT	Detector de telurio de mercurio cadmio
MINAM	Ministerio del ambiente
MP	Microplástico
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
OMS	Organización Mundial de la Salud
PA	Poliamida
PAA	Poli (<i>N</i> - metilo acrilamida)
PAN	Poliacrilonitrilo
PBT	Tereftalato de polibutileno
PC	Policarbonato
PCB	Bifenilo policlorado
PE	Polietileno
PEEK	Poliéter éter cetona
PES	Poliéster
PET (PETE)	Tereftalato de polietileno
PTFE	Politetrafluoroetileno
PLM	Microscopía de luz polarizada
POM	Polioximetileno
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PU	Poliuretano
PU	Poliuretano
PVC	Policloruro de vinilo
Pyr-GC	Cromatografía de gases de pirólisis
RY	Rayón
SAMP	Microplásticos suspendidos en la atmósfera
SEM	Microscopía electrónica de barrido
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
TM	Toneladas métricas

Resumen

El objetivo de la investigación fue analizar los aspectos más relevantes del estudio de microplásticos presentes en el aire, y para ello se obtuvo 111 documentos, de los cuales 17 son antecedentes, 1 es en chino, 85 en inglés y 25 en español, además 66 son revistas actuales que datan desde el año 2014 hasta el 2020, y 45 son revistas antiguas menores al año 2014. En los estudios realizados para el muestreo de MPs, el 31.57% son métodos activos y con un 68.4% son pasivos el cual utilizan equipos y dispositivos respectivamente para la recolección de la muestra y posteriormente estos son analizados en el laboratorio, para ello se requiere de filtros que pueden ser de vidrio, celulosa o cuarzo, además el tamaño del poro es un criterio relevante para no perder parte de la muestra al momento de filtrar que puede variar entre 5 μm - 0.2 μm , con un tamaño máximo de 50 y 500 μm ; Para la caracterización física se han utilizado diferentes microscopios estereoscópicos, de fluorescencia, binocular y digital, con el apoyo de softwares que permitirán fotografiar y analizar las imágenes de la muestra. Además, se observó que para determinar la composición química se emplearon un 64.7% el análisis de la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier y un 11.7 % fue espectroscopía Raman. Por otro lado, el método de muestreo se encuentra relacionado con las unidades de concentraciones reportadas, el método activo se considera como unidad al número de partículas de MPs en el aire por metro cubico (partículas/ m^3) y para un muestreo pasivo estas unidades pueden variar dependiendo del lugar que muestreo, tal es el caso aire (partículas/ $\text{m}^2/\text{día}$), polvo de la calle (partículas/g o mg), hielo (partículas/kg) y nieve (partículas/litro), entonces las unidades dependen del método de muestreo a ejecutar. Por ende, se insta a profundizar en estas investigaciones, ya que las fuentes de investigación son muy escasas contando solo con 17 revisiones de trabajos previos sobre los MPs en aire.

Palabras claves: Microplásticos, método de muestreo, y características física y química de MPs.

Abstract

The objective of the investigation was to analyze the most relevant aspects of the study of microplastics present in the air, and for this purpose 111 documents were obtained, of which 17 are antecedents, 1 is in Chinese, 85 in English and 25 in Spanish, in addition 66 They are current magazines that date from 2014 to 2020, and 45 are old magazines less than 2014. In the studies carried out for the sampling of PMs, 31.57% are active methods and with 68.4% they are passive, using equipment and devices respectively for the collection of the sample and later these are analyzed in the laboratory, for this, filters that can be made of glass, cellulose or quartz are required, in addition the pore size is a relevant criterion for not losing part of the sample at the time of filtering that can vary between 5 μm - 0.2 μm , with a maximum size of 50 and 500 μm ; For the physical characterization different stereoscopic, fluorescence, binocular and digital microscopes have been used, with the support of software that will allow photographing and analyzing the images of the sample. In addition, it was observed that 64.7% used Fourier transform infrared spectroscopy analysis to determine the chemical composition, and 11.7% was Raman spectroscopy. On the other hand, the sampling method is related to the reported concentration units, the active method is considered as a unit to the number of PM particles in the air per cubic meter (particles / m^3) and for passive sampling these units can vary depending on the place you are sampling, such as air (particles / m^2 / day), street dust (particles / g or mg), ice (particles / kg) and snow (particles / liter), then the units depend on the sampling method to execute. Therefore, it is urged to deepen these investigations, since the research sources are very scarce, having only 17 reviews of previous work on airborne MPs.

Keywords: Microplastics, sampling method, and physical and chemical characteristics of MPs.

I. INTRODUCCIÓN

Los plásticos han excedido la generación de residuos de la mayoría de materiales elaborados por el ser humano (Geyer, Jambeck y Law, 2017, p.1). Debido a la alta durabilidad (Thompson, Swan, Moore y vom Saal, 2009, p. 1973), la indiscriminada eliminación (Wright, Thompson y Galloway, 2013, p. 483) y la baja recuperabilidad de los plásticos, estos se están acumulando a una velocidad incontrolada en el ambiente (Rodrigues et al., 2018, p. 483; PlasticsEurope, 2016, p. 12; Rillig, 2012, p. 6453; Andrady, 2011, p. 13). Tal es así, que entre los años 1950 y 2015, se generó aproximadamente 6,300 millones de toneladas métricas (TM) de residuos plásticos, de los cuales alrededor del 9% han sido reciclados, el 12% fueron incinerados y el 79% se aglomeró en el ecosistema (Geyer et al., 2017, p.1). Por esta razón, el 80% de la contaminación por plástico en el medio marino proviene del continente (Dris et al., 2015, p. 593). Si las tendencias actuales de gestión (Jambeck, et al., 2015, p.768) y producción de residuos persisten para el 2050; aproximadamente 12,000 millones de TM de desechos plásticos estarán en el entorno natural (Geyer et al., 2017, p.1). En el Perú, según el Ministerio del ambiente (MINAM) (2018) se origina anualmente 708 mil toneladas de residuos de plásticos representando un 10% del total de los residuos sólidos generados, que se demoran más de 200 años en degradarse (párr. 7-8).

Asimismo, los plásticos están sujetos a degradarse en piezas muy pequeñas, por efecto de los parámetros meteorológicos, tales como: la precipitación, la temperatura, el viento, la humedad y la radiación solar; alcanzando según la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) (2016, párr. 5) tamaños inferiores a 5 milímetros (mm) denominados MPs (Arthur, Baker y Bamford, 2009, p. 24), introducido por primera vez en la literatura científica para describir partículas de plástico microscópicas en el medio marino (Thompson et al., 2004, p. 838). Entonces, nadie debería sorprenderse que los MPs están en todas partes (Lehner, Weder, Petri-Fink y Rothen-Rutishauser, 2019, p. 1750) y al mismo tiempo; prevaleciendo en cantidades considerables (Bergmann et al., 2019, p. 1; Klein y Fischer, 2019, p. 96). Asimismo, Thorpe y Harrison (2008) asumen que, las partículas en el aire tienden a tener diámetros desde unos pocos nanómetros (nm) hasta alrededor de 100 μm (pp. 270-75).

En la metodología de una investigación de sedimentos fluviales en la Libertad-Perú se descubrió MPs en la atmósfera de un laboratorio, de manera casual, más no como objeto de estudio (Manrique, 2019, pp. 62-88). Además, en América no se han reportado estudios referentes a la presencia de MP en el aire. Sin embargo, en la ciudad de Dongguan (China) (Cai et al., 2017, p. 24928), Teherán (Irak) (Dehghani, Moore y Akhbarizadeh, 2017, p.20360) y Aarhus (Dinamarca) (Vianello, Jensen, Liu y Vollertsen, 2019, p. 1) se han identificado MPs tanto en espacios interiores como en exteriores. Incluso en sitios remotos como el Ártico (Barrows, Cathey y Petersen, 2018, p. 277; Bergmann et al., 2019, p. 1; Obbard et al., 2014, p. 315), ya que la nieve durante el paso por la atmósfera se une a partículas y contaminantes, que sedimentan en la superficie de la Tierra (Zhao, Yu, He, Yin y Wang, 2015, p.70). Así también, el polvo de la calle es una fuente potencialmente importante de contaminación microplástica y por ende un indicador ideal de la calidad ambiental urbana (Abbasi et al., 2017, p. 1; Dehghani et al. 2017, p. 20360), ya que estos juegan un papel importante en el proceso de intercambio físico y químico entre la atmósfera, la superficie terrestre y el agua (Cai et al., 2017, p. 24928).

Es así, que las pequeñas partículas y fibras de plástico son respirables y pueden asentarse en los pulmones de adultos y niños (Atis, Tutluoglu y Levent, 2005, p.110; Prata, 2018, p.122), estimándose que se ingiere una media de 3223 y 1063 partículas de MP por año, respectivamente (Dehghani et al., 2017, p. 20360)

Por lo expuesto anteriormente, se planteó como objetivo general: Analizar los aspectos más relevantes del estudio de los microplásticos presentes en el aire, y los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los dispositivos y/o equipos usados en el muestreo de los microplásticos presentes en el aire.
- Identificar los materiales y equipos usados para la detección física y química de los microplásticos presentes en el aire.
- Identificar las unidades usadas en la determinación de los microplásticos presentes en el aire.

Además, se expresó el problema general de la investigación, por medio de la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los aspectos más relevantes en el estudio de los microplásticos presentes en el aire?, y los siguientes problemas específicos:

- ¿Cuáles son los dispositivos y/o equipos usados en el muestreo de los microplásticos presentes en el aire?
- ¿Cuáles son los materiales y equipos usados para la detección física y química de los microplásticos presentes en el aire?
- ¿Cuáles son las unidades usadas para determinar de los microplásticos presentes en el aire?

La investigación se justifica por el aporte literario a la investigación científica, puesto que, a pesar de realizarse un análisis exhaustivo, aún no se han evidenciado revisiones que establezcan un método estándar para el estudio de MPs presentes en el aire, por ende, no existe una normativa legal que regule estas concentraciones. En virtud de ello, la Organización Mundial de la Salud (OMS) insita a la comunidad académica internacional, incrementar con sus investigaciones sobre la presencia de MPs en el ambiente y de los posibles efectos que estos pueden generar en la salud (2019, párr. 1). Por esta razón, se identificó la necesidad de profundizar y recopilar información de los dispositivos y/o equipos usados para el muestreo, la detección (física y química) y determinación de los MPs; debido a que representa este un nuevo desafío analítico en la investigación (Vianello et al., 2019, p. 2).

II. MARCO TEÓRICO

Desde el desarrollo del primer plástico, se han optimizado técnicas de bajos costos (Cole, Lindeque, Halsband y Galloway, 2011, p. 2588) volviéndolo cada vez más dominantes (Jambeck et al., 2015, p. 768), además de las propiedades que poseen para optar en diferentes formas (Télles, 2012, p.14). No obstante, estos posteriormente se desintegran a causa de la meteorización generando grietas en la superficie (Cooper y Corcoran, 2010, p. 650) que afectan la vida útil del producto (Andrady, 2011, p. 1596; Muthukumar et al., 2011, p. 276), fragmentándose según el Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) (2015, p.18) en partículas progresivamente más pequeñas (Qayyum y White, 1993, p. 163; Yakimets, Lai, y Guigon, 2004, p. 59).

En consecuencia, los investigadores detectaron por primera vez, la presencia de MPs en las precipitaciones atmosféricas (Dris et al., 2015, p.598), estas partículas de plástico se dispersan en la atmósfera (Dris et al., 2017, p.1) debido a su tamaño menor a 5 mm (NOAA, 2016, párr. 5); donde los MPs finos en el aire de naturaleza fibrosa son contaminantes directos que se translocan en largas distancia (Abbasi et al., 2019, p. 163), llegando alcanzar a 95 km, sedimentando en áreas remotas y vírgenes que no poseen fuentes de plásticos (Bank y Hansson, 2019, p. 7177) habiendo sido transportadas hasta que las condiciones atmosféricas les permitan la entrada a los ecosistemas por deposición (Rocha-Santos y Durante, 2015, p.2).

Se han identificado diferentes posibles fuentes de MPs, tales como: fibras sintéticas (ropa) (Browne et al., 2011, p. 1; Dris et al., 2016, p. 4), limpiadores de manos, exfoliantes de cosméticos (Fendall y Sewell, 2009, p. 1225; Gregory, 1996, p. 867), herramientas de pesca (Xue et al., 2020, p. 2210), neumáticos de automóviles (Kole et al., 2017, p. 1265; Thorpe y Harrison, 2008, p. 270) o residuos incinerados (Dris et al., 2016, p. 4). Sin embargo, la Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) (2019, p. 2) afirma que la mayor fuente de generación son los macroplásticos mal gestionados que se degradan con el tiempo (Jambeck et al., 2015, p. 1). Por otro lado, en los ambientes interiores hay materiales que a causa de su desgaste pueden desprender fragmentos de plástico (Lassen et al., 2015, pp. 89-94-95); no obstante, estos todavía están poco documentados (Dris et al., 2016, p. 4). Por ende, los científicos necesitan

comprender las fuentes y el destino de los MPs en el medio ambiente (SETAC, 2019, p. 3). En la tabla 3 se presenta las fuentes de MPs.

Tabla 1. Fuentes de microplásticos

Primarios	Secundarios
Son partículas lanzadas directamente al ambiente, fabricados originalmente para ser de ese tamaño (<5mm).	Se generan por la descomposición de los artículos de plástico cuando estos son liberados al ambiente a través de todas esas fuerzas físicas en piezas cada vez más pequeños.

Fuente: NOAA, 2016, párr. 6; Cole et al., 2011, p. 2589; GESAMP, 2015, p. 18.

En el caso, de los MPs primarios estos incluyen gránulos de resina virgen producidos directamente por las fábricas como materia prima para elaborar productos a base de plástico y se liberan involuntariamente al medio ambiente durante la fabricación y el transporte (Syafei et al., 2019, p. 294; Mato et al. 2001, p. 318). Así mismo, este tiene categorías como las microperlas que son partículas esféricas muy pequeñas utilizadas en cosméticos y productos de cuidado personal (NOAA, 2016, párr. 5) y las microfibras consideradas pequeñas fibras que se desprenden de textiles sintéticos (SETAC, 2019, p. 1).

Las fibras pueden derivarse principalmente de ropa y textiles (Browne et al., 2011, p. 9175), mientras que las películas y los fragmentos pueden originarse en bolsas de plástico desechables y productos plásticos más gruesos que pueden reciclarse, respectivamente y las espumas que pueden originarse principalmente de productos de poliestireno expandido (Cai et al., 2017, p. 24930). Además, las fuentes de MPs podrían juzgarse en función de las caracterizaciones morfológicas (Cai et al., 2017, p. 24930), y todas estas distinciones son útiles porque pueden ayudar a identificar las fuentes y las medidas de mitigación (GESAMP, 2015, p.18).

Por otro lado, el procedimiento general utilizado para determinar MPs en la atmosfera sigue las siguientes etapas sucesivas: i) la toma de muestras, ii) la identificación, iii) la contabilidad, y finalmente, iv) la estimación de la concentración y el flujo (Dris et al., 2015, p. 594); En este orden de procedimientos se incluye las características, tales como: tamaño (Bergmann et al., 2019, p. 8), forma, color (Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson y Thiel, 2012, p. 3060) y la composición química

(Syafei et al., 2019, p. 292). Sin embargo, cada autor emplea su propio método, es decir, el uso de materiales, dispositivo y/o, equipos, softwares y técnica de análisis, utilizando como referencia estudios de MP en diferentes cuerpos de la naturaleza, así como: lagos (Baldwin, Corsi, y Mason, 2016, p. 10377; Fischer et al., 2016, p. 648), ríos (Ravit et al., 2017, p. 809), playas (Ogata et al., 2009, p. 1437), etc. Además, es preciso señalar que los MPs pueden convertirse en una fracción creciente y de importancia en las próximas décadas. Por lo tanto, la investigación debe centrarse en nuevos métodos de detección y cuantificación de MPs en el aire (Prata, 2018, p.117).



Figura 1. En el tratamiento de la muestra de un método pasivo, primero se procede al lavado del dispositivo y los materiales, luego se b) cubren para su posterior c) desinfección en la estufa, una vez recolectadas las muestras se filtran en una bomba de vacío

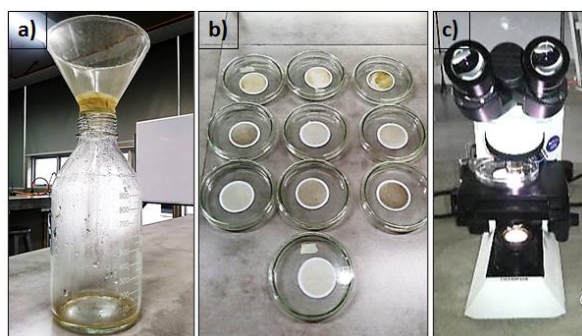


Figura 2. a) Dispositivo con muestra b) Muestras filtradas c) Identificación con microscopio.

Además, según la Dirección General de salud ambiental (DIGESA) (2005) busca que los dispositivos y/o equipos a utilizar cuenten con los siguientes parámetros técnicos: exactitud, precisión, selectividad, sensibilidad, etc. (p.12). En efecto, la principal prioridad de investigación es que todos trabajen juntos para desarrollar

métodos y políticas que minimicen las fugas de plástico al medio ambiente a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la producción hasta el descarte final (SETAC, 2019, p. 3). Asimismo, los costos y niveles de desempeño que implican los métodos de monitoreo del aire se pueden clasificar en cuatro tipos genéricos: (a) muestreadores pasivos, (b) muestreadores activos, (c) sistemas automáticos y (d) sensores remotos (MINAM, 2019, p. 18; DIGESA, 2005, p. 13; OMS, 2004, p. 105). Sin embargo, en la investigación se abordará únicamente a los muestreadores pasivos y activos, debido a que estos son los que se han usados para el estudio de MPs, detallados en la siguiente tabla 2.

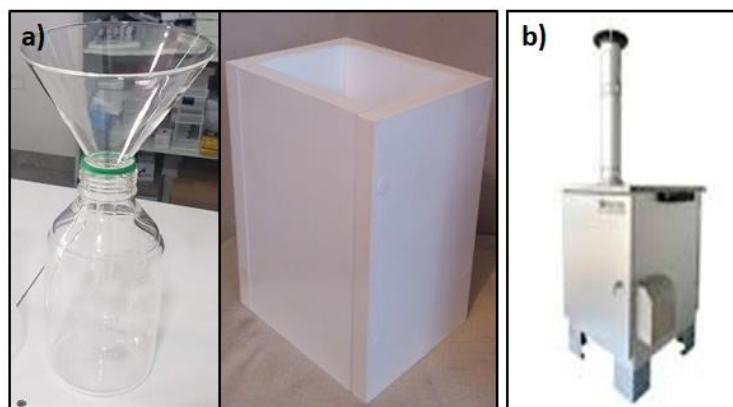


Figura 3. Tipos de a) muestreador pasivo y b) muestreador activo (TECORA, Italia), métodos usados en las revisiones sistemáticas.

Tabla 2. Métodos de monitoreo del aire

Muestreadores pasivos	Muestreadores activos
Es un método simple y eficaz en función de los costos para realizar el sondeo de la calidad del aire en una determinada área. A través de la difusión molecular a un material absorbente para contaminantes específicos, se recoge una muestra durante una semana o un mes. Los bajos costos permiten muestrear en varios puntos del área de interés, lo cual sirve para identificar lugares con altas concentraciones de contaminantes.	Las muestras de contaminantes se recolectan por medios físicos o químicos para su posterior análisis en el laboratorio. Por lo general, se bombea un volumen conocido de aire a través de un colector como un filtro o una solución química durante un determinado periodo y luego se retira para análisis. lo que provee datos valiosos de línea de base para análisis de tendencias y comparaciones.

Fuente: OMS, 2004, pp. 105-107

Tabla 3. Técnicas de monitoreo del aire

Métodos	Ventaja	Desventaja
Muestreadores pasivos	<ul style="list-style-type: none"> -Muy económicos de US\$ 10 a US\$ 70 por muestra -Muy simples. -No dependen de cables de electricidad. -Se pueden colocar en números muy grandes. -Útiles para sondeos, mapeos y estudios de línea de base. 	<ul style="list-style-type: none"> -No se han probado para algunos contaminantes. -Suministran promedios mensuales y semanales. -Requieren mano de obra intensiva para su funcionamiento y el análisis. -No existe un método de referencia para monitorear el cumplimiento. -Lento rendimiento de datos.
Muestreadores activos	<ul style="list-style-type: none"> -Económicos de US\$ 1.000 a US\$ 3.000 por unidad -De fácil manejo. -Operación y rendimiento confiables. -Cuentan con base de datos históricos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Suministran promedios diarios. -Requieren mano de obra intensiva para la recolección y análisis de muestras. -Requieren análisis de laboratorio.

Fuente: OMS, 2004, p. 106



Figura 4. Instalación del dispositivo en espacios interiores y exteriores (centros de trabajo, universidades, estación meteorológica, etc.)

Las características de los MPs se determinan por su distribución de impacto en el medio ambiente (Hidalgo-Ruz et al., 2012, p. 3065), debido a su singularidad que se visualiza por sus tamaños, formas, colores y tipos de polímeros (Zhang et al, 2019, p.1), permitiendo identificar las probables fuentes de contaminación mediante la estructuración de la muestra (Hartmann et al., 2019, p. 1044); afectando su transporte en el medio ambiente y su biodisponibilidad (Rocha-Santos y Durante, 2015, p.2).

La identificación y separación del MP se realiza según su brillo, formas inesperadas, dureza, estructuras, colores homogéneos y propiedades elásticas (Fries et al, 2013, p.1951), donde los MPs se presentan en tres dimensiones (1D, 2D y 3D) (Dris et al., 2016, p.1) y sus formas se manifiestan en fibras, fragmentos, esferas, películas y espuma (Zhou et al., 2017, p. 3909; Cai, era al., 2017, p.24933); se pueden llegar a encontrar de color: rojo, anaranjado, amarillo, bronceado, marrón, transparente, blanco, plomo, azul, verde (Rochman et al., 2019, p. 704) de tamaños menor a 5 mm y en nanoplasticos (<1 µm) (Allen et al., 2019, p. 1; GESAMP, 2015, p.15; NOAA, 2016, párr. 5), que se derivan de diversas fuentes domésticas, vehiculares e industriales (Abbasi et al., 2019, p.163) precisados en la siguiente tabla 4.

Tabla 4. Revisión de estudios previos de las características físicas del MP

Área de estudio	Tamaño	Formas	Colores	Autores
París-Francia	100-500 µm (22%) 500-1000µm (29%) 1000-5000µm(49%)	Fibras (90%) fragmentos (10%)	Azul, rojo y transparente	Dris et al., 2015
París-Francia	50–200 µm 200–600 µm 600-1400 µm	Fibras	-	Dris et al., 2016
Bushehr-Irán	≤ 100 µm 100 -250 µm 250 - 500 µm 500 - 1000 µm 1000 - 5000 µm	Fibra (75.87%), fragmento (17.5%), película y esférula.	Blanco/transparente (11.9%) amarillo/naranja (3.9%), rojo/rosa (56.21%), azul/verde (7.77%) y negro/gris (20.20%).	Abbasi et al., 2017
Dongguan-China	<200 µm 200-700 µm 700-1200 µm 1200-1700 µm 1700-4200 µm > 4200 µm	Fibra (80%), espuma, fragmento y película	Azul, rojo, transparente, gris, rosado y blanco.	Cai et al., 2017
Teherán-Irán	≤100µm. 100-250µm 250-500µm 500µm-1mm ≥1mm	Fibra, fragmento, esfera, gránulos, (hexagonal, poliedro irregular)	Negro (29.9%), amarillo (26.4%), transparentes (17.3%), azul (12.6%), rojo (10.2%), el verde (3.6%) y pequeñas cantidades de marrón, rosa y naranja	Dehghani et al., 2017
París-Francia	50-4850 µm- caída de polvo 50-3250 µm - interior 50-1650 µm - exterior	Fibras	-	Dris et al., 2017
Yantai-China	<50 µm 50-100 µm 100-300 µm (62%) 300-400 µm 0.5 –1 mm	Fibras (95%), Fragmento (4%) Películas (<1%) Espuma (<1%)	Blanco, negro, rojo y transparente.	Zhou et al., 2017

Sakarya-Turquía	-	Fibras Fragmento	Azul Blanco, transparente, Marrón, negro y colores similares.	Yurtsever et al., 2018
Asaluyeh-Irán	≤100 µm; 100-250 µm; 250-500 µm; 500-1000 µm; 1000-5000 µm.	Fibra, Esférulas (74%), Película (14%), Fragmentos.	Blanco-transparente (90%), rojo-rosado, azul-verde, amarillo-naranja, negro-gris.	Abbasi et al.,2019
Pirineos-Europa	≤50-200 µm (30%) 200-700 µm (47%) 400-600 µm (23%) 3.000 µm.	Fragmentos (249), Fibras (44) y Películas (73)	Transparente y variaciones de blanco a naranja brillante, azules, verdes y púrpuras hasta negro	Allen et al.,2019
Glaciar-Italia	≥100 mm 750 µm-300 µm	Fibras (65,2%) y Fragmentos (34,8%)	Negro (31%), azul (22%), rojo (17%), transparente (17%), azul claro (9%) y violeta (4%)	Ambrosini et al., 2019
Ártico	≤11-25 µm 25-75 µm 75-250 µm 250-500 µm > 500 µm	Fibras	Azul y rosado	Bergmann et al., 2019.
Hamburgo-Alemania	<63 µm, 300-63 µm 5000-300 µm	Fragmento: 2492 (95%) y Fibras: 133 (5%).	amarillo brillante-blanco y anaranjado-rojo.	Klein y Fischer, 2019
China	50 µm-2mm	Fibras Granulos	Rosado-transparente	Liu C. et al.,2019
Shanghai-China	23-500 µm:>50% 23.07 - 9555 µm	Fibras (67%), Fragmentos (30%), Gránulo (3%)	Negro (33%), azul (37%), rojo, transparentes, marrones, verdes, amarillas y grises	Liu K. et al., 2019
Subaraya-Indonesia	<500 µm 500-1000 µm 1000-1500 µm 1500-2000 µm 2000-5000 µm	Fibras, fragmentos y película	Azul, negro, rosado	Syafei et al., 2019
Aarhus-Dinamarca	Fragmentos: 68 µm, 37 µm y 44 µm. Fibras: 177 µm-30 µm y 237 µm-26 µm	Fibras (13%) y Fragmentos (87%)	Colores grises	Vianello et al.,2019

Fuente: Elaboración propia

Existen cinco tipos de MPs que son: fibras, fragmento, película, esfera y espuma, de los cuales las fibras se encuentran en mayor proporción; además se encuentran una variedad de colores sin embargo el color azul, rojo, transparente, blanco y amarillo son los más comunes. Con respecto, a la longitud las limitaciones del método de investigación hacen que sea difícil identificar y contabilizar MPs <50 µm (Dris et al., 2017, p. 455; Zhou et al, 2017, p. 3903; Liu C. et al, 2019, p. 117), ya

que su detección es difícil bajo el microscopio óptico (Dehghani et al., 2017, p. 20363), no obstante, la detección a una escala menor ($<10\ \mu\text{m}$) es crucial (Gasperi, 2018, p. 4). Asu vez el límite máximo es de $5000\ \mu\text{m}$ frecuentemente, pero se puede alcanzar tamaños de un $\geq 1\text{mm}$. Sin duda, es urgente desarrollar nuevas técnicas para implementar una metodología estandarizada y así evitar la identificación errónea o la subestimación de los MPs (Rocha-Santos y Durante, 2014, p.4).

Sin embargo, Hüffer, Praetorius, Wagner, Von der Kammer y Hofmann (2017, p.18) y Araujo, Nolasco, Ribeiro y Ribeiro C. (2018, p. 428) mencionan que, las técnicas adecuadas para la caracterización de los MPs de gran tamaño y de menor tamaño son la microscopía FTIR y microscopía Raman respectivamente.

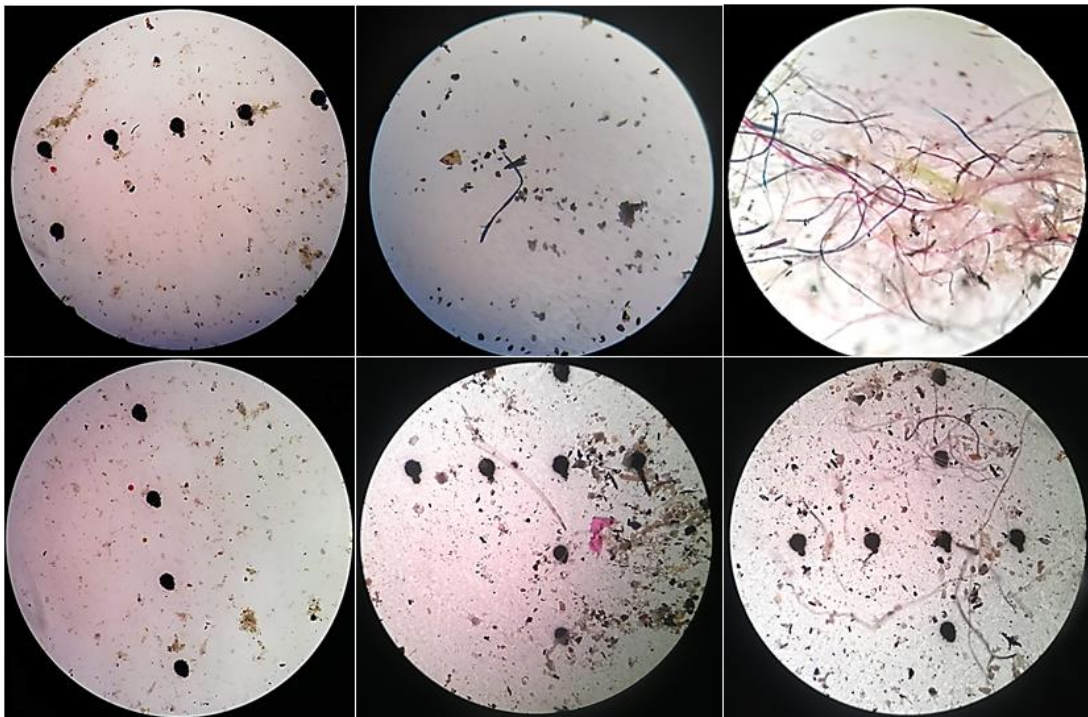


Figura 5. Detección de MPs a través de un microscopio trinocular Olympus CX31RTSF con un objetivo de 10x.

La composición química de los plásticos se caracteriza por ser polímeros orgánicos sintéticos (Derraik, 2002, p. 842; Ríos, Moore y Jones, 2007, p. 1230) que se derivan de la polimerización de un conjunto de macromoléculas o de grandes agrupaciones de monómeros extraídos de petróleo o gas (Lehner et al.,

2019, p. 1748; Thompson et al., 2009, p. 1973) generándose un material inorgánico de alta durabilidad (Zenner y Peña, 2013, párr. 35). La gran familia de los polímeros sintéticos se ha clasificado tradicionalmente en cuatro grupos (Lehner et al., 2019, p.1748) que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5. La familia de los plásticos

Termoestables	Termoplásticos	Elastómeros	Fibras sintéticas
<p>Son moldeados con calor, presión y cuando se enfría ya no puede moldearse, para ellos deben someterse a una sustancia química que cambia cuando se calienta.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baquelita • Resinas • Melanina 	<p>Pueden fundirse cuando se calientan y endurecerse cuando se enfrían, son fáciles de reciclar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bolsas • Nailon • Caucho 	<p>Tienen una gran resistencia a todo tipo de esfuerzo su elasticidad, les permite recuperar su forma inicial después de ser deformados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caucho • Silicona • Neopreno 	<p>Se caracterizan por tener elevada resistencia a la tensión: en estado endurecido, se incrementa la fuerza y la resistencia en el impacto y, en estado fresco, incrementa el control de la contracción plástica.</p>

Fuente: Zenner y Peña, 2013, párr. 35; Lehner et al., 2019, 1748; Mendoza, Aire y Dávila, 2011, párr.7-8

Conocer la composición química permite definir la contaminación plástica (Hartmann et al., 2019, p. 1042), pero aún no está exactamente definida, debido a que varían en diferentes regiones (Zhang et al., 2019, p. 13; Lehner et al., 2019, p. 1748) y porque provienen de diferentes productos, compuestos por diversos tipos de polímeros, donde se incluye una amplia gama de aditivos químicos (Bank y Hansson, 2019, p. 7178; Rochman et al., 2019, pp. 703-706) como: polipropileno (PP); polietileno de baja densidad (LDPE); polietileno de alta densidad (HDPE); poliuretano (PU); tereftalato de polietileno (PET); poliestireno (PS); polioximetileno (POM); tereftalato de polibutileno (PBT); policarbonato (PC); poliéterétercetona (PEEK); bifenilo policlorado (PCB), etc. (Rochman et al., p.704); en la siguiente tabla se presenta los datos obtenidos por los antecedentes en su estudio de los MPs presentes en la atmosfera.

Tabla 6. Revisión de estudios previos de las características químicas del MP

Área de estudio	Características Químicas	Autores
París-Francia	-	Dris et al., 2015
París-Francia	ALGODÓN (50%), RY o acetato de celulosa (21%), (PET y una PA) (17%), mezcla de (PET y PU) o (algodón y PA) (12%)	Dris et al., 2016
Bushehr-Irán	-	Abbasi et al., 2017
Dongguan-China	CELULOSA (73%), PE (14%), PP (9%) y PS (4%)	Cai et al., 2017
Teherán-Irán	Al, Ca, Mg, Na y Si, se usan en la mayoría polímeros de hidrocarburos (PE, PP, PS).	Dehghani et al., 2017
París-Francia	Algodón, acetato de celulosa, lana (67%), (PP, PA (Nylon), copolímeros de PP y PE) (33%)	Dris et al., 2017
Yantai-China	PE, PES, PS (40%) y PVC (10%), Celulosa (30%) y no determinados (20%).	Zhou et al., 2017
Sakarya-Turquía	-	Yurtsever et al., 2018
Asaluyeh-Irán	-	Abbasi et al., 2019
Pirineos-Europa	PS, PE, PP (18%), PVC, PET	Allen et al., 2019
Glaciar-Italia	PES (39%), PA (9%), PE (9%), PP (4%), desconocido (39%)	Ambrosini et al., 2019
Ártico	BARNIZ, CAUCHO, PE, PES, PA, PS, PP, PVC, PC, etc.	Bergman et al., 2019.
Hamburgo-Alemania	copolímeros de PE (48.8%) / AVE (22%), PE (14.6%), EVAC, PTFE, PVA.	Klein y Fischer, 2019
China	PET y PC (70%), PES, PU, PA, (PE), PP y PAN.	Liu C. et al., 2019
Shanghai-China	-PET, PE, PES, PAN, PAA y RY (91%) -EVA, EP y ALK.	Liu K. et al., 2019
Subaraya-Indonesia	PES, PET, CELOFÁN (58,3%)	Syafei et al., 2019
Aarhus - Dinamarca	PES (81%), PE (5%), nylon (3%) y 6% de otros polímeros.	Vianello et al., 2019

Fuente: Elaboración propia

Las fibras naturales fueron encontradas en mayor cantidad que las fibras sintéticas; Sin embargo, identificar las fibras naturales con las sintéticas, produce una sobreestimación por microscopia visual. En la industria, la fibra textil natural incluso hecha de celulosa contiene colorantes tóxicos y aditivos. Esto podría hacerlos tan peligrosos como los sintéticos (Cai et al., 2017, p. 24930). Por otro lado, las partículas de algodón o celulosa se encuentran en mayor cantidad.

Los métodos analíticos como la espectroscopia FTIR, microscopía o microespectrometría Raman, permite distinguir partículas o fibras de origen sintético (David, Steinmetz, Kučerík y Schaumann, 2018, p.1; Fries et al., 2013, p.1950) de una manera más rápida y más precisa (Rochman et al., 2019, p. 707). Así mismo, la cromatografía de gases de pirólisis (Pyr-GC) es una técnica común utilizada en ciencia de polímeros para analizar la composición química de polímeros (Fries et al., 2013, p.1950).

Notemos, además la importancia de las consecuencias atmosféricas en los MPs (Dris et al., 2015, p. 596; 2016, p.3), ya que, los desechos plásticos experimentan la combinación de procesos de biodegradación, fotodegradación y degradación termooxidativa y térmica (Andrady, Pegram y Searle, 1996, p. 1457; Andrady, 1990, p. 364-365; 2011, p. 1598; Browne, Galloway y Thompson, 2007, p. 559), así como la abrasión mecánica que aumentan las posibilidades de producción de MPs (Barnes, Galgani, Thompson, y Barlaz, 2009, p. 1993; Dehghani et al., 2017, p. 20361), generando partículas, surcos, hoyos, fracturas y escamas (Cai et al., 2017, p. 24928). A continuación, se detallará algunos factores climáticos que se relacionaron con los MPs según la base de antecedentes

Tabla 7. Influencia de los parámetros meteorológicos en la cantidad de MP.

Ubicación	Parámetros meteorológicos	Referencias
París-Francia	La lluvia es posiblemente un factor importante para las consecuencias atmosféricas, pero se deben investigar otros posibles factores de influencia.	Dris et al. 2015, p. 598
París-Francia	Para precipitaciones entre 0 y 0.2 mm/día, se registró entre 2 y 34 partículas/m ² / día. Durante los períodos lluviosos de 2 a 5 mm/día, se encontraron entre 11 y 355 partículas/m ² /día; encontrándose cantidades particularmente bajas de fibras durante el clima seco o bajos períodos de lluvia acumulada.	Dris et al. 2016, p. 292
Bushehr-Irán	La concentración de MP puede ser muy variable debido a diferentes factores como la lluvia, el viento y la humedad.	Abbasi et al., 2017, p. 16.
Dongguan-China	El flujo de las precipitaciones atmosféricas tiene un efecto positivo en la abundancia de microplásticos y fibras no fibrosas.	Cai et al., 2017, p. 24932

París-Francia	Durante un muestreo realizado en invierno durante un evento de lluvia, se recolectaron 5 veces más fibras en el filtro que atestigua el hecho de que la lluvia produce un lavado de las fibras.	Dris et al., 2017, p. 455.
Yantai - China	Las diferencias estacionales de los flujos de sedimentación MPs pueden verse afectadas por los factores climáticos (3906). Por ejemplo, los cambios de dirección del viento, también pueden afectar el asentamiento de MPs. Sin embargo, la precipitación no es el principal factor de control para el asentamiento de MPs en la atmósfera. En suma, la velocidad de sedimentación MPs atmosférica en primavera, verano e invierno es alto y el más bajo es en otoño.	Zhou et al., 2017 pp. 3904-3906
Sakarya-Turquía	Los factores meteorológicos como el clima, la velocidad del viento, la dirección del viento, la humedad, la temperatura y los ciclones también pueden desempeñar un papel importante en la determinación de la cantidad de MPs en el aire.	Yurtsever et al., 2018, p. 96
Asaluyeh-Irán	El número de MP suspendidos no estaba claramente relacionado con ninguna medida meteorológica (por ejemplo, velocidad del viento, dirección del viento, humedad, temperatura).	Abbasi et al., 2019, p. 159.
Pirineos-Europa	El conjunto de datos presenta una correlación positiva con la frecuencia de las velocidades del viento >1 m/s. La intensidad de lluvia máxima también presenta una fuerte correlación positiva. Así como, el factor que conduce a la variación en los volúmenes de MPs de un mes al siguiente es el cambio en el clima.	Allen et al., 2019, p. 2
Glaciar-Italia	El transporte atmosférico de artículos de plástico podría contribuir a la cantidad de microplásticos que encontramos en el glaciar Forni.	Ambrosini, 2019, p. 300
Ártico / (Fram Strait, Svalbard y Europa)	No se encontró correlaciones significativas tanto los MP y las fibras con la velocidad del viento. Sin embargo, la dirección del viento puede haber jugado un papel importante transportando partículas desde las dunas vecinas o desde el continente.	Bergmann et al. 2019, p. 2
Hamburgo-Alemania	Los datos sugieren que la velocidad del viento y la abundancia de MP están relacionadas. Se encontró una correlación significativa entre la dirección del viento y el número de partículas MPs. Ninguna relación con la temperatura era evidente. Sin embargo, no se pudo determinar una correlación significativa entre la abundancia MPs y la precipitación o con el perfil de temperatura.	Klein y Fischer, 2019, p. 102.
China	Además, parece que la lluvia también afecta las concentraciones de PET en el polvo exterior.	Liu C. et al., 2019, p. 212.

Shanghai-China	Nuestra valoración preliminar indica que ese material textil es muy probable que sea fuente de MPs transportados por el aire. Además, los niveles de humedad relativamente altos contribuyen a la deposición de polvo y SAMP	Liu K. et al., 2019, p. 462, 465.
----------------	--	-----------------------------------

Fuente: Elaboración propia

La lluvia parece ser un factor importante que influye en el flujo de consecuencias (Dris et al., 2016, p. 3; Yurtsever et al., 2018, p. 92). Asimismo, los movimientos inducidos por el viento son importantes para comprender el transporte de desechos plásticos en la atmósfera (Klein y Fischer, 2019, p. 102).

Ciertamente, un estudio revela haber encontrado en promedio 20 partículas de MP por cada 10 g de heces; identificado en la muestra 9 tipos de plástico con un tamaño entre 50 y 500 μm ; donde las concentraciones más elevadas se han hallado en los intestinos (Schwab et al., 2018, p. 8). Además, se estima que el consumo anual de la ingesta calórica de los estadounidenses, varía de 39000 a 52000 partículas de plástico, el cual dependerá de la edad y el sexo, estas se ven afectadas en 74000 y 121000 cuando se considera la inhalación (Cox et al., 2019, p. 1) y a su vez el potencial de inhalación humana es mayor en las zonas urbanas (París) midiendo niveles de hasta 200 micropartículas / m^3 / día (Waring, Harris y Mitchell, 2018, p. 66).

El uso de sustancias químicas y aditivos para su fabricación (Parlamento Europeo, 2018, párr. 13) o la exposición de estos contaminantes orgánicos (Hirai et al., 2011, p. 1683; Mato et al., 2001, p. 318; Ogata et al., 2009, p. 1437) y metales pesados (Holmes, Turner y Thompson, 2012, p. 42; Rochman, Hentschel y Teh, 2014, p. 85433; Turner y Holmes, 2015, p. 600) son absorbidos del entorno circundante; también pueden contener monómeros, aditivos, colorantes y pigmentos sin reaccionar que podrían provocar efectos adversos para la salud (Gasperi et al., 2018, p. 4; Lithner, Larsson y Dave, 2011, p. 3309; Rochman et al., 2013, p. 170). Además, la literatura informa que los riesgos de ingestión y los efectos toxicológicos son mayores con MPs más pequeños (Gall y Thompson, 2015, p. 176; Wright et al., 2013, pp. 486-88). En particular, para los nanoplásticos se discute la influencia del tamaño de partícula y la química de la superficie, con el fin de comprender los posibles riesgos (Lehner et al., 2019, p. 1748), ya que, estos

pueden translocar a todos los órganos (Lusher, Hollman y Mandoza-Hill, 2017, p. 68).

En otros casos, los MPs ingresan a través de la cadena alimenticia, incluidos los destinados al consumo humano trayendo consigo una preocupación mundial emergente (Smith, Love, Rochman y Neff, 2018, pp. 1-2; Zhang et al., 2019, p. 3). Los productos alimenticios, tales como: sal, azúcar, miel (probablemente de MP incorporados en el polen), cerveza, agua del grifo (Parlamento Europeo, 2018, párr. 11; Waring et al., 2018, p. 66) y mariscos (Smith et al., 2018, p. 3) pueden contener fibras y fragmentos que posiblemente algunos surgen durante su proceso de fabricación. Es así que, los MPs de menor tamaño pueden llegar a ingresar al sistema linfático, al torrente sanguíneo o al hígado (Schwab et al., 2018, p. 15) incluyendo irritación respiratoria, alveolitis alérgica, inflamación, fibrosis y genotoxicidad, conduciendo riesgos para la salud, como toxicidad para la reproducción, carcinogenicidad y mutagenicidad (Gásperi et al., 2018, p. 1).

Los plásticos en sí y sus aditivos podrían tener efectos en la salud, como toxicidad para la reproducción, carcinogenicidad y mutagenicidad; la probabilidad de que los MPs fibrosos transportados por el aire entren en nuestro sistema respiratorio dependerá del tamaño. Además, las partículas y fibras capaces de entrar en la nariz y la boca y depositarse en las vías respiratorias superiores son inhalables, mientras que las capaces de llegar y depositarse en el pulmón profundo son respirables; Por otra parte, el diámetro es crucial para la respirabilidad, mientras que la longitud se desempeña en la persistencia y la toxicidad (Gásperi et al., 2018, pp. 1-3-4). Así también, la exposición humana a los MPs atmosféricos depende de las fuentes y está influenciada por factores meteorológicos y geográficos (Prata, 2018, p.116). Sin embargo, hasta el momento no existe información disponible que proporcione evidencias de los posibles efectos del MP en la salud humana (Parlamento Europeo, 2018, párr. 13; Syafei et al., 2019, p. 296), solo unos pocos estudios han abordado la posible exposición directa ya sea por inhalación o ingestión (Dris et al., 2017, pp. 456-457; Gasperi et al., 2018, p. 1; Wright y Kelly, 2017, p. 6634).

En la actualidad en el Perú aún no existe normas o parámetros directos que identifiquen o regule la contaminación de los MPs presentes en la atmósfera, pero el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) (2019) indicó que, el 19 de diciembre del 2018 se promulgó la Ley N° 30884 que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables (párr. 14); este presente reglamento fue aprobado el 23 de agosto del 2019, el cual, en el capítulo 1 - Artículo 2 “tiene como finalidad orientar el uso del plástico en nuestro país hacia una economía circular, donde los bienes de plástico sean reutilizables, retornables al sistema de producción y reciclables o cuya degradación no genere contaminación por MPs” (El Peruano, 2019, p.5). Así mismo, en EE. UU se ha promovido la Ley de Aguas Libres de Microesferas (2015) que prohíbe a nivel nacional el uso de cosméticos que contienen microperlas añadidas intencionalmente (p. 1), que contribuyen en la acumulación de los MPs en el medio ambiente. Es por esta razón, que Greenpeace (2006) requiere al Gobierno español que apoye a los países de Australia, Dinamarca, Canadá, Reino Unido y Suecia a la prohibición del uso de las microesferas (párr. 14).

Consiguientemente, se presentará a los antecedentes de investigación, que tienen base y soporte en fuentes internacionales en la tabla 8.

Tabla 8. Revisión de estudios previos internacionales.

UBICACIÓN / ZONAS	TIEMPO/CANT. / FRECUNCIA	MUESTREO	TRATAMIENTO DE LA MUESTRA	METODO GENERAL	CONCENTRACION	REF.
Paris - Francia	3 meses, frecuencias: Época húmeda: cada 7 días; época seca: cada 30 días	Se utilizó un embudo y una botella de 20 L de material de vidrio, ubicado en la azotea de Créteil University. Al ser retirado el dispositivo se cubrió con papel aluminio para evitar su contaminación.	Antes de su uso los recipientes, dispositivo y el filtro fueron calentados a una T= 500°C por 4 horas; para recoger la muestra del dispositivo se enjuago 3 veces con 1L de agua destilada con el fin de capturar todo los MPs presentes	Todas las muestras fueron filtradas en fibra de vidrio GF / A filtros Whatman (Sigma-Aldrich, 1,6 µm), microscopio estereoscópico (Leica MZ12 con aumento de 16X) junto con software para análisis de imágenes (Histolab).	335 m ² / día en la zona urbana evaluada, así mismo en el: Clima seco: (día 23 - 30): 29 partículas / m ² / día. Clima húmedo (1 al día 23): 280 partículas / m ² / día; (110 partículas m ⁻² d ⁻¹ en urbano, 53 partículas m ⁻² d ⁻¹ en suburbano)	Dris, et al., 2015
Paris - Francia	1 año / 24 muestras Suburbano: 6 meses / 9 muestras. Frecuencia: Variable	Para la recolección de la muestra se utilizó una botella de vidrio de 20L con un embudo de acero inoxidable (superficie de muestreo fue de 32.5cm ²) protegida por una caja opaca y los dispositivos que se recogieron han sido cubiertos para evitar cualquier tipo de contaminación.	Se hicieron 3 enjuague a los dispositivos con 1L de agua de ósmosis inversa (purificación de agua) con el fin de capturar todo los MP, a su vez los filtros y recipientes que se usaron se calentaron a 500 ° C antes de su uso	Los filtros (Whatman de fibra de cuarzo GF/A de 1,6µm) fueron observados por 3 diferentes microscopios estereoscópicos para determinar la exactitud, la longitud de las fibras se midió durante el recuento y categorizadas de acuerdo a la clasificación propuesta por la organización internacional para la estandarización (ISO / TR 11827: 2012 Textiles.	Concentraciones interiores variaron entre (1.0 y 60.0 fibras / m ³ y 0.3 y 1.5 fibras / m ³), la tasa de deposición varia: (1586 y 11,130 fibras / día / m ²), precipitación atmosférica en la zona 1 varió de 2-355 partículas/m ² /día, la zona 2: (53 ± 38 partículas/m ² /día) y fibras totales: (110 y 53 partículas / m ² / día).	Dris, et al., 2016
Bushehr - Irán	24 muestras, durante la estación seca, 1 mes	Se recolectaron muestras adyacentes a los bordes de las carreteras. Se recolectaron aproximadamente 500 g de partículas de polvo dentro de un radio de 5 m de puntos de muestreo seleccionados utilizando una bandeja de polvo de plástico y un cepillo, cuyo contenido se transfirió a una bolsa de polietileno hermética para su transporte al laboratorio.	Las muestras se secaron al aire a temperatura ambiente, luego se pasaron a través de un tamiz de 2 mm para eliminar partículas grandes y hojas de plantas, luego se pesaron 10 g de cada muestra (tamiz-5 mm) y se mezclaron con 35 ml de H ₂ O ₂ al 30% durante 7 días, colocando en un baño de arena a 60 ° C hasta que se produjo el secado. se fraccionaron a través de una malla 220mm (63 µm) para el análisis del tamaño de partícula y luego se homogeneizaron en un mortero de ágata.	Se filtraron al vacío a través de papel de filtro cuantitativo S&S (grado 589/3 cinta azul, tamaño de poro <2 mm) lavado con agua desionizada para eliminar el H ₂ O ₂ restante, el proceso de usar la solución de NaI, centrifugar y filtrar se repitió tres veces, la muestra se visualizó a través de microscopio de fluorescencia y la microscopía de luz polarizada.	Se detectaron las muestras [desde 210 a 1658 (MP) y 44 a 782 (MR) artículos / 10 g de polvo]. La muestra 18 (sitio de aduanas) contenía la concentración más alta de MP con 876 artículos / 10 g de polvo, respectivamente, mientras que la muestra 5 (MP) y la muestra 1 (MR) (sitios residenciales) exhibían la concentración más baja con 148 y 44 artículos / 10 g de polvo, respectivamente.	Abbasi et al., 2017

(Dongguan Guancheng y Nancheng) - China	3 meses/ 9 muestras/ 1 vez al mes	Los dispositivos consisten en una botella de vidrio de 5L con un soporte fijo, y antes de su uso es lavado en un ultrasonido, con agua ultra pura y es llevado a una temperatura de 200°C por 2h.	Para identificar presencia de MP, se hizo un lavado del dispositivo con agua ultra pura luego la filtración con la bomba de vacío, a través de 1,0 µm. luego fue secado a 50°C * 48h.	Las muestras se filtraron al vacío a través de papel de filtro S&S (banda azul, grado 589/3, 2µm), usando el microscopio de fluorescencia Olympus CX31 con un aumento de x100, bajo el filtro ultravioleta, Mediante el microscopio digital (Dino-Lite AM3011T) equipado con un programa de software Dino Capture 2,0.	Las concentraciones de MP: S1: 43 ± 4 partículas / m ² / día S2: 33 ± 2 partículas / m ² / día S3: 31 ± 8 partículas / m ² / día, 175–313 partículas m ⁻² d ⁻¹ Las concentraciones de MP y fibras no fibrosas variaron de 175 a 313 partículas / m ² / día en la precipitación atmosférica y la concentración promedio de MP en los tres sitios fue de 36 ± 7 partículas / m ² / día.	Cai et al., 2017
Teherán-Irán	2 meses / 10 muestras	La muestra de polvo se recogió barriendo suavemente un área aprox. de 30m ² adyacente a la acera de los 2 lados de la carretera con un cepillo de madera antiestático, recolectando más de 1kg de muestra a granel compuesta. Se utilizó una bandeja metálica para barrer y recolectar muestras.	Los filtros han sido lavados con agua desionizada para eliminar el H ₂ O ₂ restante en las partículas de polvo y para recoger las que se adhieren a la pared del vaso de precipitados, las muestras se secaron adecuadamente en un baño de arena a 50 ° C por 8 h.	Se filtraron al vacío a través de papel de filtro S&S (banda azul, grado 589/3-2 µm) y visualizado a través de microscopio binocular y microscopio fluorescencia, a su vez las muestras se fijaron en un trozo de SEM donde se cubrieron con una fina capa conductora de oro antes del análisis y se observaron con un voltaje de aceleración de hasta 8,7 kV.	Se detectó un total de 2649 partículas de MP, con una concentración de 88 a 605 MP/30g de polvo seco, el análisis EDX indicó una cantidad traza de Al, Ca, Mg, Na y Si indicadores aditivos de polímeros plásticos o desechos adsorbidos en la superficie MPs.	Dehghani et al., 2017
Paris-2 Apartamentos y 1 oficina (dentro y fuera)	4 meses/ 9 muestras/ Frecuencia: Discontinua	Se tomaron tres muestras de bolsas de aspiradora, dos veces en el departamento A (invierno y otoño) y una vez en el departamento B (invierno).	Fue necesario pasar el contenido de la bolsa de la aspiradora a través de un tamiz de malla de 2,5 mm. La fracción retenida (> 2.5 mm) se inspeccionó visualmente para verificar si contenía plásticos. Como este nunca fue el caso, esta fracción fue descartada sistemáticamente. Se introdujo una masa de 5,5 mg en un embudo de separación con 50 ml de cloruro de zinc (ZnCl ₂ - 1,6 g / cm ³) para la separación por densidad.	La fracción flotante se homogeneizó, se tomó una submuestra de 1 ml y se filtró en filtros de fibra de cuarzo GF / A Whatman, las fibras se contaron y su longitud se midió con el software Histolab y se observaron en un microscopio estereoscópico	La concentración de MP, Fibras: ex: (0.3 y 1.5 fibras / m ³); in: (1.0 y 60.0 fibras / m ³) y la tasa de deposición de las fibras en ambientes in: (1586 y 11,130 fibras / día / m ²), el cual las concentraciones en el exterior son significativamente más bajas que las concentraciones en interiores	Dris et al., 2017
Yantai-China	4 periodos / 10 muestras	Muestreo pasivo, se utilizó; columnas colectoras, un tubo y una botella, todo de acero inoxidable y tamiz de 3mm y 5mm, lavado respectivamente con agua ultra pura y al extraer el dispositivo se cubre con papel de aluminio.	Todo material antes de usar se colocó a una temperatura de (70°C * 6h), el material es enjuagado con agua ultra pura antes y después del proceso.	Las muestras se identificaron con una membrana de Whatman AE98 mediante el uso del microscopio estereoscópico (Nikon SMZ1270).	Determinaron= 1.4 toneladas de microplásticos atmosféricos Fibras: 1.38 × 10 ⁵ partículas / m ² / d, Fragmentos: partículas / m ² / d, Películas: 7,65 × 10 ² partículas / m ² / d, Espumas: 2.45 × 10 ² partículas / m ² / d, Fibras: 115–602 partículas / m ² / d.	Zhou et al., 2017

Sakarya-Turquia	6 meses / 9 muestras/30min	La cantidad de MP en las muestras tomadas durante media hora de succión al vacío (0.3 m ³ / min), ya que las muestras tomadas por aspiración se sellaron inmediatamente y se llevaron al laboratorio.	Las muestras se llevaron al laboratorio e hicieron uso de filtros de vacío de aire y filtros de acero, realizando un lavado y separación con peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂) (oxidación con peróxido húmedo) para eliminar las impurezas orgánicas; flotación MP con cloruro de zinc, luego paso por la centrifugadora.	La filtración se dio usando filtros de acero (filtros de acero de 500 y 50 μm de tamaño de poro para muestras de aire; papel de filtro de banda negra Whatman de 20 μm de tamaño de poro para muestras de suelo), evaluado en un microscopio óptico y ATR FT-IR	Pasivo: tenían un promedio de 8 MP, se diferentes cantidades de fibras de MP en cada mes y los MPs estaban presentes en tasas y tamaños muy variables en el aire, y la cantidad de MP capturados podría variar incluso en periodos de tiempo muy cortos.	Yurtsever et al., 2018
Asaluyeh-Irán	1 mes / 31 muestras (15 polvo de la calle y 16 de polvo suspendido / 8 días	Utilizando un ECHO PM, muestreador de filtro ambiental, el sistema de recolección comprende una unidad de muestreo de bajo volumen y un cambiador de filtro con un tubo de entrada y cabezal de entrada a través de los medios de filtro.	Aire: Los filtros se lavaron con agua destilada y se secaron en un baño de arena a 80 °C	Se uso el filtro (banda azul, grado 589/3, tamaño de poro de 2 μm) donde las muestras fueron caracterizadas por diversas técnicas microscópicas (fluorescencia, luz polarizada, SEM) y un software ImageJ.	Fragmentos: 249 partículas / m ² / día, películas: 73 partículas / m ² / día. y fibras: 44 partículas / m ² / día.	Abbasi et al., 2019
Pirineos - Europa	5 meses / 5 muestras / Cada 4 semanas.	El recolector fue un muestreador de lluvia Palmex con un A=0.014m ² (D= 135 mm) (construido con cloruro de polivinilo (PVC) resistente a los rayos ultravioleta y acero inoxidable). El segundo colector fue un NILU Particle Fallout Collector (n. ° 9721) con un A= 0.03m ² (D= 200 mm) (construido en PE de alta densidad y acero inoxidable).	Los MPs han sido recolectados por los micro - filtros ubicados en la zona de estudio el cual han sido capturados a base de la velocidad del viento, lluvias y nieve estos son los impulsores de la deposición de MP. atmosféricos húmedos y secos.	Filtros de Membrana de (0,45 μm ,47 mm) y filtros de óxido de aluminio (Anodisc 25) de (0,2 μm, 25 mm) fueron examinados y fotografiados bajo un microscopio estereoscópico Olympus SZX10 con un accesorio de cámara Olympus SC30 y se verifica visualmente usando un microscopio (Axiostar Plus (x 50)) y software de análisis espectral SpectraGryph.	Deposición diaria de MP de 365 partículas / m ² / día, (± 69, partículas ≥5 μm), se manifestó en la deposición seca y húmeda en Pirineos – Europa, fragmentos: 249 partículas / m ² / día, partículas: 73 partículas / m ² / día, m ⁻² d ⁻¹ y fibras: 44 partículas / m ² / día. El 11% de los filtros se analizaron usando micro-Raman y el 50% de los filtros se inspeccionaron visualmente y con ImageJ	Allen et al., 2019
Glaciar-Italia	6 muestras/ <1 mes	Recolectados en frascos de vidrio con una pala de metal para jardinería o una cuchara de laboratorio de metal. Tarros y las herramientas de muestreo se limpiaron con precisión con acetona.	Todo material utilizado se lavó previamente con agua ultra pura y filtrada para evitar la posible contaminación de laboratorio, la extracción se realizó bajo una campana de flujo laminar, el cual los polímeros se separaron de los sedimentos glaciales con una solución saturada de cloruro de sodio las partículas flotantes, fue transferida utilizando una pipeta volumétrica de vidrio de 50 ml en un matraz de separación de vidrio.	Filtros de fibra de vidrio (Ø ¼ 0.45 μm, Whatman GF / A 47 mm, el cual los filtros obtenidos se examinaron bajo un microscopio binocular (Leica DM750; 20 y 40 de magnitud) y software gratuito Fiji.	La cantidad de plástico que se encontró en el área de ablación del glaciar incluyen 131 -162 millones de MP, correspondientes a 570-801 millones km ² .	Ambrosini, 2019

Ártico- (Fram Strait, Svalbard y Europa)	L1: 1 año L2: 1 mes L3: 1 mes (22 muestras)	Se tomó una muestra de nieve superficial con una taza de porcelana, una cuchara de acero o un cucharón para sopa y se transfirió a los recipientes de acero inoxidable de 2L previamente enjuagados	Se analizó 3 veces una alícuota [10ml: 1ml de muestra (líquido) con 9ml de Milli-Q]. Se filtro en una cabina de flujo laminar, se dejó secar en un desecador por 2 días. Asimismo, se trabajaron con materiales de vidrio o acero enjuagados con agua Milli-Q antes de su uso y se utilizaron bata de algodón y las manos desnudas.	Se uso los filtros de óxido de aluminio ($\varnothing = 25 \text{ mm} - 0.2 \mu\text{m}$; Anodisc, Whatman), luego paso por un desecador durante 2 días, el filtro se colocó en la ventana de fluoruro de calcio de un microscopio FTIR, y se tomó una imagen general (aumento de $\times 40$).	Las concentraciones de MP en el hielo marino del Ártico variaron entre 1.1×10^3 y $12 \times 10^3 \text{ N litro}^{-1}$. y los datos en los niveles similares o más altos en la nieve de los témpanos de hielo poseen ($0 \text{ a } 14.4 \times 10^3 \text{ N litro}^{-1}$)	Bergmann et al., 2019
Hamburgo-Alemania	3 meses/108 muestras/cada 15 días.	Se instalaron muestreadores a granel en 3 paralelos (100cm entre sí), el cual, consta de una tubería de PVC de 150cm de largo (se enterró a 50cm y se recogió la deposición atmosférica a 100cm), un embudo de PE (polietileno) de $\varnothing 12\text{cm}$ y una botella de PE de 2L y dentro del tubo se creó una base con alambre.	Para eliminar la materia orgánica la muestra se trató con una solución de hipoclorito de sodio y se dejó reposar por 24 h bajo un humo Hood, luego se filtraron utilizando un dispositivo de filtración al vacío de vidrio y se enjuagaron con agua MilliQ, colocados en placas Petri de vidrio cubiertas con papel de aluminio durante 24 h en una campana extractora.	Se usaron filtros de celulosa de 55mm (413, VWR 516-0812, retención de partículas 5–13 μm) y fue teñido con 1 ml (dos veces 0,5 ml para garantizar una distribución completa) de la solución de Nile Red, luego se seca a temperatura ambiente bajo una campana extractora	L1: 260.6 partículas / m^2 / día, L2: 246.9 partículas / m^2 / día, L3: 136.5 partículas / m^2 / día; Rural: L1: 331.4 partículas / m^2 / día, L2: 512.0 partículas / m^2 / día, L3: 343.1 partículas / m^2 / día.	Klein y Fischer, 2019
China	3 meses/ 39 muestras/ Frecuencia: Discontinua	Se recogió de 4m ² de piso en cada habitación y sala de estar con cepillos de cerdas de cerdo, las muestras de polvo se almacenaron en una bolsa de papel sellada previamente limpiada con revestimiento de papel de aluminio y etanol prefiltrado con filtros de politetrafluoroetileno (PTFE) de 0,22 μm .	Todas las muestras se transfirieron al laboratorio dentro de las 48 h y se almacenaron a -20 ° C hasta el análisis, los MP en las muestras de polvo mezclado se separaron usando el mismo protocolo y luego se filtraron a través de un filtro y fue guardó en un filtro y se secó en un horno a 60 ° C durante 48 h.	Filtros de microfibras de vidrio Whatman GF / A (tamaño de poro de 1,6 μm), el filtro se guardó y se secó en un horno a 60 ° C durante 48 h e hicieron una corrección de presión en el filtro con el software del sistema.	Se detectaron altas concentraciones de MP: PET: interior (in): (1550-120,000 mg / kg) y exterior (ex): (212-9020 mg / kg); PC: in (4,6 mg / kg), ex (2.0mg / kg); PCMP: in (107 mg / kg, 4,6 mg / kg), ex (2.0mg / kg, 1.0mg / kg); PTA: in (61–3030 $\mu\text{g} / \text{kg}$), ex (36–3550 $\mu\text{g} / \text{kg}$), las concentraciones más: Altas: in (88,300–120,000mg / kg), ex (7760–9020mg / kg); medias: in (25,000–29,600mg / kg), ex (2140–2820mg / kg), y bajas: in (1550–5510mg / kg), ex (212–282mg / kg).	Liu C. et al., 2019
Shanghai-China	3 meses /6muestras/ Frecuencia: Discontinua	Se recolectaron utilizando un flujo medio inteligente tipo KB-120F muestra de partículas suspendidas totales con una toma caudal de $100 \pm 0.1 \text{ L} / \text{min}$, todo el muestreo en cada	Los filtros, pinzas de acero inoxidable y recipientes de vidrio fueron envueltos en papel de aluminio y horneado a 450 ° C en una mufla durante 4 h antes de su uso y se enjuagaron al menos tres	Filtros de microfibras de vidrio Whatman GF / A (tamaño de poro de 1,6 μm e hicieron una corrección de presión en el filtro con el software del sistema y se analizó en un	La abundancia de SAMP varió de 0 a 4,18 partículas / m^3 / día, con una concentración media de $1,42 \pm 1,42$ partículas / m^3 / día.	Liu K. et al., 2019

		estación fue conducido por triplicado durante 1 hora y filtrando aproximadamente 6 m ³ de aire por muestra.	veces con agua Milli-Q filtrada para reducir los residuos contaminantes.	microscopio estereoscópico (Leica M165 FC) equipado con una cámara Leica DFC 450C y un software Image J (versión 1.51j8).		
Subaraya - Indonesia	3 semanas / 6 muestras / 2 veces por semana	Los dispositivos de muestreo consisten en embudos de acero inoxidable de 1000 ml, colocado a una altura 1.2m del suelo (simulación de altura de la respiración de un adulto).	Para la recolección de la muestra los dispositivos son enjuagados con agua destilada y llevadas a la bomba de vacío (vacumbrand), haciendo uso de filtro para la capturar de las partículas, pero antes han se pesaron antes y después del muestreo utilizando balanzas digitales.	Uso del filtro GF/A Whatman (porosidad de 1.6 µm y un diámetro de 47 mm), se observó en un microscopio digital (Dino-Lite AM3113T) equipado con un programa de software DinoCapture 2.0.	Cantidades y formas físicas de los MP en las muestras recolectadas. Zona 1: (P1: 174.97 partículas / m ³ y P2: 130.50 partículas / m ³). Zona 2: (131,75 partículas / m ³ y 68,36 partículas / m ³) Zona 3: (94,69 partículas / m ³ y 55,93 partículas / m ³).	Syafei et al., 2019.
Aarhus- Dinamarca	2 meses / 9 muestras /Frecuencia: Durante 3 días consecutivos en cada apartamento	Se utilizo un maniquí térmico cuya respiración fue hecha de aluminio y fibra de vidrio., conectado a un sistema mecánico de pulmón artificial. Las muestras se recogieron de la "boca"(Ø9mm) a una altura de 110cm la conexión de entrada era de una tubería y el soporte del filtro era de acero/aluminio.	El filtro se sometió a 5 minutos de sonicación en un pre-limpiado usando etanol, la muestra se depositó en una ventana precalentada (55 ° C) durante 48 horas antes de someterla a un análisis.	Filtros de membranas de plata cortadas de (0,8 µm, 20 mm) y filtros comerciales de 47mm (Sterlitech, Kent, WA, EE. UU.), se lavaron con nitrógeno (N5.0) y se almacenaron en una placa de petri de vidrio previamente limpiada antes del muestreo; observadas un microscopio Agilent 620 FTIR con un detector Focal Plane Array-Fourier (FPA) de 128x128 píxeles, combinado con un espectrómetro Cary 670 FTIR	La concentración de MP inhalada por el maniquí (número de MP por unidad de volumen) durante 24 horas de exposición. tuvo una exposición promedio no sintética Lugar 1: 160 ± 79 Npart m - 3, Lugar 2: 253 ± 123 Npart m - 3 y Lugar 3: 202 ± 51 Npart m - 3; muestra 1: L1: (3.4 ± 2.6 NMP m - 3), L2: (10.6 ± 5.9 NMP m - 3) y L3: (14.0 ± 2.2 NMP m - 3)	Vianello et al. 2019

Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es básica, porque busca poner a prueba una teoría con escasa intención de aplicar sus resultados a problemas prácticos, dado que su finalidad es recoger información de la realidad para enriquecer el conocimiento teórico y científico (Valderrama, 2013, p.38). En ese sentido, en la investigación se buscó incrementar el conocimiento teórico y científico, respecto al estudio de los MPs presentes en el aire.

El diseño de la investigación es narrativo de tópicos, el cual esta, enfocado en una temática, suceso o fenómenos según Mertens (2010) (como se citó en Hernández, Fernández, y Baptista, 2014, p. 490). Dado que, los diseños narrativos pretenden entender la sucesión de hechos situaciones y fenómenos (Hernández et al., 2014, p. 487), por ello, en la presente investigación la recopilación de información sirve para entender el estudio de los MPs presentes en el aire.

3.2 Categorías y Subcategorías y matriz de categorización apriorística.

Las categorías están fundamentadas en la naturaleza de los diversos métodos y en las subcategorías se detallan las técnicas que se derivan de los métodos para lo cual se recopiló una variedad de revistas científicas. En otras palabras, categorizar consiste en ponerle nombre y definir cada unidad analítica y dentro de cada categoría se pueden definir las subcategorías (Marín, Hernández y Flores, 2016, p. 62).

Tabla 9. Matriz de categorización apriorística

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categorías	Subcategorías	Unidad de análisis
Identificar los dispositivos y/o equipos usados en el muestreo de los	¿Cuáles son los dispositivos y/o equipos usados en el muestreo de los microplásticos	Dispositivos y/o equipos usados para el muestreo de MP	- Muestreadores pasivo o activo -Frecuencia de monitoreo - Recolección de muestra	Dris et al., 2015 Dris et al., 2016 Abbasi et al., 2017 Cai et al., 2017

microplásticos presentes en el aire.	presentes en el aire?			Dehghani et al.,2017 Dris et al., 2017
Identificar los materiales y equipos usados para la detección física y química de los microplásticos presentes en el aire.	¿Cuáles son los materiales y equipos usados para la detección física y química de los microplásticos presentes en el aire?	Materiales y equipos usados para la detección de MP	-Identificación del proceso de: lavado, filtración y microscopio -Caracterización físicas: color forma y tamaño - Caracterización química: tipo y componentes de polímeros	Zhou et al., 2017 Yurtsever et al., 2018 Abbasi et al.,2019 Allen et al.,2019 Ambrosini et al., 2019
Identificar las unidades usadas en la determinación de los microplásticos presentes en el aire.	¿Cuáles son las unidades usadas en la determinación de los microplásticos presentes en el aire?	Unidades usadas para la determinación de MP	-Cantidad de MP detectados representados por las unidades del volumen	Bergman et al., 2019. Klein y Fischer, 2019 Liu C. et al.,2019 Liu K. et al., 2019 Syafei et al., 2019 Vianello et al.,2019

Fuente: Elaboración propia

3.3 Escenario de estudio

Es preciso mencionar, que la investigación no posee un escenario de estudio en específico, ya que, emplea una revisión colectiva de artículos científicos a nivel internacional, en países de diferentes partes del mundo, tales como: Francia, Dinamarca, China, Alemania, Indonesia, Irán y el Ártico; que se relacionaron con el estudio de los MPs presentes en la atmósfera, al paso por la nieve o del polvo de la calle.

3.4 Participantes

Los participantes de la presente investigación a las fuentes primarias conformadas por artículos científicos indexadas en los idiomas español, inglés y chino, y las fuentes secundarias conformadas por tesis, libros, capítulo de libros, normas legales, Investigaciones de proveedores de la industria y buscadores electrónicos conforme se señala en la siguiente tabla:

Tabla 10. Participantes

Bibliografía		
Normas legales:	8	Casa - Energía y Comercio: HR1321. Ley de aguas libres de microesferas de 2015.
		DIGESA: Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de Datos.
		MINAM: Decreto Legislativo No 1013.
		MINAM: Índice de la calidad ambiental
		MINAM: Gobierno promulga ley que regula el plástico de un solo uso y envases descartables a nivel nacional.
		MINAM: Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire
		OMS: Guías para la calidad del aire.
		SINIA: Ley N° 30884 que regula el plástico
Página web institucional	3	Greenpeace
		La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
		Parlamento Europeo
Investigaciones de proveedores de la industria	1	PlasticsEurope
Libros	3	McGraw-Hill Education (físico)
		SAGE Publications (virtual)
Capítulo de libros	2	Ministerio de Educación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica
		Society of Environmental Toxicology and Chemistry.
Buscadores	4	Google académico
		Scielo
		Science Direct
		Proquest

Fuente: Elaboración propia

En el mismo orden, en la siguiente tabla se señala los nombres de los artículos de revistas científicas que fueron usadas en la presente investigación.

Tabla 11. Revistas científicas

Artículos de revistas científicas			
AIMS Environmental Science	1	Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.	1
Analytical Chemistry	1	Journal of Applied Polymer Science	2
Atmospheric Environment	1	Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía	1
Advance en química	1	NOAA	1
Chinese Science Bulletin	2	Marine Pollution Bulletin	11
Current Environmental Health Reports	1	Maturitas	1
Current Opinion in Environmental Science & Health	1	Nature	1
Current World Environment	1	Nature Geoscience.	1
Dialnet	1	PLOS ONE	1
Earth's Future	1	Polymer Degradation and Stability	2
Earth-Science Reviews	1	Redalyc	3
Ecological Indicators	1	Revista de Investigación Educativa	1
Environment International	1	Revista Colombia Médica	1
Environmental Chemistry	2	Royal Society B: Biological Sciences	2
Environmental Earth Sciences	1	Scielo	3
Environmental Pollution	8	Science	2
Environmental Science and Technology	12	Science Advances	2
Environmental Science and Pollution Research	2	Science of The Total Environment	4
Environmental Science: Processes & Impacts	1	Scientific Reports	1
Environmental Toxicology and Chemistry	1	Springer Water. Springer, Cham	1
European Respiratory Journal	1	The Danish Environmental Protection Agency	1
FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper.	1	Trends in Analytical Chemistry	1
Integrated Environmental Assessment and Management	1	United European Gastroenterology	1
International Biodeterioration & Biodegradation	1	Water Research	1
International Journal of Environmental Research and Public Health	1		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Cuadro de resumen de los participantes

Artículo de revista	Capítulo de libro	Libro	Normas legales	Páginas web	Investigaciones de proveedores de la industria	Tesis
92	2	3	8	3	1	2

Fuente: Elaboración propia

3. 5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la investigación se utilizó la técnica del análisis documental (Hernández et al., 2014, p. 415), dado que toda investigación, sin importar su espacio de actuación, requiere de una búsqueda, lectura, interpretación y apropiación de información relacionada con el objeto de estudio (Orellana y Sánchez, 2006, p. 207). Por eso, se profundizó en el análisis, por medio de fichas de recolección de datos, para lograr, una revisión selectiva de las fuentes bibliográficas del objeto de estudio.

La información extraída de los antecedentes de investigación fueron los siguientes: Ubicación y zona, tiempo de muestreo, cantidad y frecuencia de recolección de la muestra, muestreo (características y ensamblaje del dispositivo/equipo de muestreo), tratamiento, de la muestra, así como las metodologías y resultados de detección, concentración, características físicas (forma, tamaño y color) y químicas del análisis de la muestra. Además, la información del marco teórico fueron las siguientes: parámetros meteorológicos vs cantidad de MP, características físicas y químicas del MP; ubicadas en la Anexo 1.

3. 6 Procedimiento criterios de búsqueda

El proceso para la elaboración de la investigación consta con tres etapas muy importantes:

i) Muestreo inicial: se realizó la recopilación de documentos en español, inglés y chino, de fuentes tales como: Artículos científicos, libros, capítulos de libros, normas técnicas, páginas web, investigaciones de proveedores de la industrias y tesis, referentes a los MPs presentes en la atmosfera, tal es así, que para identificar el material bibliográfico se usó las siguientes palabras clave: degradación del plástico, microplásticos presentes en el aire, metodología de los

microplásticos, características de los microplásticos, técnicas de monitoreo del aire etc. Así mismo se obtuvo 111 documentos: los artículos encontrados fueron en los siguientes idiomas: 1 en chino, 85 en inglés y 25 en español, donde 66 son revistas actuales que datan de los años 2014 hasta el 2020, y 45 son revistas antiguas menores al año 2014 de las cuales 17 son antecedentes que han sido estudiados minuciosamente.

ii) Criterios de selección: Para los criterios de selección se tomó en consideración el análisis de los aspectos más relevantes del estudio, para llegar a identificar los equipos, materiales y unidades determinadas en la detección de los MPs dispersos en la atmósfera; además se incluyó algunos artículos científicos que puedan colaborar con la identificación de los MPs presentes en el aire, y a su vez, se excluyeron los artículos que no tengan relación con el objeto de estudio.

iii) Etapa de estructuración: Los 111 documentos han sido usados en las siguientes etapas: a) Introducción: realidad problemática y justificación b) Marco teórico: Los MPs como consecuencias del plástico, tipos de fuentes de MP, metodología para determinar los MPs, características físicas y químicas de los MP, la influencia de los parámetros meteorológicos en la cantidad de MP, los efectos a la salud por los MPs y normas aplicables. c) Metodología: Tipo y diseño de investigación, categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística, técnicas e instrumentos de recolección de datos, y rigor científico, método de análisis de datos d) Resultados y discusión.

iv) Organización de las referencias: Se utilizó el programa Mendeley para la redacción, citación y referenciado de los artículos científicos al estilo ISO 690-2.

Tabla 13. Resumen de criterio de búsqueda

Tipo de documento	Cantidad	Palabras clave de búsqueda	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos científicos	92	Degradación del plástico. Microplásticos presentes en el aire.	Métodos usados para el muestreo y detección de los MPs. Unidades de concentración	Se excluyeron los artículos que no tengan relación con el objeto de estudio

Normas técnicas	8	Metodología de los microplásticos	Caracterización de los microplásticos dispersos en la atmosfera	Se excluyeron las normas técnicas que no tengan relación con el objeto de estudio.
Libros	3	Características de los microplásticos. Técnicas de monitoreo del aire.	Artículos científicos que puedan colaborar con la identificación de los microplásticos presentes en el aire.	Se excluyo el uso de libros, que no tengan relación con el objeto de estudio.

Fuente: Elaboración propia

3.7 Rigor científico

Durante el desarrollo de la investigación se tuvo como ambición desarrollar un trabajo de calidad, que cumpla con los criterios de rigor científico, tales como: la dependencia, la confirmabilidad, la transferibilidad y credibilidad (Guba y Lincoln, 1989, pp. 241-243).

Respecto de la dependencia, Hernández et al (2014), sostiene, que los datos deben ser revisados por diferentes investigadores y estos deben arribar a interpretaciones congruentes (p.453). Por ende, para lograr la dependencia de los datos se emplean procedimientos específicos tales como: la triangulación de investigadores, de métodos y de resultados; el empleo de un evaluador externo, y la descripción detallada del proceso de recogida, análisis e interpretación de los datos (Noreña, Alcaraz, Rojas y Rebolledo, 2012, p.268). Por eso, la información redactada es coherente y está bien estructurada, con la finalidad de que los investigadores encuentren la esencia del trabajado y por ende las mismas interpretaciones.

Credibilidad, se refiere a si el investigador ha captado el significado completo y profundo de las experiencias de los participantes. Por ello, la credibilidad tiene que ver fundamentalmente con la capacidad de comunicar en lenguaje, puntos de vista de los participantes, etc. (Hernández et al., 2014, p.456). Además, este se logra cuando los hallazgos son reconocidos como reales o verdaderos por las personas que participaron en el estudio, por profesionales sensibles a tema, etc. (Noreña et al., 2012, p.267). Por ende, se ha captado la información completa de las

investigaciones, plasmando lo que el autor quiere transmitir, para ello se ha utilizado técnicas con el fin de recoger información selectiva y evitar sesgos de extracción en la información.

El criterio de transferibilidad se refiere a la posibilidad de extender los resultados del estudio a otras poblaciones (Castillo y Vásquez, 2003, p.166). Es decir, que parte de ellos o su esencia puedan aplicarse en otros contextos, por lo tanto, la finalidad es contribuir a un mayor conocimiento del fenómeno y a establecer algunas pautas para futuras investigaciones (Arias y Giraldo, 2011, p.503; Hernández et al., 2014, p.458). Por ello, en la presente investigación se dispone de toda la información posible para que este pueda aplicarlo en otros contextos o en futuras investigaciones.

La confirmabilidad es la neutralidad en el análisis y la interpretación de la información (Arias y Giraldo, 2011, p.503), que se logra cuando otro investigador puede seguir la pista al investigador original y llegar a hallazgos similares (Castillo y Vásquez, 2003, p.164). Por eso, en el presente estudio, se emplearon técnicas y procedimientos, que quedarán preestablecidos en la investigación, para que otros investigadores puedan continuar con el estudio del fenómeno.

3. 8 Método de análisis de datos

La triangulación se refiere al empleo de varios métodos, de fuentes de datos, de teorías, de investigadores o de ambientes en el estudio de un fenómeno (Okuda y Gómez, 2005, p.119). En ese sentido, en el presente investigación se utilizó la triangulación de datos, dado que, se empleó el uso de diferentes estrategias para la recolección de datos, con el fin de contrastar un determinado conjunto de observaciones con otros, abordando el mismo fenómeno (Forni y Grande, 2020, p.166), y la triangulación de teoría, que analiza e interpreta hallazgos de diversas teorías con el fin de producir un entendimiento, donde se utilizan diferentes perspectivas para analizar y confrontar teorías de una misma información (Okuda y Gómez, 2005, p.123).

3.9 Aspectos éticos

Para garantizar los aspectos éticos se tomó en cuenta los siguientes criterios: se realizó un estricto cumplimiento de la normativa vigente establecida por la universidad Cesar Vallejo Filial Lima-Este según la resolución rectoral N° 0089-2019. Así mismo, la redacción y referenciado se realizó de acuerdo con el manual de Referencias estilo ISO 690 y 690-2, y por último se pasó por el programa anti plagio (Turnitin), demostrando el cumplimiento de los rigores de calidad preestablecidos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los dispositivos y/o equipos de recolección de MPs en el aire son muestreadores pasivos y activos, presentados en la siguiente tabla 14.

Tabla 14. Equipos usados para muestrear los MP presentes en el aire.

Dispositivo	Aporte del método de muestreo	Fuente de información
Activos	Bomba de muestreo autónoma GH300, Deltanova, Francia	Dris et al., 2017, p. 454
	La muestra se recolecta a través del filtro de vacío de aire por succión durante media hora.	Yurtsever et al., 2018
	El sistema de recolección de polvo comprendía una unidad de muestreo de bajo volumen y un cambiador de filtro con un tubo de admisión y un cabezal de entrada para recolectar el PM del aire que se extrae a través de una entrada de tamaño selectivo y a través del medio filtrante (ECHO PM muestreador de filtro ambiental (TECORA, Italia).	Abbasi et al., 2019, p. 154
	Se recolectaron utilizando un flujo medio inteligente tipo KB-120F muestreador de partículas suspendidas totales (Jinshida, Qingdao).	Liu k. et al., 2019, p.463
	El aire fue aspirado a través del medio filtrante hacia el embudo de acero inoxidable utilizando la bomba de vacío de tal manera que las partículas se acumulan en la superficie del medio filtrante.	Syafei et al., 2019, p.
	El recolector de muestras del aire consistió en un maniquí térmico de respiración hecho de aluminio y fibra de vidrio, conectado a un sistema mecánico de pulmón artificial.	Vianello et al., 2019, p.7
	Recolector a base de un embudo dentro de una botella de vidrio de 20 litros.	Dris et al., 2015, p.594; Dris et al., 2016, p.1;
Pasivos	La muestra se ha recolectado utilizando un recogedor y cepillo de plástico, donde es transferido a una bolsa de polietileno hermética para su transporte a el laboratorio.	Abbasi et al., 2017, p. 4
	Dispositivo de muestreo equipado con una botella de vidrio (30 cm x Φ15 cm, con un área de apertura de 0.0177 m ² , volumen es 5.31 L) con un soporte fijo.	Cai et al., 2017. p.24929
	La muestra se recolecta con un cepillo de madera local antiestático y una bandeja metálica para barrer y recolectar muestras.	Dehghani et al., 2017, p.20362
	Las muestras fueron tomadas directamente de las aspiradoras que los participantes usan en su vida diaria, es decir, recogido de las bolsas de la aspiradora.	Dris et al., 2017
	Recolección de muestras en el suelo.	Yurtsever et al., 2018
	Se utilizó una bandeja metálica y un cepillo de madera para barrer cuidadosamente el material directamente en bolsas de polietileno de baja densidad, herméticas al aire.	Abbasi et al., 2019
	Muestreador de lluvia Palmex con un área de muestreo de 0.014 m ² (diámetro de 135 mm) construido con cloruro de polivinilo resistente a los rayos ultravioleta y acero inoxidable) y un colector NILU de partículas Fallout (n. ° 9721) con un área de muestreo de 0.03 m ² (diámetro 200 mm) (construido en PE de alta densidad y acero inoxidable).	Allen et al., 2019, p. 7
Muestra recolectada en un frasco de vidrio y con una pala de metal para jardinería o una cuchara de laboratorio de metal.	Ambrosini et al., 2019. p.298	
La muestra se recolecta con una taza de porcelana, una cuchara de acero o un cucharón de sopa y un recipiente de acero inoxidable (2L) o de vidrio.	Bergmann et al., 2019, p.8	
Consta de un Tubo de PVC de 150 cm de largo, un embudo de PE y una botella de PE de 2 l. La tubería de PVC también sirve para proteger el embudo y la botella de la radiación UV y la abrasión.	Klein y Fischer, 2019, p.97	

Recolectó las muestras en espacios interiores como exteriores, con el uso de un cepillo de cerda de cerdo almacenado en una bolsa de papel sellada con revestimiento de papel de aluminio.	Liu C. et al., 2019, p.117
El dispositivo está compuesto principalmente por una columna de recolección, un tubo receptor y una botella de recolección terminal.	Zhou et al., 2017

Fuente: Elaboración propia

Los dispositivos encontrados en la revisión de documentos se dividen en métodos activos que consisten en la succión del aire en un determinado tiempo y el método pasivo el cual recepciona MPs que precipitan por gravedad utilizando frascos y embudos de material de vidrio, porcelana o de acero inoxidable; asimismo en este método se consideró a los estudios que recogieron polvo de la calle, nieve fresca y hielo sin ningún dispositivo y/o equipo, sino con la ayuda de una taza, cuchara, pala de metal y un recipiente para poder colocar la muestra.

Se observa en los estudios realizados de MPs, que el 31.57% son métodos activos y con un 68.4% son pasivos. Este último método es más el aplicado hasta la actualidad debido a la sencillez de su uso, al costo económico y su escasa o ninguna dependencia de una fuente eléctrica (OMS, 2004, p.106; DIGESA, 2005, p.14; Galán, 2013, p.116), cuya exposición puede ser días o meses de recolección, todo lo contrario, a los muestreadores activos que solo pueden estar en funcionamiento 24 h aproximadamente, limitando el tiempo de muestreo.

La detección de los MPs atmosféricos que han sido reportados en la literatura, consta con los siguientes procesos: i) filtración (material del filtro, diámetro y tamaño de poro) y ii) caracterización físicas y químicas a través de microscopios y softwares, presentados en la siguiente tabla N.º 15.

Tabla 15. Materiales y equipos de detección de MPs.

Autores	Filtro	Caracterización física	Caracterización Química
Dris, et al., 2015	Fibra de vidrio GF / A filtros Whatman (Sigma-Aldrich, 1,6 µm)	Observación visual: Microscopio estereoscópico Leica MZ12 (*16) con un software Histolab	-
Dris, et al., 2016	Filtros (Whatman de fibra de cuarzo GF/A, 1,6 µm)	Microscopios estereoscópicos (Leica MZ12) con un software Histolab (característica)	Microespectroscopía FT-IR (microscopio LUMOS FT-IR - Brucker) junto con un accesorio ATR
Abbasi et al., 2017	Filtro cuantitativo S&S (grado 589/3 cinta azul, 2 µm).	-Microscopio de fluorescencia vertical (OLYMPUS IX51) de x200 y -Microscopía de luz polarizada (PLM).	-

		Recuento: microscopio binocular con hasta* 200 Textura superficial o morfología: SEM	
Cai et al., 2017	Filtros de microfibra de vidrio (Whatman GF / B, 1 µm)	Observación visual: Microscopio digital (Dino-Lite AM3011T) con un software Dino Capturé 2,0. Textura superficial o morfología: Microscopía electrónica de barrido (SEM) (JEOL JSM-6510)	µ-FTIR con un microscopio (Nicolet iN10, Thermo Fisher, EE. UU.) equipado con sulfato de triglicina deuterado (DTGS). (característica)
Dehghani et al., 2017	Filtro S&S (banda azul, grado 589/3, tamaño de poro de 2 µm)	Microscopio de fluorescencia Olympus CX31 *100 con un cámara digital manual Olympus Pen EPL 1 Observación visual: microscopio binocular, con hasta x 200 . (forma, el tamaño, el color, degradación y conteo). Textura superficial o morfología: SEM	SEM-EDX. Detector de espectroscopia de rayos X de energía dispersiva (EDX)
Dris et al., 2017	Filtro Whatman de fibra de cuarzo GF / A (1,6 µm, 47 mm)	Microscopio estereoscópico (Leica MZ12- Buffalo-Estados Unidos) (tamaño, conteo), uso de software Histolab.	Microespectroscopia FT-IR (Microscopio LUMOS FTIR-Brucker, Champs-sur-Marne, Francia) junto con un accesorio ATR.
Zhou et al., 2017	Filtro de celulosa Whatman AE98 Alemania, 5 µm)	Observación visual: Microscopio estereoscopio (Nikon SMZ1270, Japón) (1-5mm) Automatizado: Espectrómetro FTIR de ATR (NICOLET IS5, EE. UU.) y (BRUKER LUMOS, Alemania) (características físicas <1mm)	Análisis Espectrómetro FTIR de ATR (NICOLET IS5, EE. UU.) y (BRUKER LUMOS, Alemania).
Yurtsever et al., 2018	Aire: Filtros de acero limpio de 500 y 50 µm. Suelo: Filtro de banda negra Whatman, 20 µm.	Muestra de aire: Microscopio. Muestra de suelo: Microscopio óptico (BX51; Olympus). acoplada a una cámara digital (DP20; Olympus, Tokio, Japón) *4X	Uso de ATR FTIR (Opus 7.5, Lumos, Bruker, Alemania)
Abbasi et al., 2019	1.Activo: Filtro de politetrafluoroetileno (46,2 mm-2 µm; Tisch Scientific, EE. UU.) 2.Pasivo: Filtro S&S (banda azul, grado 589/3, tamaño de poro de 2 µm)	Observación visual 1. Microscopía binocular (Carl-Zeiss), 2. Microscopía de luz polarizada (PLM) (Olympus BX41TF). 3. La microscopía de fluorescencia (Olympus CX31) (característica y cuantificación), uso de Software ImageJ. 4. SEM / EDS de alto vacío, con un microscopio electrónico Tescan VEGA 3 (con una resolución de 2 nm a 20 kV) y un detector de silicio Oxford Instruments X-Max 50, con un software AZtec e INCA	-
Allen et al., 2019	1. Filtros de Membrana de politetrafluoroetileno (Whatman 0,45 µm ,47 mm) 2. Filtros de óxido de aluminio (Anodisc 25) de (0,2 µm, 25 mm)	Observación visual: Microscopio estereoscópico Axiostar Plus *50 2do Recuento: Microscopio estereoscópico Olympus SZX10 con un accesorio de cámara Olympus SC30 (*10) 3er recuento visual: Microscopio confocal Leica DM6000M con una platina motorizada Marzhauser Scan130 x 85 4 mm, con un software a) Leica y b) ImageJ / Fiji.	La espectroscopía Micro-Raman (Horiba Scientific Xplora Plus, 50–3,200 cm ⁻¹ con una resolución de 1,5 cm ⁻¹ y precisión de imagen confocal de 0,5 µm) con el software SpectraGryph.
Ambrosini, 2019	Filtros de fibra de vidrio (Ø ¼ 0.45 µ m, Whatman GF / A 47 mm.	Observación visual: Microscopio binocular (Leica DM750, *20 y *40 de magnitud) con un software Fiji.	FTIR; Accesorio de microespectroscopía IR de encuesta junto con el espectrómetro Nicolet iS5 FTIR)

			y el análisis se realizó en atenuado modo de reflexión total (ATR).
Bergmann et al. 2019	Filtros de óxido de aluminio (Ø25mm; 0.2 µm; Anodisco-Whatman)	<ul style="list-style-type: none"> General: <ol style="list-style-type: none"> 1. Microscopio FTIR x 40 2. Microscopio Hyperion 3000 µFTIR equipado con un detector de matriz de plano focal (FPA) conectado a un espectrómetro TENSOR 27 (Bruker Optics GmbH, Alemania) x4 y un objetivo infrarrojo (IR) (x3,5) con el software OPUS 7.5 (Bruker Optics) (mediciones) <ul style="list-style-type: none"> Fibras: <p>Microscopio estereoscópico (aumento x 8; Olympus SZX16) (contaron y fotografiaron).</p> <ul style="list-style-type: none"> Fibras sospechosas: <p>CellSens Micro Imaging (aumento de x8 a x32; Olympus, Alemania)</p>	Microscopio Hyperion 3000 µFTIR equipado con un detector de matriz de plano focal (FPA) conectado a un espectrómetro TENSOR 27 (Bruker Optics GmbH, Alemania) x4 y un objetivo infrarrojo (IR) (x3,5) con el software OPUS 7.5 (Bruker Optics).
Klein y Fischer, 2019	Filtros de celulosa de 55mm (413, VWR 516-0812, retención de partículas 5–13 µm)	Microscopio de fluorescencia (Zeiss Axio Lab A.1) con las cámaras digitales: <ol style="list-style-type: none"> 1. Canon EOS 80D, lente ZEISS x2,5/0,06-A-Plan). 2. Pentax K-30, 4928 x 3264 píxeles, en una caja de fotos autoconstruida bajo luz UV (Omnilux UV 18 W G13, 365 nm). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Espectroscopía µRaman (DXR2xi) 2. Microscopio de fluorescencia
Liu C. et al., 2019	<ol style="list-style-type: none"> 1. Filtros de politetrafluoroetileno (PTFE) de 0,22 µm 2. Filtro de microfibra de vidrio de 1,2 µm 	Observación visual: <ul style="list-style-type: none"> • Microscopio óptico (Olympus, CX21) x100 • LC-MS / MS 	Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) (Thermo Scientific, Nicolet iN0, Madison, WI, EE. UU.) con un detector de telurio de mercurio cadmio (MCT).
Liu K. et al., 2019	Filtros de microfibra de vidrio Whatman GF / A (1,6 µm, 90mm)	Observación visual: <p>Microscopio estereoscópico (Leica M165 FC, Alemania) con cámara Leica DFC 450C (enumeraron)</p>	MP sospechosos: <p>Espectrómetro FTIR (Thermo Nicolet iN10, EE. UU.). Image J (versión 1.51j8) (cantidad)</p>
Syafei et al., 2019.	Filtro GF/A Whatman (porosidad de 1.6 µm, 47 mm)	Observación visual: <p>-Microscopio digital (Dino-Lite AM3113T) con un software DinoCapture 2.0.</p>	Microespectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR Thermo Fisher Scientifics Nicolet iS10).
Vianello et al. 2019	Filtros de membranas de plata cortadas de (0,8 µm, 20 mm)	<p>-Microscopio óptico (128*128 píxeles).</p> Identificación y cuantificación: <p>Microscopio Agilent 620 FTIR equipado con un detector FPA de 128 x 128 píxeles, combinado con un Cary 670 FTIR espectrómetro (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EE. UU.).</p>	FPA-µFTIR-Imaging combinado con detección automática de partículas aplicando el software MPhunter

Fuente: Elaboración propia

Se identificó que los filtros más utilizados son los filtros Whatman de vidrio, celulosa y cuarzo, con respecto al tamaño del poro estos fueron diversos, entre 5 µm - 0.2 µm, con un máximo de 20, 50 y 500 µm, y el diámetro del filtro es variable y poco indispensable, ya que en la mayoría de casos este va ser adaptado a la bomba de vacío o el equipo donde se realice la filtración y para la caracterización física se han utilizado diferentes microscopios tales como: los estereoscópico, de fluorescencia, binocular y digital, junto a un software que puede ser propio del microscopio o independiente, el cual nos permitirá fotografiar y analizar las

imágenes de la muestra. Además, se observó que para determinar la composición química del tipo de polímero de los MPs se emplearon con un 64.7% el análisis de la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier y la espectroscopía Raman con un 11.7%.

Para la detección física y química de los MPs se hicieron uso de diversos materiales y equipos, en este caso uno de ellos es la microscopia de fluorescencia, que puede detectar los MPs directamente sin un extenso proceso de preselección visual (Abbasi et al, 2017, p.8; 2019, p.156), así mismo Klein y Fischer (2019) asegura que es una herramienta valiosa, rentable y rápida para la detección (p.102); Sin embargo, Dehghany et al. (2017) menciona todo lo contrario, afirmando que este equipo es ineficaz para hallar y contar los desechos plásticos, y que poner un brillo azul usando la microscopia de fluorescencia es otra fuente de error para el hallazgo de los MPs (pp.1-5).

Finalmente, las unidades usadas para determinar la concentración de MPs, se pueden expresar de las siguientes maneras:

Tabla 16. Unidades usadas para determinar la concentración de los MP en el aire.

Métodos	Concentración	Fuente de información
Activos	Partículas / m ³ (aire)	Dris et al., 2017
		Yurtsever et al., 2018
		Abbasi et al., 2019
		Liu K. et al., 2019
		Vianello et al., 2019
		Syafei et al., 2019.
Pasivos	Partículas /m ² /día (aire)	Dris et al., 2015
		Dris et al., 2016
		Cai et al., 2017
		Zhou et al., 2017
		Allen et al., 2019
		Klein y Fischer, 2019
	Partículas / g o mg (polvo)	Abbasi et al., 2017
		Dehghani et al., 2017
		Dris et al., 2017
		Yurtsever et al., 2018
		Abbasi et al., 2019
		Liu C. et al., 2019
	Partículas /kg (hielo)	Ambrosini et al., 2019
	Partículas /litro (nieve)	Bergmann et al. 2019

Fuente: Elaboración propia

El método de muestreo se encuentra relacionado con las unidades, en un método activo se considera como unidad a la cantidad de partículas de MPs en el aire por metro cúbico y para un muestreo pasivo estas unidades pueden variar dependiendo del lugar que muestreo, por ejemplo: aire, polvo, hielo y nieve, entonces, las unidades dependen del método de muestreo a ejecutar.

Las unidades empleadas para el método activo son las mismas, esta no puede cambiar ya que se mantiene fija, por otro lado, la unidad de medida del método pasivo para polvo sedimentado, puede variar de partículas de MPs por gramo a partículas MPs por miligramo, esto va depender de una simple conversión; Asimismo la unidad del hielo puede variar de kilogramos a litros, ya que este en un momento dado llega a su punto de fusión, convirtiéndose de sólido a líquido y así poder obtener la misma unidad tanto para la muestra de nieve como para el hielo.

V. CONCLUSIONES

Estudios han demostrado la existencia de los MPs como fuentes contaminantes en la atmósfera, por ende, se profundizó en la investigación llegando a las siguientes conclusiones:

1. Se identificaron los diversos equipos, dispositivos, filtros, microscopios físicos y químicos empleados en los métodos de muestreo pasivo y activo en espacios interiores y exteriores, para el estudio de MPs presentes en el aire o en superficies donde los MPs del aire hayan logrado precipitar (polvo de la calle, nieve y hielo) gracias a la gravedad y a los parámetros meteorológicos.
2. Para la captación de los PMs se hicieron uso de dispositivos y/o activos y pasivos, el cual los muestreadores pasivos fueron los más usados por su bajo coste, fácil manejo y por la disposición que permite en el tiempo de monitoreo a diferencia de los muestreadores pasivos. Es importante el manejo del equipo de muestreo ya que se relaciona con la contaminación (Vianello et al., 2019, p.2), y se recomienda usar equipos de muestreos separados para deposición húmedas y secas (Allen et al., 2019, p.5).
3. Se manejó variedades de materiales y equipos para la detección del MP, para la captación se hizo uso de diferentes filtros con tamaño diversos; para su caracterización física: emplearon más el microscopio estereoscópico, sin embargo, en el uso del microscopio de fluorescencia hubo una controversia con la calidad del equipo, y para las características químicas: practicaron mayormente con la microespectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), cada vez son más utilizadas en la identificación de MPs y tipos de polímeros.
4. La unidad para la concentración en activos es partículas/m³ y tasa de deposición es partículas/m²/día, y la concentración pueden dividirse en partículas / g o mg para recolección de muestra del polvo, partículas /kg para hielo y partículas /litro en la nieve, todos ellos con un muestreo pasivo.

VI. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para futuras investigaciones son las siguientes:

1. Profundizar en este tipo de investigaciones, ya que las fuentes de investigación son muy escasas contando solo con 17 revisiones de trabajos previos sobre los MPs en aire e incluso se han abarcan otros campos de estudio como el polvo de la calle, la nieve y el hielo para poder complementar esta investigación.
2. Desarrollar mejoras tecnológicas para no subestimar tanto las cantidades como las fuentes de MPs que se encuentran dispersos en la atmosfera y así poder determinar la intensidad y la trascendencia de los efectos en la salud humana, así como poder estandarizar los métodos del objeto de estudio.
3. Así mismo, se recomienda en las futuras investigaciones adentrar en el estudio de la presencia de MPs en espacios exteriores e interiores; pasivo y activos; en zonas urbanas y suburbanas, y a su vez identificar la influencia del factor climático en los MPs.
4. Desarrollar la investigación científica a un ámbito geográfico mayor al utilizado en investigaciones previas, tanto a nivel nacional como internacional.

REFERENCIAS

1. [SETAC] Society of Environmental Toxicology and Chemistry. 2019. Science Brief: Plastics Pollution: A Breakdown. Pensacola (FL): SETAC. pp. 4.
2. ABBASI, S., Keshavarzi, B., Moore, F., Delshab, H., Soltani, N., & Sorooshian, A. Investigation of microrubbers, microplastics and heavy metals in street dust: a study in Bushehr city, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 2017. 76(23). 19 pp. Doi:10.1007/s12665-017-7137-0
3. ABBASI, S., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., Kelly, FJ, Domínguez, AO y Jaafarzadeh, N. Distribution and potential health impacts of microplastics and microrubbers in air and street dusts from Asaluyeh County, Iran. *Environmental Pollution*, 2019, 244, 153-164. Doi: 10.1016/j.envpol.2018.10.039
4. ALLEN, S., et al. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience*, 2019. pp. 9. Doi:10.1038 / s41561-019-0335-5
5. AMBROSINI, R., Azzoni, R. S., Pittino, F., Diolaiuti, G., Franzetti, A., & Parolini, M. First evidence of microplastic contamination in the supraglacial debris of an alpine glacier. (2019). *Environmental Pollution*. Doi: 10.1016/j.envpol.2019.07.005
6. ANDRADY, A. Weathering of polyethylene (LDPE) and enhanced photodegradable polyethylene in the marine environment. *Journal of Applied Polymer Science*, 39(2), 1990. pp.363–370. Doi: 10.1002/app.1990.070390213
7. ANDRADY, A. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 2011. pp.1596–1605. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
8. ANDRADY, A., Pegram, J., and Searle, N. 'Wavelength sensitivity of enhanced photodegradable polyethylenes, ECO, and LDPE/MX.' *Journal of Applied Polymer Science* 62(9), 1996. pp.1457-1463. Doi: 10.1002/(SICI)1097-4628(19961128)62:9<1457::AID-APP15>3.0.CO;2-W
9. ARAUJO, C., Nolasco, M., Ribeiro, A., and Ribeiro-Claro, P. Identification of microplastics using Raman spectroscopy: Latest developments and future prospects. *Water Research*, 142, 2018. pp.426–440. Doi: 10.1016/j.watres.2018.05.060
10. ARIAS, María y GIRALDO, Clara. El rigor científico en la investigación cualitativa. *Investigación y Educación en Enfermería [en línea]*. 2011, 29(3), 500-514[fecha de Consulta 3 de Julio de 2020]. ISSN: 0120-5307. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=105222406020>
11. ARTHUR, C., Baker, J. and Bamford, H. (eds). 2009. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. 2008, 49 pp. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30.
12. ATIS, S. [et al]. The respiratory effects of occupational polypropylene flock exposure. *European Respiratory Journal*, 25(1), 2005, pp. 110–117. Doi:10.1183/09031936.04.00138403
13. BALDWIN, A., Corsi, S., and Mason, S. Plastik debris in 29 Great Lakes tributaries: relations to watershed attributes and hydrology. *Environmental Science & Technology* 50, 2016. pp.10377–10385. Doi: 10.1021/acs.est.6b02917
14. BANK, M., and Hansson, S. The Plastic Cycle: A Novel and Holistic Paradigm for the Anthropocene. *Environmental Science & Technology*. 53, 2019. pp.7177-7179. Doi: 10.1021/acs.est.9b02942
15. BARNES, D., Galgani, F., Thompson, R., and Barlaz, M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2009. pp.1985–1998. Doi: 10.1098/rstb.2008.0205
16. BARROWS, A., Cathey, S. and Petersen, C. Marine environment microfiber contamination: Global patterns and the diversity of microparticle origins. *Environmental Pollution*, 237, 2018. pp. 275–284. Doi: 10.1016/j.envpol.2018.02.062
17. BERGMANN, M., Mützel, S., Primpke, S., Tekman, M. B., Trachsel, J. y Gerdt, G. White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Science Advances*, 5(8): eaax1157, 2019. 10 pp. Doi:10.1126/sciadv.aax1157
18. BROWNE, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. and Thompson, R. Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology*, 45(21), 2011. pp.9175–9179. Doi: 10.1021/es201811s
19. BROWNE, M. A., Galloway, T., and Thompson, R. Microplastic-an emerging contaminant of potential concern? *Integrated Environmental Assessment and Management*, 3(4), 2007. pp.559–561. Doi:10.1002/ieam.5630030412
20. CAI, L., Wang, J., Peng, J., Tan, Z., Zhan, Z., Tan, X., & Chen, Q. Characteristic of microplastics in the atmospheric fallout from Dongguan city, China: preliminary research and first evidence. *Environmental Science and Pollution Research*. 24(32), 2017. pp.24928–24935. Doi:10.1007/s11356-017-0116-x
21. CASTILLO, E. y VÁSQUEZ, M., El rigor metodológico en la investigación cualitativa. *Revista Colombia Médica [en línea]*. 2003, Vol. 34, No. 3, pp. 164-167 [fecha de Consulta 26 de junio de 2020]. ISSN: 0120-8322. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28334309>
22. COLE, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2011. pp.2588–2597. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.09.025
23. COOPER, D. & Corcoran, P. 'Effects of mechanical and chemical processes on the degradation of plastic beach debris on the island of Kauai, Hawaii'. *Marine Pollution Bulletin*, 60 (5). 2010. pp 650-654. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2009.12.026
24. COX, K., Covernton, G., Davies, H., Dower, J., Juanes, F., & Dudas, S. Human Consumption of Microplastics. *Environmental Science & Technology*. 53(12), 2019. pp.7068–7074. Doi: 10.1021/acs.est.9b01517
25. DAVID, J., Steinmetz, Z., Kučerík, J., & Schaumann, G. Quantitative Analysis of Poly (ethylene terephthalate) Microplastics in Soil via Thermogravimetry–Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry*. 90(15), 2018. pp.8793–8799. Doi: 10.1021/acs.analchem.8b00355

26. DEHGHANI, S., Moore, F. y Akhbarizadeh, R. Microplastic pollution in deposited urban dust, Tehran metropolis, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*. 24(25), 2017, pp. 20360–20371. Doi:10.1007/s11356-017-9674-1
27. DERRAIK, José. The Pollution of the Marine Environment by Plastic Debris: A Review. *Marine pollution bulletin*. 44. 2002, pp. 842-852. Doi: 10.1016/S0025-326X(02)00220-5.
28. DIGESA, DG d SA. Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de Datos. 2005. Recuperado de http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf
29. DRIS, R., Gasperi, J., Mirande, C., Mandin, C., Guerrouache, M., Langlois, V., & Tassin, B. A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. *Environmental Pollution*. 221: 2017. pp.453–458. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.12.013
30. DRIS, R., Gasperi, J., Rocher, V., Saad, M., Renault, N., & Tassin, B. Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. *Environmental Chemistry*, 12(5). 2015. pp. 592- 599. Doi:10.1071/en14167
31. DRIS, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C. y Tassin, B. Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment? *Marine Pollution Bulletin*, 104(1-2), 2016. pp. 290–293. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.01.006
32. FENDALL, L., & Sewell, M. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58(8), 2009. pp.1225–1228. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2009.04.025
33. FISCHER, E., Paglialonga, L., Czech, E., & Tamminga, M. Microplastic pollution in lakes and lake shoreline sediments: A case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). *Environmental Pollution*, 213, 2016. pp.648–657. Doi: 10.1016/j.envpol.2016.03.012
34. FORNI, Pablo y GRANDE, Pablo De. Triangulation and mixed methods in contemporary social sciences. *Rev. Mex. Sociol* [online]. vol.82, n.1 [citado 2020-07-01], 2020. pp.159-189. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032020000100159&lng=es&nrm=iso>. Epub 30-Jun-2020. ISSN 2594-0651. <http://dx.doi.org/10.22201/iis.01882503p.2020.1.58064>.
35. FRIES, E., Dekiff, J., Willmeyer, J., Nuelle, M., Ebert, M., & Remy, D. Identification of polymer types and additives in marine microplastic particles using pyrolysis-GC/MS and scanning electron microscopy. *Environmental Science: Processes & Impacts* 15(10), 2013. pp.1949–1956. Doi: 10.1039/c3em00214d
36. GALÁN, David. Química medioambiental. Metodología pasiva empleada para la toma de muestra de contaminantes atmosféricos. 8(2), 2013, pp.111-119. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/933/93328462008.pdf>
37. GALL, S., & Thompson, R. The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, 92(1-2),2015. pp.170–179. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.12.041
38. GASPERI, J., Wright, S., Dris, R., Collard, F., Mandin, C., Guerrouache, M., and Tassin, B. Microplastics in air: Are we breathing it in? *Current Opinion in Environmental Science & Health* 1: 2018. pp.1–5. Doi: 10.1016/j.coesh.2017.10.002
39. GESAMP. "Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment" (Kershaw, P. J., ed.). IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. Reports and Studies GESAMP No. 90, 2015. 96 pp. Doi: 10.13140/RG.2.1.3803.7925. ISSN 1020-4873
40. GEYER, R., Jambeck, J. R., & Law, K. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782, 2017. pp. 5. Doi:10.1126/sciadv.1700782
41. GREENPEACE identifica cuáles son las empresas que más microesferas de plástico utilizan en sus productos cosméticos. Greenpeace. [5 de septiembre de 2016]. Recuperado de: <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/news/2016/Septiembre/Greenpeace-identifica-cuales-son-las-empresas-que-mas-microesferas-de-plastico-utilizan-en-sus-productos-cosmeticos/>
42. GREGORY, M. Plastic "scrubbers" in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified. *Marine Pollution Bulletin*, 32(12), 1996. pp.867–871. Doi:10.1016/s0025-326x(96)00047-1
43. GUBA, E. & Lincoln, Y. (1989). Fourth generation evaluation. Newbury Park: Sage. Recuperado de https://books.google.com.pe/bookshl=es&lr=&id=k_zxEUst46UC&oi=fnd&pg=PA7&dq=Fourth+generation+evaluation.+Newbury+Park&ots=__b8pjhUFX&sig=9hW8taN7xoup1gwsXp54ab36mbg#v=onepage&q&f=false
44. HARTMANN, N., Hüffer, T., Thompson, R., Hassellöv, M., Verschoor, A., Daugaard, A., and Wagner, M. Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. *Environmental Science & Technology*, 53, 2019. pp.1039–1047. Doi: 10.1021/acs.est.8b05297
45. HERMIDA, Élida. Polímeros [en línea]. Buenos Aires: 2011 [fecha de consulta: 15 de setiembre del 2019]. Capítulo 9: Los microplásticos. Recuperado de: http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polímeros.pdf
46. HERNÁNDEZ, Roberto., Fernández, C., y Baptista, P. Metodología de la investigación (6. ° ed.). México: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, 2014. 634 pp.
47. HIDALGO-RUZ, V., Gutow, L., Thompson, R. & Thiel, M. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 2012. pp.3060–3075. Doi:10.1021/es2031505
48. HIRAI, H, Takada H, Ogata Y, Yamashita R, Mizukawa K, Saha M, Kwan C, Moore C, Gray H, Laursen D, Zettler ER, Farrington JW, Reddy CM, Peacock EE., Ward, MW. Organic micropollutants in marine plastics debris from the open ocean and remote and urban beaches. *Mar Pollut Bull* 62, 2011. pp.1683–1692. Doi: 10.1016 / j.marpolbul.2011.06.004
49. HOLMES, L., Turner, A., & Thompson, R. Adsorption of trace metals to plastic resin pellets in the marine environment. *Environmental Pollution*, 160, 2012. pp.42–48. Doi: 10.1016/j.envpol.2011.08.052
50. HR1321. Microbead-Free Waters Act of 2015, Washington, United States. 28 de diciembre de 2015. Recuperado de: <https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/1321>


51. HÜFFER, T., Praetorius, A., Wagner, S., von der Kammer, F., & Hofmann, T. Microplastic Exposure Assessment in Aquatic Environments: Learning from Similarities and Differences to Engineered Nanoparticles. *Environmental Science & Technology*, 51(5), 2017. pp.2499–2507. Doi: 10.1021/acs.est.6b04054
52. JAMBECK, J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T., Perryman, M., Andrady, A., ... Law, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 2015. pp.768–771. doi:10.1126/science.1260352
53. KLEIN, M. y Fischer, K. Microplastic abundance in atmospheric deposition within the Metropolitan area of Hamburg, Germany. *Science of The Total Environment*, 2019. pp. 96-103. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.405
54. KOLE, P., Löhr, A., Van Belleghem, F., & Ragas, A. Wear and Tear of Tyres: A Stealthy Source of Microplastics in the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 14(10), 2017. 31pp. Doi:10.3390/ijerph14101265
55. La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), Microplastics, Diving Deeper: Episode 66 [en línea]. junio de 2016. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://oceanservice.noaa.gov/podcast/june16/dd66-microplastics.html>
56. LASSEN et al. Microplastics: Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark. The Danish Environmental Protection Agency, No. 1793, 2015. 205 pp. Disponible en: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2015/10/978-87-93352-80-3.pdf> ISBN 9788793352803.
57. LEHNER, R., Weder, C., Petri-Fink, A. y Rothen-Rutishauser, B. Emergence of nanoplastic in the environment and possible impact on human health. *Environmental Science & Technology*. 53 (4), 2019. pp. 1748-1765. Doi: 10.1021/acs.est.8b05512
58. Ley n° 30884. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 19 de diciembre de 2018. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-que-regula-plastico-un-solo-uso-recipientes-envases-descartables>
59. LITNER, D., Larsson, Å. y Dave, G. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of The Total Environment*, 409(18), 2011. pp. 3309–3324. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.04.038
60. LIU, C. et al. Widespread distribution of PET and PC microplastics in dust in urban China and their estimated human exposure. *Environment International*, 128, 2019. pp. 116–124. Doi: 10.1016 /j.envint.2019.04.024
61. LIU, K et al. Source and potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai. *Science of The Total Environment*. 2019. pp. 462–471. Doi: 10.1016 /j.scitotenv.2019.04.110
62. LUSHER, A; Hollman, P y Mendoza-Hill, J. Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 615. Rome, Italy. 2017. pp. 127. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i7677e.pdf>
63. MANRIQUE, Rubén. Microplásticos sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque. Tesis (Magister en química). Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019. 103 pp. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15030>
64. MARÍN, A., Hernández, E y Flores, J., Metodología para el análisis de datos cualitativos en investigaciones orientadas al aprovechamiento de fuentes renovables de energía. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, vol. 1, no 1, 2016. pp. 60-75. ISSN: 2542-3088
65. MATO, Y. et al. Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment. *Environmental Science & Technology*, 35 (2), 2001. pp. 318–324. Doi: 10.1021/es0010498
66. MENDOZA, C., Aire, C., y Dávila, P. Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido. vol.3 (2), 2011. pp. 35-47. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ccid/v2n2/v2n2a3.pdf>
67. Mertens, D. M. (2010). Transformative Mixed Methods Research. *Qualitative Inquiry*, 16(6), 469–474. <https://doi.org/10.1177/1077800410364612>
68. MICROPLÁSTICOS: causas, efectos y soluciones [en línea]. Parlamento Europeo. 22 de noviembre de 2018. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20181116STO19217/microplasticos-causas-efectos-y-soluciones>
69. MINISTERIO del Ambiente. Comisión de Economía del Congreso aprueba dictamen sobre regulación y reducción del plástico de un solo uso en el país. Lima: MINAM, 2018. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-N%C2%B0-181-2016-MINAM.pdf>
70. MINISTERIO del Ambiente. Gobierno promulga ley que regula el plástico de un solo uso y envases descartables a nivel nacional. Lima: MINAM, 2018. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/23800-gobierno-promulga-ley-que-regula-el-plastico-de-un-solo-uso-y-envases-descartables-a-nivel-naciona>
71. MUTHUKUMAR, T. et al. Fouling and stability of polymers and composites in marine environment. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65(2), 2011. pp. 276–284. Doi: 10.1016/j.ibiod.2010.11.012
72. NOREÑA et al. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. *Aquichan*, vol. 12, no 3, 2012. pp. 263-274.
73. OBBARD, R. et al. Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future*, 2(6), 2014, pp. 315–320. Doi: 10.1002/2014ef000240
74. OGATA, Y. et al. International pellet watch: global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs. *Mar Pollution Bull* 58: 2009. pp. 1437–1446. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2009.06.014
75. OKUDA, M y Gómez, C. Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría* [en línea]. 2005, pp. 118-124 [fecha de Consulta 1 de Julio de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80628403009> ISSN: 0034-7450

76. ORELLANA, D., Sánchez, M. Técnicas de recolección de datos en entornos virtuales más usadas en la investigación cualitativa. *Revista de Investigación Educativa*, Vol. 24, n.º 1, 2006. pp. 205-222.
77. ORGANIZACIÓN Mundial de Salud. Guías para la calidad del aire. OPS/CEPIS/PUB/04.110. Lima, 2004. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/guiasaire.pdf>
78. ORGANIZACIÓN Mundial de Salud. La OMS anima a investigar sobre los microplásticos y a reducir drásticamente la contaminación por plásticos, 22 de agosto de 2019. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/detail/22-08-2019-who-calls-for-more-research-into-microplastics-and-a-crackdown-on-plastic-pollution>
79. PLASTICSEUROPE. *Plastics – the Facts 2016: An analysis of European plastics production, demand and waste data*, 2016. 37 pp. Disponible en: <https://www.plasticseurope.org/application/files/4315/1310/4805/plastic-the-fact-2016.pdf>
80. PRATA, J. Airborne microplastics: Consequences to human health? *Environmental Pollution*, 234, 2018. pp. 115–126. Doi: 10.1016/j.envpol.2017.11.043
81. PROTOCOLO nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire, noviembre 2019, MINAM, 101 pp.
82. QAYYUM, M. y White, J. Effect of stabilizers on failure mechanisms in weathered polypropylene. *Polymer Degradation and Stability*, 41 (2), 1993. pp. 163–172. Doi:10.1016/0141-3910(93)90039-l
83. RAVIT, B. et al. Microplastics in urban New Jersey freshwaters: distribution, chemical identification, and biological effects. *AIMS Environmental Science* 4 (6), 2017. pp. 809–826. Doi.org/10.3934/environsci.2017.6.809
84. RILLIG, Matthias. Microplastic in Terrestrial Ecosystems and the Soil? *Environmental Science & Technology*, 46 (12), 2012, pp. 6453–6454. Doi: 10.1021/es302011r
85. RIOS, L., Moore, C., y Jones, P. Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. *Marine Pollution Bulletin*, 54 (8), 2007. pp. 1230–1237. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2007.03.022
86. ROCHA-SANTOS, T., y Duarte, A. A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 65: 2015. pp. 47–53. Doi: 10.1016/j.trac.2014.10.01
87. ROCHMAN C. et al. Rethinking Microplastics as a Diverse Contaminant Suite. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38 (4), 2019. pp. 703–711. Doi: 10.1002/etc.4371
88. ROCHMAN, C. M., Browne, M. A., Halpern, B. S., Hentschel, B. T., Hoh, E., et al. Policy: Classify plastic waste as hazardous. *Nature*, 494 (7436), 2013. pp. 169–171. Doi:10.1038/494169a
89. ROCHMAN, C., Hentschel, B. y Teh, S. Long-Term Sorption of Metals Is Similar among Plastic Types: Implications for Plastic Debris in Aquatic Environments. *PLOS ONE*, 9 (1), 2014. pp. 85433–85443. Doi: 10.1371/journal.pone.0085433
90. RODRIGUES, M. et al. Effectiveness of a methodology of microplastics isolation for environmental monitoring in freshwater systems. *Ecological Indicators*, 89, 2018, pp. 488–495. Doi: 10.1016/j.ecolind.2018.02.038
91. SCHWABL, P., Liebmann, B., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsecs, T. and Reiberger, T. (2018). Assessment of microplastic concentrations in human stool - Preliminary results of a prospective study, Presented at UEG Week 2018 Vienna, October 24, 2018.
92. SISTEMA Nacional de información Ambiental. Ley N° 30884 regula consumo de bienes de plástico de un solo uso que generan riesgo para la salud pública y/o el ambiente. Lima: MINAM, 2019. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/ley-ndeg-30884-regula-consumo-bienes-plastico-un-solo-uso-que-generan>
93. SMITH, M., Love, D., Rochman, C. y Neff, R. Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Current Environmental Health Reports*, 2018. Doi:10.1007/s40572-018-0206-z
94. SYAFEI, A; Nurasrin, N; Assomadi, A; & Boedisantoso R. Microplastic Pollution in the Ambient Air of Surabaya, Indonesia. *Current World Environment*. 14(2), 2019. pp. 290-298. Doi: 10.12944/CWE.14.2.13
95. TÉLLEZ, Alejandra. La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá. Tesis (Magister en Medio Ambiente y Desarrollo). Colombia: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales-IDEA, 2012, 110 pp. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7080/1/905077.2012.pdf>
96. THOMPSON, R. Lost at Sea: ¿Where Is All the Plastic? *Science*, 304(5672), 2004. pp. 838–838. Doi: 10.1126/science.1094559
97. THOMPSON, R., Swan, S., MOORE, C. y VOM SAAL, F. Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2009, pp. 1973–1976. Doi: 10.1098/rstb.2009.0054
98. THORPE, A. y Harrison, R. Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: A review. *Science of The Total Environment*, 400 (1-3), 2008, pp. 270–282. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.06.007
99. TURNER, A. y Holmes, L. Adsorption of trace metals by microplastic pellets in fresh water. *Environmental Chemistry*, 12 (5), 2015. pp. 600-610. Doi: 10.1071/en14143
100. VALDERRAMA, S. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. Lima Perú. Editorial: San Marcos E.I.R.L. 2013.
101. VIANELLO, A., Jensen, R., Liu, L., and Vollertsen, J. Simulating human exposure to indoor airborne microplastics using a Breathing Thermal Manikin. *Scientific Reports*, 9 (1). 2019. 11 pp. Doi: 10.1038/s41598-019-45054-
102. WARING, R., Harris, R. y Mitchell, S. Plastic contamination of the food chain: A threat to human health? *Maturitas*, 115, 2018. pp. 64–68. Doi: 10.1016/j.maturitas.2018.06.010
103. WRIGHT, S. y Kelly, F. Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environmental Science & Technology*, 51 (12), 2017. pp. 6634–6647. Doi: 10.1021/acs.est.7b00423
104. WRIGHT, S., Thompson, R. y Galloway, T. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 2013, pp. 483–492. Doi: 10.1016/j.envpol.2013.02.031
105. XUE, B. et al. Underestimated Microplastic Pollution Derived from Fishery Activities and “Hidden” in Deep Sediment. *Environmental Science & Technology*, 2020, 54 (4), pp. 2210-2217. Doi: 10.1021/acs.est.9b04850
106. YAKIMETS, I., Lai, D. y Guigon, M. Effect of photo-oxidation cracks on behaviour of thick polypropylene samples. *Polymer Degradation and Stability*, 86 (1), 2004. pp. 59–67. Doi: 10.1016/j.polymdgradstab.2004.01.013

107. YUTSEVER, M., Kaya, A., y Bayraktar, S. A Research on Microplastic Presence in Outdoor Air. Proceedings of the International Conference on Microplastic Pollution in the Mediterranean Sea, Springer Water. Springer, Cham. 2017. pp. 89–97. Doi: 10.1007/978-3-319-71279-6_13
108. ZENNER, I. y Peña, F. Plásticos en la agricultura: beneficio y costo ambiental: Una revisión. Bogotá, vol.16, n.1, 2013. pp. 139 - 150, Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262013000100017 ISN: 0123-4226
109. ZHANG, Y., Kang, S., Allen, S., Allen, D., Gao, T., & Sillanpää, M. Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives. *Earth-Science Reviews*, 2019. 33 pp. Doi: 10.1016/j.earscirev.2020.103118
110. ZHAO, S. et al. Below-cloud scavenging of aerosol particles by precipitation in a typical valley city, northwestern China. *Atmospheric Environment*, 102: 2015, pp. 70–78. Doi: 10.1016/j.atmosenv.2014.11.051
111. ZHOU, Q., Tian, C. y Luo, Y. Various forms and deposition fluxes of microplastics identified in the coastal urban atmosphere (in Chinese). *Chinese Science Bulletin*, 62: 2017. pp. 3902–3909, Doi: 10.1360/N972017-00956

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de recolección de datos

	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS				RTP - 01 - 2020
					Página 1 de 1
					Hoja 1 de 1
NÚMERO DE FICHA:		FECHA:			
DATOS GENERALES DEL INVESTIGADOR:					
APELLIDOS Y NOMBRES:					
CARGO:					
DATOS GENERALES DE LA FUENTE BIBLIOGRÁFICA:					
NOMBRE DEL ARTÍCULO:					
NOMBRE DE LA REV./EDIT.:					
TIPO DE FUENTE:					
INDEXACIÓN:					
AUTOR (ES):					
ESCENARIO DE ESTUDIO:					
MÉTODO DE MEDICIÓN:	ACTIVO		PASIVO		
MARCO TEÓRICO					
Parámetros Meteorológicos vs cantidad de MP	Características				
	Física				Química
	Forma	Tamaño	Color		
METODOLOGÍA DE MUESTREO					
MUESTREO				MUESTRA	
Tiempo	Frecuencia de recolección	Características del dispositivo/equipo	Ensamblaje del dispositivo/equipo	Nº	Tratamiento
METODOLOGÍAS Y RESULTADOS					
Detección	Concentración	Características			
		Física			Química
		Forma	Tamaño	Color	