

DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN AGUA LLUVIA EN LA UPZ 99 (CHAPINERO) BOGOTÁ, COLOMBIA

DETERMINATION OF THE PRESENCE OF MICROPLASTICS IN RAINWATER IN UPZ 99 (CHAPINERO) BOGOTA, COLOMBIA

Daniela Almeciga Venegas

Universidad Santo Tomas, Bogotá D.C, Facultad de Ingeniera Ambiental

ABSTRACT

The locality of Chapinero, called Unidad Zonal 99, is located in the centre of the urban area of Bogotá. This article focuses on the identification of microplastics (MPs), specifically in rain water, this with the help of conventional equipment such as the Pluviometer and specialized laboratory materials, thus achieving the identification by stereoscopy, also evaluated the amount of concentration of (MPs) in each of the five (5) points or monitoring stations, thus determining which has higher or lower concentration of MPs and thus to conclude which station is more exposed to contamination of microplastics in the town of Chapinero.

Keywords: Microplásticos, Rain water, Air, Chapinero.

RESUMEN

La localidad de chapinero denominada Unidad Zonal 99, se encuentra ubicada en el centro del área urbana de Bogotá. El presente artículo se enfoco en la identificación de microplásticos (MPs), específicamente en el agua pluvial, esto con la ayuda de equipos convencionales como lo fue el pluviómetro y materiales especializados del laboratorio, logrando así la identificación por medio de estereoscopia, además se evaluó la cantidad de concentración de (MPs) en cada uno de los Cinco (5) puntos o estaciones de monitoreo, logrando así determinar cual tiene mayor o menor concentración de MPs y así poder concluir que estación esta más expuesta a la contaminación de microplásticos en la localidad de Chapinero.

Palabras clave: Microplásticos (MPs), Agua lluvia, Aire, Chapinero.

1. INTRODUCCIÓN

Un mundo sin plásticos o polímeros orgánicos sintéticos parece inimaginable hoy en día, pero su producción y uso a gran escala sólo se remonta a 1950. Aunque los primeros plásticos sintéticos, aparecieron a principios del siglo XX. El consiguiente rápido crecimiento de la producción de plásticos es extraordinario y supera a la mayoría de los demás materiales fabricados por el hombre. (Geyer et al., 2017). Los microplásticos, son fragmentos de cualquier tipo de plástico que hoy en día se producen como residuos plásticos provenientes de actividades antropogénicas. Estos microplásticos se vierten al medio ambiente y regresan al cuerpo humano por diferentes medios. (Kye et al., 2023). Sin embargo, estas mismas propiedades hacen que la mayor parte del plástico sea recalcitrante a la biodegradación, lo que resulta en su acumulación, en lugar de su descomposición, en vertederos y ecosistemas, siendo más representativo en los océanos y costas (Barnes et al., 2009).

Antes del año 2000, la atención se centraba en la biodegradabilidad de compuestos poliméricos sintéticos como bolsas de plástico y pañales desechables. En ese momento, los plásticos estaban principalmente relacionados con la emisión y eliminación de desechos, así como con el hecho de que los plásticos tardan décadas o incluso cientos de años en descomponerse (Kye et al., 2023). En 2004, se publicó en Science que estudios habían informado de un aumento de plásticos microscópicos en el océano. (Kye et al., 2023). Posteriormente se incrementó el interés por las consecuencias de la acumulación de plástico en la naturaleza; no sólo en el medio marino sino también en diversos medios ambientales como el aire, el suelo y el agua dulce. Así como por factores ambientales como el entorno, las corrientes y las condiciones climáticas (Nie et al., 2019). Cabe resaltar que los desagües de agua de lluvia son una fuente importante de microplásticos que ingresan al océano (Ory et al., 2020). La concentración de microplásticos aumenta rápidamente y las precipitaciones también afectan a la composición de los microplásticos. Un estudio realizado en el Reino Unido en la región de Trent encontró que el 22% de las partículas detectadas en las aguas pluviales consistían en partículas de desgaste de neumáticos y carreteras (Grbić et al., 2020). Las precipitaciones son un fuerte vector de transporte de microplásticos distribuidos en la tierra, el agua y los medios ambientales. Los microplásticos (**MPs**) al ser un material de fácil transporte por su bajo peso y densidad, no se encuentran en las zonas donde se generan si no que se acumulan en los lugares hacia dónde van los vientos y cuando se presentan mayores precipitaciones.

Otro estudio realizado en Corea, encontró que entre el 70% y el 80% de la carga anual de microplásticos se mueve durante la temporada de lluvias y el 92% de los microplásticos se mueven a través de la columna de agua (Eo et al., 2019). Si bien, cada país logra implementar sistemas de tratamiento para los residuos en general, su capacidad para lograr un tratamiento y disposición final de residuos de manera adecuada es todavía muy desigual en países desarrollados versus países en desarrollo. Lamentablemente las consecuencias de esa desigualdad en el manejo de residuos, representa altos costos para la sociedad, el medio ambiente y para la economía, por lo tanto, se hace importante reforzar desde el ámbito internacional y nacional, las regulaciones para su implementación en los países menos adelantados (Powell et al., 2018).

Este estudio es uno de los pocos que se han realizado a baja escala en la localidad de Bogotá lo cual evidencia la falta de fuentes bibliograficas en este tema tan importante y fundamental para la contaminación del medio ambiente de Bogotá, cabe resaltar que sean realizado estudios de microplásticos MPs pero en las costas del mar caribe y el pacifico colombiano pero en mayor escala o magnitud.

2. Materiales y métodos

El presente estudio se desarrolló, en la localidad de Chapinero denominada unidad zonal UPZ (99), ubicada en el nororiente de Bogotá, específicamente en el centro del área urbana. Su altura va de los 2.600 a los 3.500 msnm, tiene un clima frío subhúmedo y la temperatura promedio anual es de 14,2 °C. (Alcaldía Local de Chapinero et al., 2017). La cual cuenta con una gran variedad de comercio ya que en la zona existen grandes entidades de servicios, además, se encuentran diferentes universidades y entidades de salud, las cuales son importantes para que sea recorrida por personas de cualquier edad y con diferentes condiciones de salud, hay que mencionar, que los vientos de Bogotá se dirigen mayormente hacia la zona noreste, siendo un factor importante, debido a que los microplásticos (**MPs**) al ser un material de fácil transporte por su bajo peso y densidad, no se encuentran en las zonas donde se generan si no que se acumulan en los lugares hacia dónde van los vientos y cuando se presentan mayores precipitaciones.

De acuerdo con la situación ambiental en la localidad de Chapinero según estudios realizados por el DANE y la UESP sobre el reciclaje en Bogotá, la UPZ 99 es una de las más críticas, pues alberga una problemática tan diversa como es la producción diaria de residuos, esto está directamente relacionado con el crecimiento demográfico de la localidad. (Latorre et al., 2004)

Es importante mencionar que no se han constatado protocolos para el análisis de microplásticos (**MPs**) en el ambiente, y las estrategias existentes se han enfocado en los entornos marinos, por lo tanto, en base a una revisión de métodos disponibles en la literatura adoptamos procedimientos para evaluar la presencia de (**MPs**) que son aerotransportados por la precipitación atmosférica.

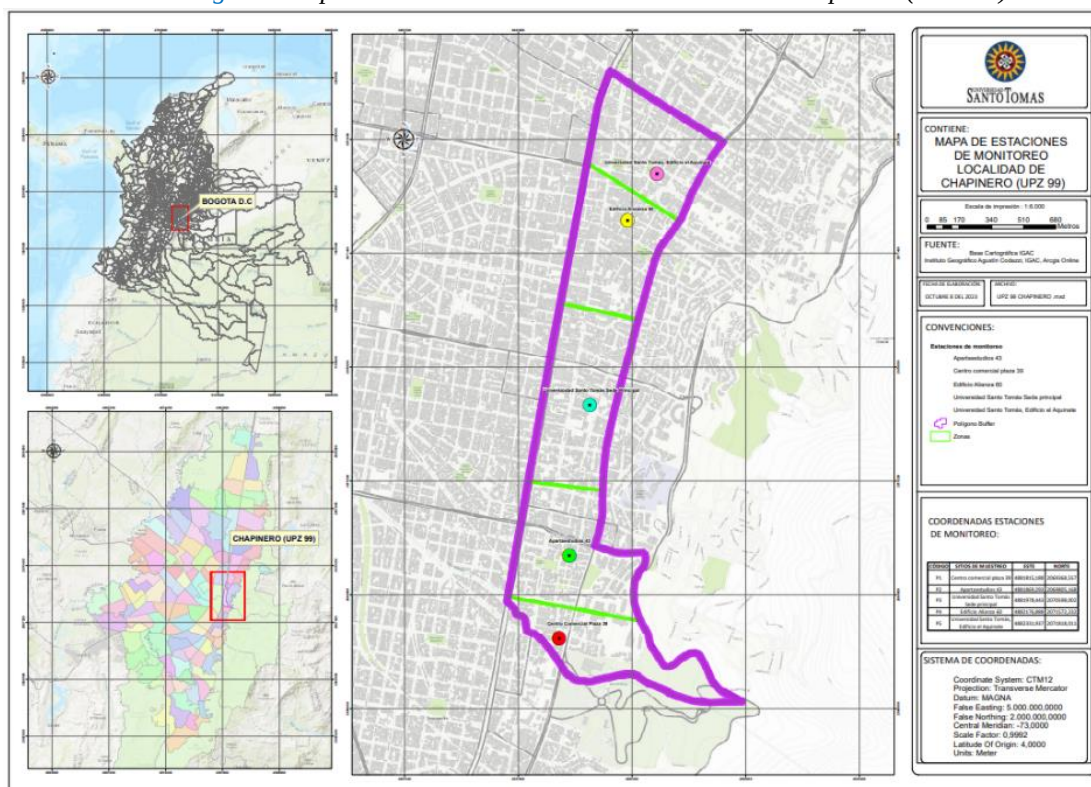
Otro factor esencial que afecta negativamente a la concentración de microplásticos es la contaminación del aire. Por medio de una metodología observacional y experimental, nos enfocamos en lo establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA), los programas de muestreo ambiental y métodos analíticos.

2.1. Área seleccionada

El muestreo se desarrolló en la UPZ (99), Localidad de Chapinero en la ciudad de Bogotá, inicialmente en función de la rosa de los vientos y la velocidad de estos, para así determinar la selección de los puntos de monitoreo, donde se seleccionaron cinco (5) puntos, como se

muestra en la [Imagen 1](#). La zona de muestreo se determinó mediante la herramienta computacional ArcGIS, desde la cual se dividió la UPZ en dos a partir de sus extremos verticales, estableciendo las estaciones aleatoriamente en cada polígono un centroide que genere un buffer para la selección apropiada de las edificaciones. El periodo de muestreo se llevó a cabo durante tres (3) meses, donde en cada uno de los puntos se realizó la recolección de agua pluvial resultante de las lluvias en el periodo de octubre del 2022 y enero del 2023. Al mismo tiempo se tuvo en cuenta que el muestreo cumplieran los factores propuestos por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y el protocolo de vigilancia y calidad de aire (IDEAM, 2010).

Imagen 1. Mapa de estaciones de monitoreo localidad de chapinero (UPZ 99).



Fuente. Elaboración en el programa ArcGIS.

Los puntos se organizaron de sur a norte de la siguiente manera:

P1: Centro Comercial Plaza 39 (Dg, 40ª #7-40)

P2: Edificio Apartaestudios de la 43 (Cra 8 # 43-38)

P3: Universidad Santo Tomás (Sede Principal Cra 9 #51-11)

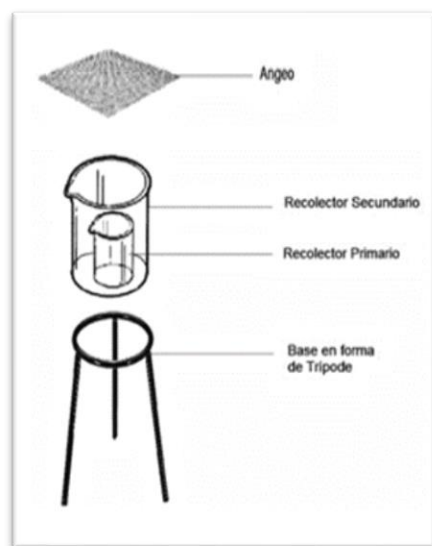
P4: Edificio Alianza 60 (Cra 9 #60-52)

P5: Universidad Santo Tomás (Edificio El Aquinate Cra 9 #63-28)

2.2 Estaciones Pluviales

Para cada una de las estaciones se construyó un pluviómetro similar al de una estación climatológica convencional (imagen 2) donde consta de las siguientes partes: Una base en forma de trípode, un angeo inoxidable de metal, un recipiente de vidrio en forma cilíndrica la cual es el recolector primario y un recipiente plástico como recolector secundario, como se muestra en la (Imagen 3).

Imagen 2. Montaje de las estaciones pluviales.



Fuente. (Álvarez et al., 2016)

El pluviómetro mide la cantidad de lluvia que ha caído en cada una de las estaciones, donde se obtuvo información relacionada con los periodos de lluvia continuos con y sin lluvia, así como el total de lluvia diaria, semanal y mensual. (Olivares et al., 2016).

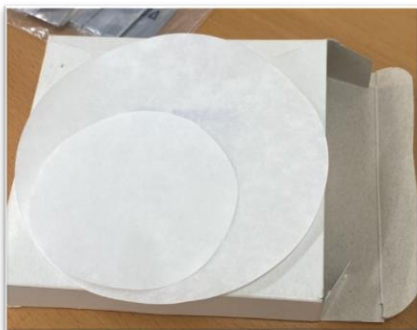
Imagen 3. Estación pluvial en la zona de muestreo.



Fuente. Fotografía tomada por los autores.

2.3 Recolección de muestras

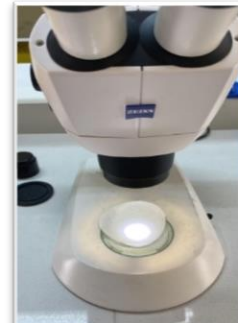
Para la recolección de cada una de las muestras, se realizó respectivamente en un frasco de vidrio ámbar, debidamente rotulado, identificando el punto de muestreo (Estación), el día, la hora y el nombre del recolector. Los frascos ámbar son especialmente empleados para este tipo de estudios ya que no alteran las características de la muestra. (ENVIDRIO, s.f.) Posteriormente a la recolección de las muestras, se llevan al laboratorio para ser respectivamente analizadas, donde inicialmente se mide el volumen en una probeta de 1000/10ml; para luego realizar la filtración de membrana al vacío, Cabe mencionar que para cada una de las filtraciones se usaron filtros de fibra de cuarzo de 65 g/m² y 125mm de diámetro (Ver foto), donde el peso y el diámetro del filtro cambio ya que se tuvo que adecuar al tamaño de la bomba de succión de este (Ver foto).



Fuente. Fotografía tomada por los autores.

Las muestras recolectadas en cada uno de los puntos se mantuvieron debidamente acondicionadas a temperatura ambiente, con el fin de eliminar la humedad en un periodo de

cuarenta y ocho (48) horas, luego del secado se utilizó una balanza electrónica para pesar cada filtro teniendo en cuenta que debían estar debidamente rotulados con el punto de cada estación y la fecha en que se recolectó la muestra, para después ser analizadas debidamente en el laboratorio mediante estereoscopía.



Fuente. Fotografía tomada por los autores.

2.4 Identificación de Microplásticos (MPs)

Al identificar cada uno de los filtros por medio de estereoscopia binocular, se pudo observar que si había presencia de microplásticos MPs, donde se analizaron 15 muestras por estación para un total de 75 filtros, cabe resaltar que los MPs encontrados fueron fibras de las cuales algunas presentaban colores (rojo –azul y violeta).

3. Análisis estadístico

Para el análisis inicialmente se realizó en Excel el cálculo de las concentraciones como se muestra en las (Tablas 1,2,3). Como herramienta de análisis estadístico se utilizó el software XLSTAT, donde se determinó un método descriptivo que se expresó como la media y la desviación de los datos (Tabla 4,5,6), además se realizó el método de varianza para el conjunto de datos por muestras. En la (Tabla 7,8,9) se determinó por cada una de los puntos o estaciones. Dentro del programa de XLSTAT se manejó la normalidad del conjunto de datos mediante la Prueba de Levene y la Prueba de Bartlett.

De acuerdo al tamaño de las muestras seleccionada por la prueba de Levene se pone a prueba la hipótesis nula de que las varianzas poblacionales son iguales (llamado homogeneidad de varianza ú homocedasticidad). Si el P-valor resultante de la prueba de Levene es inferior a un cierto nivel de significación (típicamente 0.05), es poco probable que las diferencias obtenidas en las variaciones de la muestra se hayan producido sobre la base de un muestreo aleatorio de una población con varianzas iguales. Por lo tanto, la hipótesis nula de igualdad de varianzas se rechaza y se concluye que hay una diferencia entre las variaciones en la población|. (Levene, Howard 1960).

Tabla 1. Concentración (Peso (g)/Volumen(ml))

Concentración (Peso (g)-Volumen (ml))					
FECHAS	Concentración (peso-Vol)				
	PUNTOS				
	1	2	3	4	5
22/10/2022	0,000125	0,000076	0,00003	0,000099	0,000054
24/10/2022	0,000139	0,00025	0,000165	0,000051	0,000271
26/10/2022	0,000153	0,000098	0,000162	0,000148	0,000116
27/10/2022	0,000852	0,000909	0,000986	0,000314	0,000809
2/11/2022	0,000583	0,000824	0,000791	0,000398	0,000435
8/11/2022	0,000082	0,000014	0,000021	0,000129	0,000072
12/11/2022	0,000205	0,000101	0,000176	0,000086	0,000046
17/11/2022	0,000017	0,000071	0,000064	0,000179	0,000057
18/11/2022	0,000132	0,000144	0,000096	0,000105	0,00011
19/11/2022	0,000073	0,000201	0,000095	0,000109	0,000214
29/11/2022	0,000103	0,000092	0,000094	0,000123	0,000065
30/11/2022	0,000093	0,000076	0,000095	0,000176	0,000234
7/12/2022	0,000093	0,0001	0,000055	-0,000007	0,000046
13/12/2022	0,000305	0,000263	0,00025	0,000227	0,00026
16/01/2023	0,000095	0,000073	0,000176	0,000295	0,000273

Fuente. Elaboración propia (Excel).

Tabla 2. Concentración (N°Fibras / Volumen (ml))

Concentración (N° Fibras -Volumen (ml))					
FECHAS	Concentración (N° fibras-Vol (ml))				
	PUNTOS				
	1	2	3	4	5
22/10/2022	0,026	0,032	0,012	0,017	0,022
24/10/2022	0,027	0,067	0,024	0,05	0,048
26/10/2022	0,013	0,024	0,023	0,019	0,037
27/10/2022	0,159	0,333	0,16	0,029	0,094
2/11/2022	0,117	0,273	0,152	0,104	0,074
8/11/2022	0,053	0,078	0,115	0,026	0,025
12/11/2022	0,045	0,033	0,071	0,02	0,023
17/11/2022	0,041	0,017	0,02	0,035	0,028
18/11/2022	0,046	0,019	0,029	0,014	0,007
19/11/2022	0,069	0,036	0,044	0,052	0,046
29/11/2022	0,043	0,026	0,018	0,093	0,02
30/11/2022	0,033	0,04	0,036	0,056	0,058
7/12/2022	0,012	0,025	0,023	0,025	0,007
13/12/2022	0,052	0,042	0,034	0,073	0,058

16/01/2023	0,019	0,043	0,023	0,011	0,03
------------	-------	-------	-------	-------	------

Fuente. Elaboración propia (Excel).

Tabla 3. Concentración (N° Fibras / Solidos T)

Concentración (N°Fibra – Solidos Totales)					
FECHAS	Concentración (N° fibras – sol T(mg/L))				
	PUNTOS				
	1	2	3	4	5
22/10/2022	0,004838	0,002360	0,002420	0,005750	0,002478
24/10/2022	0,005083	0,003743	0,006920	0,001022	0,005690
26/10/2022	0,012225	0,004025	0,006957	0,007720	0,003155
27/10/2022	0,005357	0,002727	0,006163	0,010766	0,008633
2/11/2022	0,005000	0,003022	0,005200	0,003820	0,005875
8/11/2022	0,001560	0,000179	0,000183	0,004920	0,002880
12/11/2022	0,004546	0,003114	0,002467	0,004275	0,002020
17/11/2022	0,000414	0,004260	0,003217	0,005045	0,002022
18/11/2022	0,002881	0,007683	0,003293	0,007683	0,015367
19/11/2022	0,001050	0,005578	0,002155	0,002092	0,004673
29/11/2022	0,002418	0,003514	0,005260	0,001314	0,003240
30/11/2022	0,002800	0,001913	0,002644	0,003170	0,004036
7/12/2022	0,008033	0,003986	0,002367	-0,000271	0,006500
13/12/2022	0,005850	0,006300	0,007375	0,003122	0,004500
16/01/2023	0,005030	0,001700	0,007800	0,026550	0,009100

Fuente. Elaboración propia (Excel).

3.1 Estadísticos Descriptivos

Tabla 4. Análisis estadístico concentración (Peso (g)/Volumen (ml))

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Peso/Volumen	75	0	75	0,000	0,001	0,000	0,000

Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT).

Tabla 5. Análisis estadístico concentración (N°Fibras /Volumen (ml))

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Fibra/Volumen	75	0	75	0,007	0,333	0,051	0,054

Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT).

Tabla 6. Análisis estadístico concentración (NºFibras /Sólidos T(mg/L))

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Fibra/Sólido	75	0	75	0,000	0,027	0,005	0,004

Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT).

3.2 Estadísticos Descriptivos Por Puntos o Estaciones

Tabla 7. Análisis estadístico concentración por puntos (Peso (g) /Volumen (ml))

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Peso/Volumen PUNTOS-1	15	0	15	0,000	0,001	0,000	0,000
Peso/Volumen PUNTOS-2	15	0	15	0,000	0,001	0,000	0,000
Peso/Volumen PUNTOS-3	15	0	15	0,000	0,001	0,000	0,000
Peso/Volumen PUNTOS-4	15	0	15	0,000	0,000	0,000	0,000
Peso/Volumen PUNTOS-5	15	0	15	0,000	0,001	0,000	0,000

Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT).

Tabla 8. Análisis estadístico concentración por puntos (NºFibras /Volumen (ml))

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Fibra/Volumen PUNTOS-1	15	0	15	0,012	0,159	0,050	0,040
Fibra/Volumen PUNTOS-2	15	0	15	0,017	0,333	0,073	0,096
Fibra/Volumen PUNTOS-3	15	0	15	0,012	0,160	0,052	0,049
Fibra/Volumen PUNTOS-4	15	0	15	0,011	0,104	0,042	0,029

Fibra/Volumen PUNTOS-5	15	0	15	0,007	0,094	0,038	0,025
--------------------------	----	---	----	-------	-------	-------	-------

Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT).

Tabla 9. Análisis estadístico concentración por puntos (N° Fibras /Sólidos T(mg/ L))

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Fibra/Sólido PUNTOS-1	15	0	15	0,000	0,012	0,004	0,003
Fibra/Sólido PUNTOS-2	15	0	15	0,000	0,008	0,004	0,002
Fibra/Sólido PUNTOS-3	15	0	15	0,000	0,008	0,004	0,002
Fibra/Sólido PUNTOS-4	15	0	15	0,000	0,027	0,006	0,006
Fibra/Sólido PUNTOS-5	15	0	15	0,002	0,015	0,005	0,004

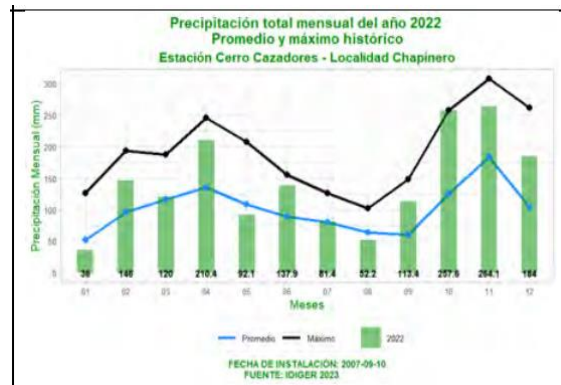
Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presencia de Microplásticos (MPs)

En cada uno de los cinco puntos o estaciones de monitoreo se evidenciaron microfibras en las muestras analizadas, para un total de 598 fibras de microplásticos, se puede decir que en todos los filtros analizadas se encuentre como mínimo una microfibra como menor número de microplásticos y como mayor número de microfibras 29 en una de las muestras. Esto afirma que el agua lluvia juega un papel fundamental en el transporte de MPs al ser un material de bajo peso y densidad, se desplaza con facilidad hacia dónde van los vientos y cuando se presentan gran variedad de precipitaciones. De acuerdo con el plan de acción de temporada de lluvias y el instituto distrital de gestión de riesgos y cambio climático del año 2022, donde se evidencia el comportamiento de las lluvias de acuerdo con la estación en la localidad de chapinero de la red hidrometeorológica del IDIGER, como se muestra en la (Grafica) comparando las precipitaciones mensuales promedio, máximas y lo registrado en el año 2022, en las cuales se evidencia que el mes más lluvioso fue octubre. Varias estaciones superaron sus valores máximos históricos en más de un mes al año lo que se ajusta y es coherente a la influencia de La Niña presentada a largo del año. (IDIGER, 2022)

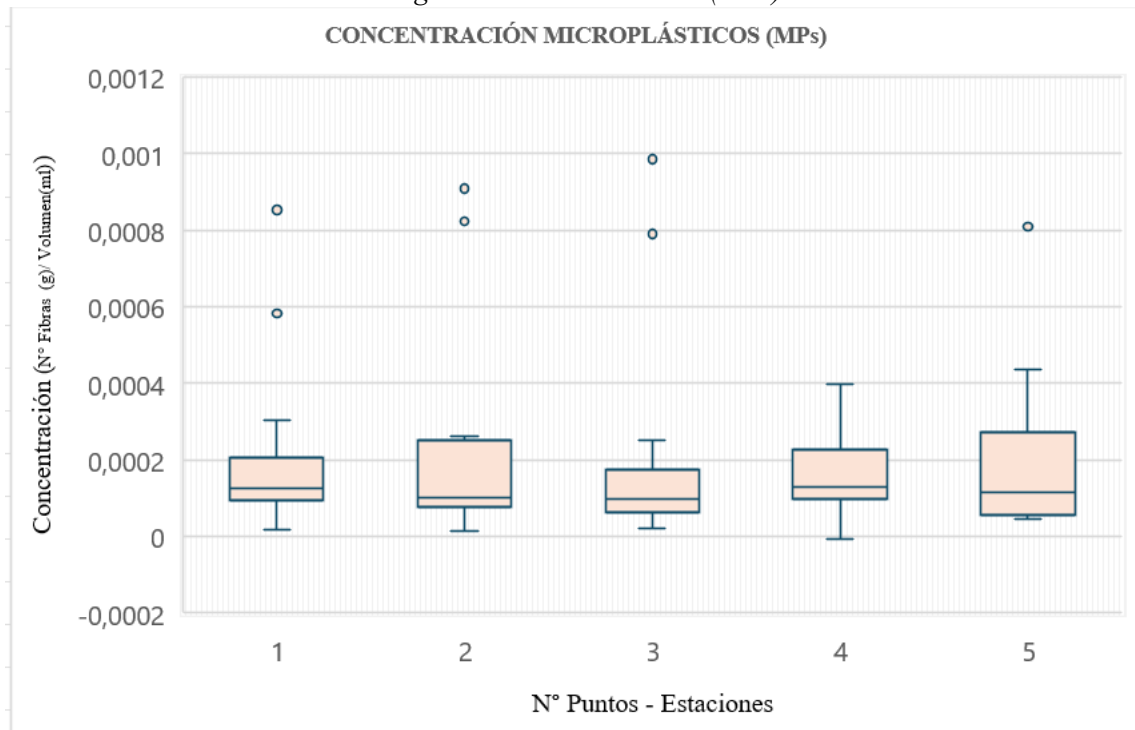
Ilustración1. Precipitación total mensual del año 2022(Localidad Chapinero)



(IDIGER, 2022)

4.2 Concentración de microplásticos (MPs)

Diagrama 1. Concentración (MPs)

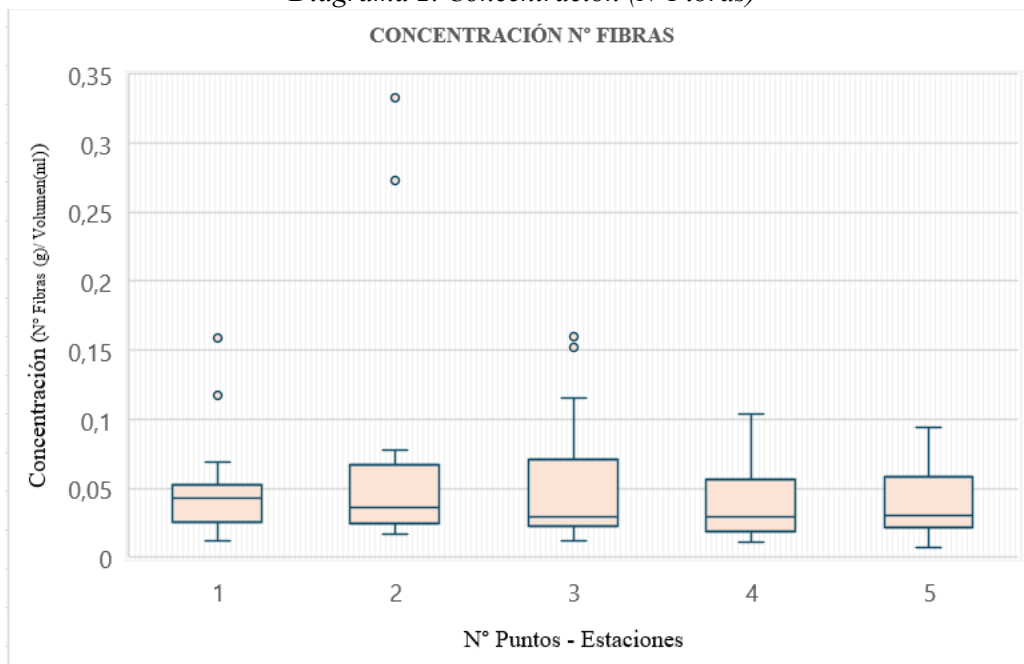


Fuente. Elaboración propia (Cajas-Bigotes (BoxPlots)).

Las concentraciones de MPs como se interpreta en el diagrama de caja-bigotes (BoxPlots) muestra que en cada uno de los puntos o estaciones de monitoreo se encontraron microplásticos pero no de manera significativa, lo que indica que la prueba de normalidad evidencia que la media de los datos tuvo una distribución anormal, también se puede observar que en la **estación (1, 2, 3 y 5)** se encontraron datos atípicos o sesgo estadístico lo que describe que no proporciona una representación precisa de la muestra como se observa en el diagrama.

4.2.1 Concentración (N° Fibras / Volumen(ml))

Diagrama 2. Concentración (N°Fibras)



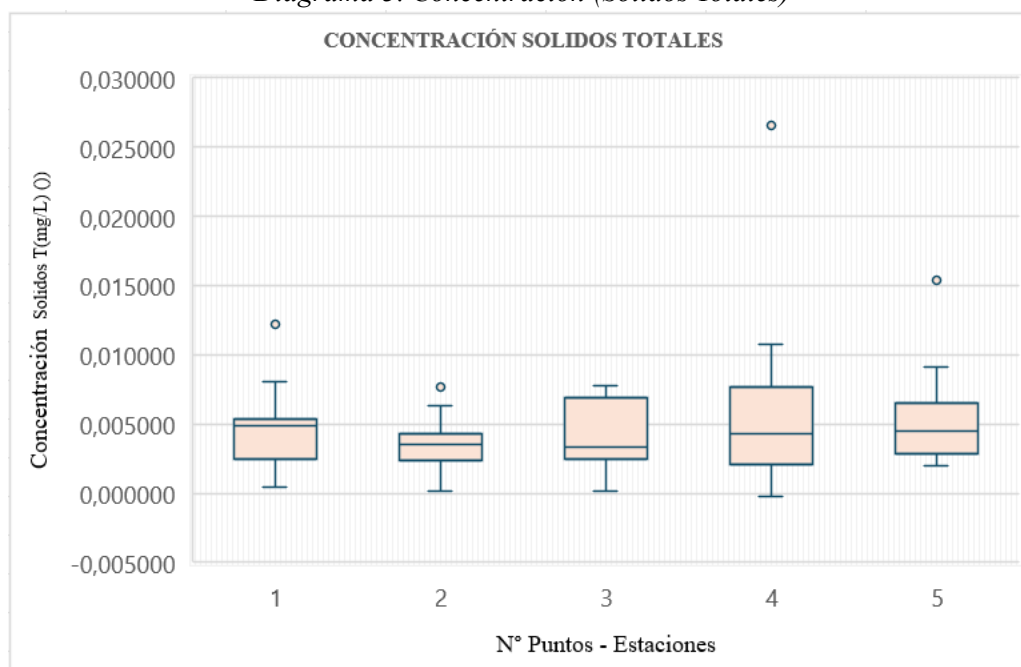
Fuente. Elaboración propia (Cajas-Bigotes (BoxPlots)).

Según la identificación de las Fibras en cada una de las estaciones en las muestras de la estación 4 (Alianza 60) y la estación 5 (Edificio Sede Aquinate), se evidenciaron condiciones de normalidad y no representan datos atípicos que indiquen condiciones fuera del rango de sesgo. El **diagrama 2** indica que al momento de realizar el conteo de microplásticos (Fibras) fueron datos coherentes en comparación de las demás estaciones, esto se puede evidenciar con las condiciones de la zona donde se encuentran, donde se denominó puntos de la zona norte donde se encuentran con un alto flujo vehicular, peatonal y que se observaron varias edificaciones en construcción y remodelación.

Se evalúa que una de las principales fuentes son los textiles ya que es un factor importante de contaminación por microfibras, provenientes de la degradación de los textiles presentes en la ropa que pueden desprenderse y liberarse. (Weiss, 2024)

4.2.2 Concentración Sólidos Totales

Diagrama 3. Concentración (Sólidos Totales)



Fuente. Elaboración propia (Cajas-Bigotes (BoxPlots)).

La Concentración de Sólidos Totales, se realizó con el fin de demostrar que al momento de realizar la recolección de la muestra se identificaron varios residuos de Sólidos Totales, los cuales se indican en las **estaciones 1,2,4,5**. La prueba de normalidad evidencia que la media de los datos tuvo una distribución anormal y además datos sesgados los cuales demuestran una representación estadística confinable de la muestra.

La estación 3 (Sede principal Universidad Santo Tomas) no indica datos fuera del rango de sesgo lo cual evidencia que no tiene una distribución significativa en las muestras tratadas en el laboratorio por el método de filtración al vacío, por esto no se identificaron los Sólidos totales.

4.3 Prueba de normalidad (Leave y Pearson Bartlett)

El análisis para las pruebas de bondad y ajuste de las muestras seleccionadas en cada uno de los cinco puntos la prueba de Leave y Bartlett evidencian un comportamiento normal o diferente al nivel de significancia. De acuerdo con las pruebas aplicadas y el valor de alfa $\alpha=0,05$ se puede definir que no se cuenta con evidencia suficiente para afirmar que el conjunto de datos se ajusta a una distribución normal. Por lo que se afirma que los microplásticos (MPs) estuvieron presentes en cada una de las muestras.

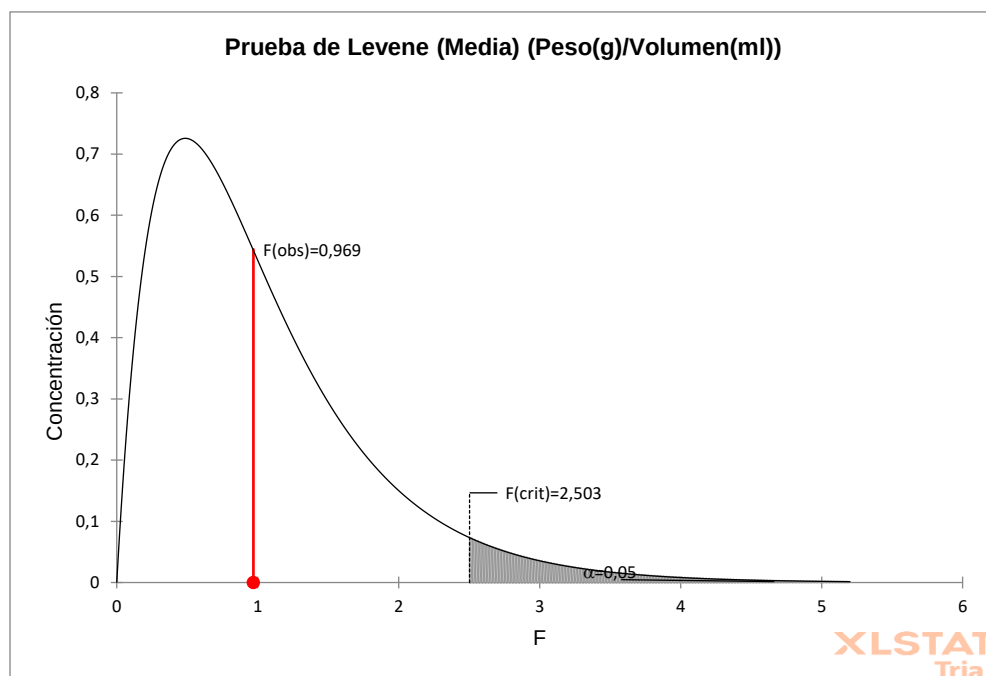
4.3.1 Prueba de Levene (Media) / Prueba bilateral (Peso(g)/Volumen(ml))

Tabla 10. Prueba Levene concentración (Peso(g)/Volumen(ml))

F (Valor observado)	0,969
F (Valor crítico)	2,503
GL1	4
GL2	70
valor-p (bilateral)	0,430
alfa	0,05

Puesto que el valor-p calculado 0,430 como se muestra en la (Tabla 10) es mayor que el nivel de significación alfa $=0,05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H_0 . Se asume que las varianzas son iguales por lo que no hay diferencias entre las muestras.

Grafica 1. Prueba de Levene Concentración peso (g)/Volumen (ml)



Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT).

4.3.2 Prueba de Bartlett (Media) / Prueba bilateral (Peso g /Volumen ml)

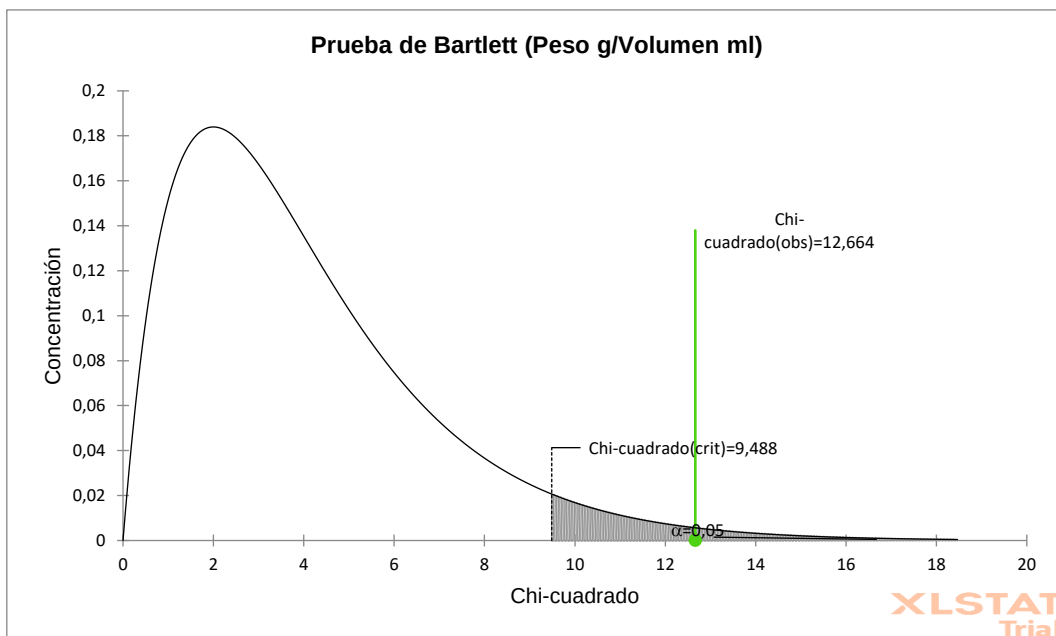
Tabla 11. Prueba Bartlett concentración (Peso/Volumen)

Chi-cuadrado (Valor observado)	12,664
Chi-cuadrado (Valor crítico)	9,488
GL	4
valor-p (bilateral)	0,013
alfa	0,05

Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT).

Puesto que el valor-p 0,013 computado como se muestra en la (Tabla 11) es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a . Asimismo se interpreta que al menos una de las muestras es diferente de la otra.

Grafica 2. Prueba de Bartlett Concentración peso(g) /Volumen(ml)



Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT).

4.2.3 Prueba de Levene (Media) / Prueba bilateral (N° Fibras/Volumen (ml))

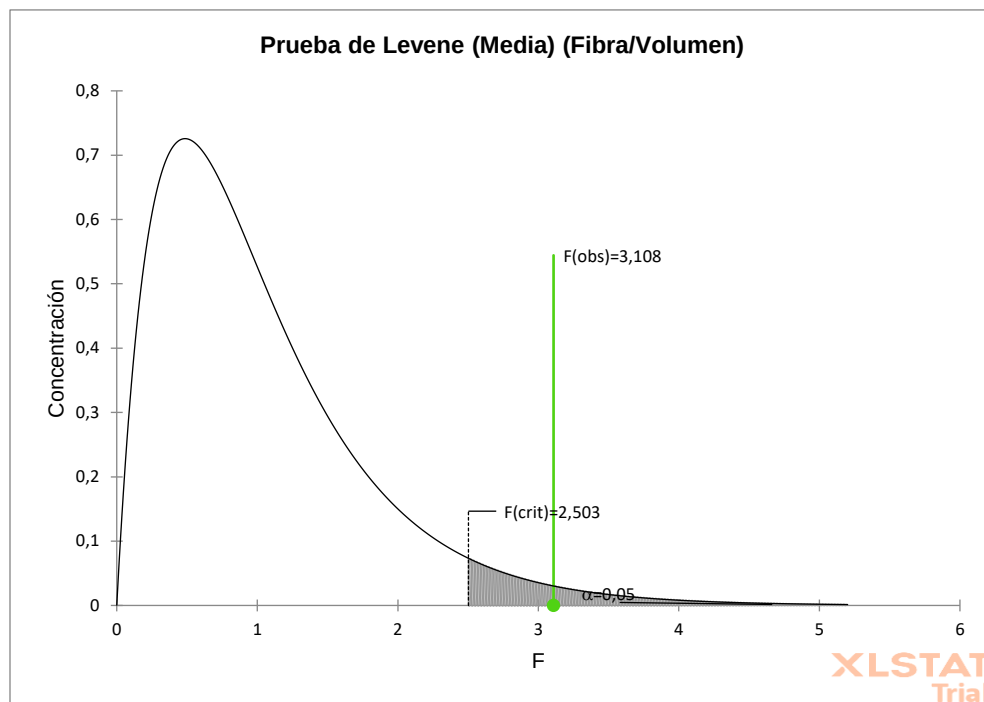
Tabla 12. Prueba Levene concentración (N° Fibra/Volumen (ml))

F (Valor observado)	3,108
F (Valor crítico)	2,503
GL1	4
GL2	70
valor-p (bilateral)	0,021
alfa	0,05

Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT).

Puesto que el valor-p 0,021 es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a . Definiendo que alguno los puntos es diferente al otro.

Grafica 3. Prueba de Levene Concentración N° Fibras/ Volumen(ml)



Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT).

4.2.4 Prueba de Bartlett / Prueba bilateral (N° Fibras /Volumen(ml)):

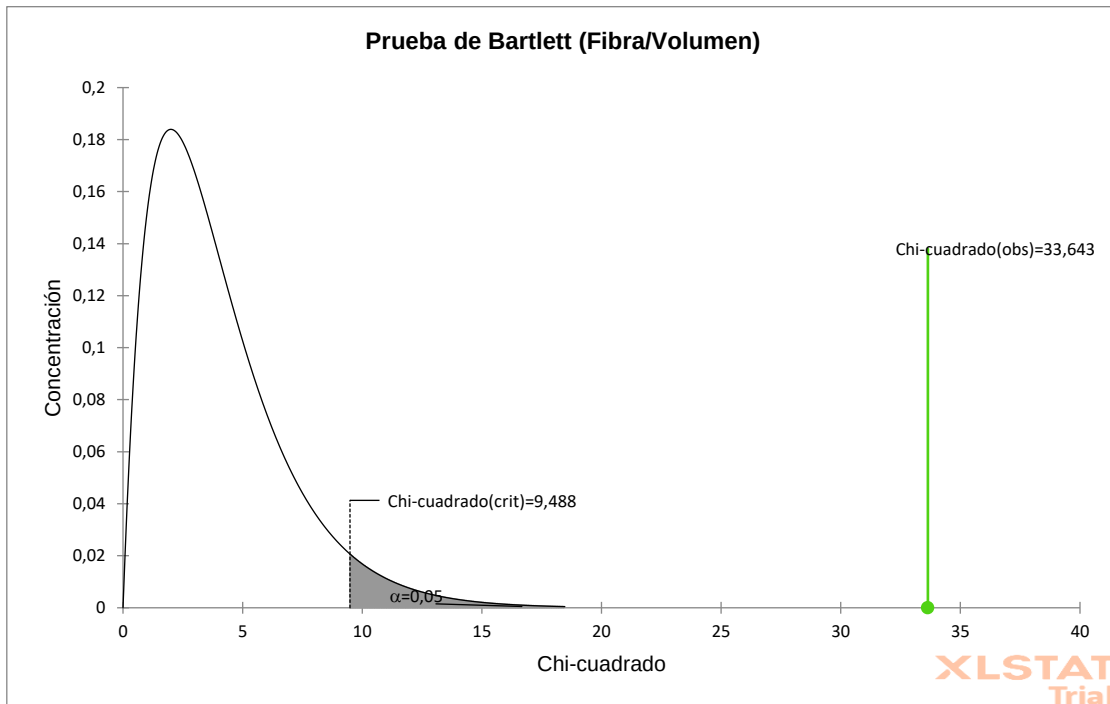
Tabla 13. Prueba Bartlett concentración (N°Fibras /Volumen(ml))

Chi-cuadrado (Valor observado)	33,643
Chi-cuadrado (Valor crítico)	9,488
GL	4
valor-p (bilateral)	<0,0001
alfa	0,05

Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT).

Puesto que el valor-p 0,0001 es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a . Se define que los puntos son diferentes.

Grafica 4. Prueba de Bartlett Concentración N°Fibras/Volumen(ml)



4.2.5 Prueba de Levene (Media) / Prueba bilateral (N°Fibras/Sólido Totales)

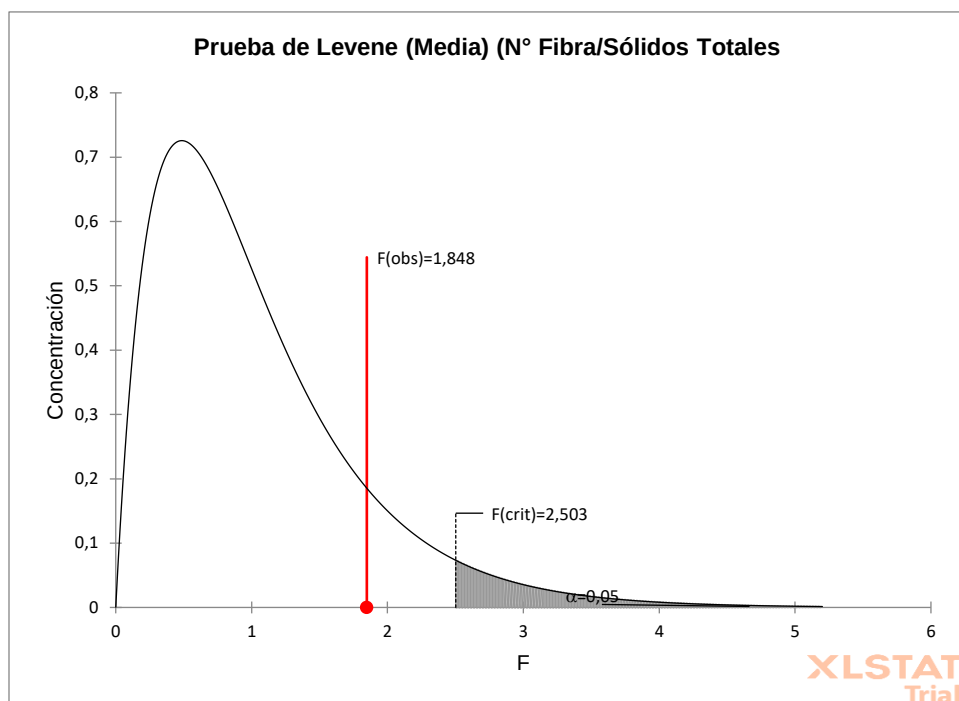
Tabla 14. Prueba Levene concentración (N°Fibras/Sólido T(mg/L))

F (Valor observado)	1,848
F (Valor crítico)	2,503
GL1	4
GL2	70
valor-p (bilateral)	0,129
alfa	0,05

Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT).

Puesto que el valor-p 0,129 calculado es mayor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H_0 . Las varianzas de los puntos son iguales.

Grafica 5. Prueba Levene Concentración (N°Fibras/Sólido T(mg/L))



Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT)

4.2.6 Prueba de Bartlett / Prueba bilateral (NºFibras/Sólidos Totales)

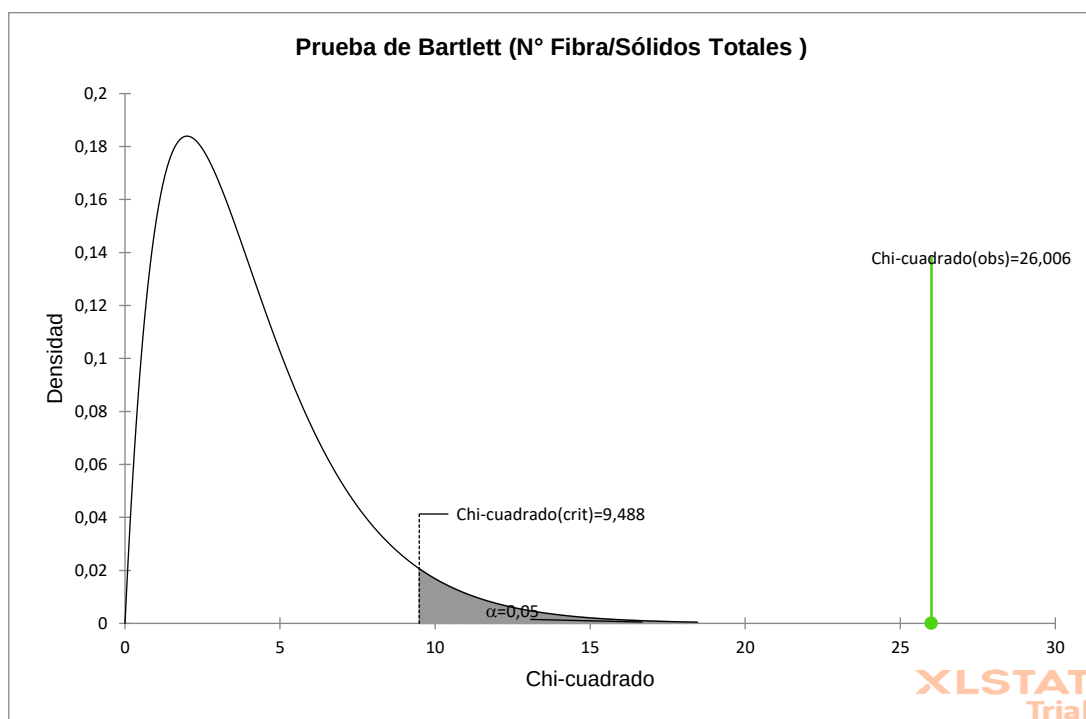
Tabla 15. Prueba Bartlett concentración (NºFibras/Sólido T(mg/L))

Chi-cuadrado (Valor observado)	26,006
Chi-cuadrado (Valor crítico)	9,488
GL	4
valor-p (bilateral)	<0,0001
alfa	0,05

Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT)

Puesto que el valor-p 0,0001 es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_a . Se acepta que las varianzas de los puntos o algún punto es diferente al otro.

Grafica 6. Prueba de Bartlett Concentración (N°Fibras/Sólido T(mg/L))



Fuente. Elaboración propia programa (XLSTAT)

De acuerdo con el análisis propuesto por estas pruebas de normalidad se determina que cualquiera de las dos pruebas afirma que las varianzas son diferentes y que al menos una de las cinco tiene diferencias significativas lo que quiere decir que cada uno de los puntos o estaciones presenta microplásticos MPs. Cabe resaltar que los puntos 1: Centro Comercial Plaza 39, punto 2: Edificio Aparta estudios de la 43, punto 3: Sede Principal de la Universidad Santo Tomas, como se muestra en la (Grafica 1,3,5) comparten características similares ya que se encuentran entre la Cra 7ma y la Cra 9na, donde se presenta gran flujo vehicular, comercial y presencia de residuos plásticos. Por el contrario, el punto 5: Universidad Santo Tomás (Edificio El Aquinate) donde la (Grafica1,3) de muestra que las condiciones de muestras están dentro del rango de normalidad lo que quiere decir es que no hay diferencias significativas, esto se debe a que es una zona más residencial y de circulación peatonal, Aunque en el momento en que se realizó el muestreo se evidencio una obra de construcción cerca donde se instaló el Pluviómetro.

Esto se debe a que estos micro plásticos no son fácilmente degradables, uno de los mayores factores es la basura plástica siendo un problema complejo y multidimensional y tiene importantes implicaciones para el medio ambiente y las actividades humanas (Pawar et al., 2016). En los últimos años, los microplásticos, o partículas menores a 5 mm, han suscitado preocupación por su ubicuidad y persistencia, y los riesgos y daños que producen en los ecosistemas marinos, pero el conocimiento de sus posibles efectos nocivos todavía no se comprende a profundidad (ROJAS, 2021).

En la mayoría de los ecosistemas acuáticos, incluyendo mar abierto, costas, ríos, playas y humedales, aunque en diferentes proporciones en cada uno (Ríos L. et al., 2007), pero los plásticos se transportan fácilmente por las mareas y las corrientes a través de grandes extensiones en el océano o ríos y tienden a acumularse en las zonas asociadas con el movimiento restringido del agua; por eso, los humedales resultan siendo uno de los ecosistemas ampliamente afectados. Adicionalmente en Colombia, son considerados estratégicos dentro del ciclo hidrológico y en el mantenimiento de la calidad ambiental, debido a sus funciones ecológicas y la prestación de servicios ecosistémicos que influyen fuertemente en la cultura, la economía y la calidad de vida de las poblaciones humanas cercanas a ellos; desafortunadamente, en la degradación de estos ecosistemas, además de encontrarse la contaminación plástica también se encuentra la expansión urbana e industrial (ROJAS, 2021) Donde en este estudio se evidencio la intervención de micro plásticos provenientes de la industria textil ya que en el análisis por estereoscopia se observaron colores rojos, azules y violetas característicos por los procesos químicos a los que son intervenidos las fibras.

5. CONCLUSIONES

El estudio realizado fue un avance importante en el análisis observacional y experimental, dejando como principal medida la identificación de fibras de microplásticos (MPs) que son transportadas por el agua pluvial en las zonas donde más se presenta flujo comercial, residencial, como lo es la zona norte, y en la zona sur se puede atribuir a las fuentes de mayor presencia de residuos plásticos, la cercanía con las construcciones y zonas industriales, evidenciando así la circulación de estos MPs.

Gracias a la realización de este estudio se pudo afirmar que son pocos los estudios realizados en la capital del país (Bogotá D.C), este se puede implementar en cada una de las localidades de Bogotá logrando así un estudio a fondo de MPs y determinando cual podría ser la localidad que más genere microplásticos (MPs).

Este estudio fue fundamental ya que se realizó en una zona concurrida y central como lo fue la Localidad de Chapinero, delimitada por sus cinco (5) estaciones lo cual demuestra que a muy baja escala se encuentran microplásticos MPs.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldia Local de Chapinero et al., 2. (2017). *PLAN AMBIENTAL LOCAL DE CHAPINERO 2017 – 2020*. Bogotá.
- Álvarez et al., 2. (2016). Determinación del comportamiento ácido de las precipitaciones en inmediaciones del resguardo indígena de la Serranía El Majuy en Cota, Cundinamarca y su efecto en líquenes de la zona. *LunAzul*, 28.
- CESEL Ingenieros. (2013). *“Plan de Manejo Ambiental (PMA) del Proyecto Instalación Central Térmica Quillabamba y Sistema de Transmisión*. Cusco.
- Eo et al., 2. (2019). spatiotemporal distribution and annual load of microplastics in the Nakdong River, South Korea. *Water Research*, 237.
- Eo., S., Hong, S. H., Song, Y. K., Han, G. M., & Shim, W. J. (2019). spatiotemporal distribution and annual load of microplastics in the Nakdong River, South Korea. *Water Research*, 237.
- ESTRUCPLAN. (4 de Agosto de 2011). Obtenido de ESTRUCPLAN: <https://estrucplan.com.ar/introduccion-al-monitoreo-atmosferico-03-revision-de-metodologias-existentes-parte-2/#>
- Geyer et al., 2. (2017). PRODUCTION, USE, AND OF ALL PLASTICS EVER MADE. *Science Advances*, 5.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). PRODUCTION, USE, AND OF ALL PLASTICS EVER MADE. *Science Advances*, 5.
- Grbić et al., 2. (2020). Microplastics entering northwestern Lake Ontario are diverse and linked to urban sources. *Water Research*, 15.
- Grbić, J., Helm, P., Athey, S., & Rochman, C. (2020). Microplastics entering northwestern Lake Ontario are diverse and linked to urban sources. *Water Research*, 15.
- IDEAM. (2005). *PROTOCOLO PARA LA VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO DEL MODULO AIRE DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL*. Bogotá.
- IDEAM. (2010). *Estado y cambio del agua lluvia en Colombia. En IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente*. Bogotá.
- IDIGER, E. d. (2022). *PLAN DE ACCIÓN TEMPORADAS DE LLUVIA*. Bogotá. Obtenido de PLAN DE ACCIÓN TEMPORADAS DE LLUVIA .
- Kye et al., 2. (2023). Microplastics in water systems: A review of their impacts on the environment and their potential hazards. *Heliyon*, 31.
- Kye, H., Kim, J., Ju, S., Lee, J. H., Lim, C., & Yoon, Y. (2023). Microplastics in water systems: A review of their impacts on the environment and their potential hazards. *Heliyon*, 31.
- Latorre et al., 2. (2004). *Resultados de los estudios realizados por el DANE y la UESP sobre el reciclaje en Bogotá 2001-2003*. Bogotá: Organización de Estados Iberoamericanos OEI.
- Nie et al., 2. (2019). Microplastic pollution in water and fish samples around Nanxun Reef in Nansha Islands, South China Sea. *Science of The Total Environment*, 29.

- Nie, H., Wang, J., Xu, K., Huang, Y., & Yan, M. (2019). Microplastic pollution in water and fish samples around Nanxun Reef in Nansha Islands, South China Sea. *Science of The Total Environment*, 29.
- Ory et al., 2. (2020). Factors influencing the spatial and temporal distribution of microplastics at the sea surface – A year-long monitoring case study from the urban Kiel Fjord, southwest Baltic Sea. *Science of the Total Environment*.
- Ory, N. C., Lehmann, A., Javidpour, J., Stöhr, R., Walls, G. L., & Clemmesen, C. (2020). Factors influencing the spatial and temporal distribution of microplastics at the sea surface – A year-long monitoring case study from the urban Kiel Fjord, southwest Baltic Sea. *Science of the Total Environment*.
- Powell et al., 2. (2018). Where is global waste management heading? An analysis of solid waste sector commitments from nationally-determined contributions. *Waste Management*, 137-143.
- Powell, J. T., Chertow, M. R., & Esty, D. C. (2018). Where is global waste management heading? An analysis of solid waste sector commitments from nationally-determined contributions. *Waste Management*, 137-143.
- ROJAS, M. A. (2021). *CARACTERIZACIÓN DE MICRO Y MESOPLÁSTICOS Y SU ASOCIACIÓN CON BIOPELÍCULAS EN EL HUMEDAL GUALÍ (FUNZA, CUNDINAMARCA)*. Obtenido de CARACTERIZACIÓN DE MICRO Y MESOPLÁSTICOS Y SU ASOCIACIÓN CON BIOPELÍCULAS EN EL HUMEDAL GUALÍ (FUNZA, CUNDINAMARCA): <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/58262/TESIS%20REVISADA.%20ALEJANDRA%20PORRAS%20R.pdf?sequence=2>
- SUÁREZ, C. A. (2012). *DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO: PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES Y FRACCIÓN RESPIRABLE PM10**. Manizales: Scielo.
- Weiss, J. (12 de Enero de 2024). *The Conversation*. Obtenido de The Conversation: <https://theconversation.com/laundry-is-a-top-source-of-microplastic-pollution-heres-how-to-clean-your-clothes-more-sustainably-217072>

