



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

***“PRESENCIA DE MICROPLÁSTICOS EN
LÁCTEOS CONSUMIDOS POR NIÑOS EN
EDAD ESCOLAR EN LA ZMVT”***

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO EN ALIMENTOS

PRESENTA

ABIGAIL HERNANDEZ ARENAS

DIRECTORA DE TESIS

DRA. EN C.A. MARÍA MAGDALENA GARCÍA FABILA

TOLUCA, MÉXICO

27 NOVIEMBRE 2024



ÍNDICE

ÍNDICE 2

ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE GRÁFICAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN1	
INTRODUCCIÓN	3
1 CAPÍTULO I. MARCO REFERENCIAL Y GENERALIDADES	4
1.1 Plásticos	7
1.1.1 Clasificación	11
1.1.1.1 Termoplásticos	11
<i>Derivados</i>	11
1.1.1.2 Termoestables	13
<i>Derivados</i>	13
1.1.1.3 Elastómeros	14
<i>Derivados</i>	14
1.2 Envases	14
1.2.1 Interacción empaque-alimento	15
1.2.2 Legislación normativa de migración del empaque	16
1.2.3 Estadísticas del uso de envases plásticos en México y el mundo	16
1.2.4 Envasado de lácteos	18
1.2.5 Envasado Tetra Pak	19
1.2.6 Gramaje	20
1.2.7 Tipos	20
1.2.8 Defectos menores y mayores que puede presentar el empaque Tetrapak	21
1.3 Microplásticos	22
1.3.1 Origen	23
1.3.2 Impacto ambiental	23
1.3.3 Microplásticos en alimentos	25

1.3.4	Microplásticos en lácteos.....	25
1.3.5	Posibles rutas de contaminación de lácteos.	27
1.3.6	Métodos de detección de microplásticos en alimentos.	28
1.3.7	Riesgos a la salud humana.	31
1.3.7.1	Disruptores endocrinos (DE)	33
1.3.7.2	Daños neurológicos.....	35
1.4	Identificación de alimentos lácteos predispuestos a contaminación por microplásticos. 37	
1.4.1	Leche	37
1.4.2	Bioquímica de la leche	37
1.4.3	Composición nutrimental	38
1.4.4	Clasificación	38
1.4.4.1	Leche pasteurizada	38
1.4.4.2	Leche en polvo.....	39
1.4.4.3	Leche deslactosada	39
1.4.4.4	Leche evaporada	39
1.4.5	Yogurt.....	40
1.4.6	Proceso de elaboración.....	40
1.4.7	Composición nutrimental del yogurt natural.....	42
1.4.8	Clasificación	43
1.4.9	Análisis de ciclo de vida	43
1.5	JUSTIFICACIÓN	44
1.6	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	45
1.6.1	OBJETIVO GENERAL.....	45
1.6.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	45
1.7	HIPÓTESIS	45
2	CAPÍTULO II. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	46
2.1	Metodología	47
2.2	Nivel de la investigación	47
2.3	Tipos de investigación	47
2.4	Tratamiento estadístico	48
2.5	Selección De Sitios De Estudio	48
2.6	Muestra	52

2.7	Materiales, equipo y reactivos.	54
2.8	Diseño Experimental	55
2.9	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	55
2.10	Método	56
2.10.1	Control de contaminación externa.....	56
2.11	Procedimiento de degradación elegido.....	56
2.12	Diagrama metodología.	58
3	CAPÍTULO III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	59
3.1	Interpretación de resultados de encuesta “Hábitos de consumo de lácteos en niños de 3 a 12 años de la ZMVT”	60
3.1.1	Escuelas participantes.....	60
3.1.2	En la pregunta 18. <i>¿Con que frecuencia consume los siguientes alimentos? Se propusieron 23 productos lácteos y derivados lácteos.</i>	63
3.1.3	Pregunta 19. Tamaño de la porción ingerida.	65
3.1.4	Pregunta 20. Marca de productos.....	66
3.1.5	Pregunta 21. <i>¿En qué presentación se le hace más práctico consumir un producto lácteo?</i> 67	
3.2	Interpretación de resultados de la experimentación.....	68
3.2.1	Productos lácteos empleados.....	70
3.2.2	Digestión química alcalina	72
3.2.3	Centrifugación	75
3.2.4	Filtrado al vacío en papel filtro Whatman grado 42	78
3.2.5	Calentamiento	83
3.2.6	Microfiltración al vacío con membranas GF/A.....	83
3.2.7	Observación en microscopio	90
3.2.8	Imágenes capturadas del microscopio con cámara fotográfica.....	97
3.2.9	Peso de membrana sin utilizar vs membrana utilizada	122
3.3	Caracterización del polímero.	124
3.3.1	Forma.....	129
3.3.2	Color	134
3.3.3	Componentes	135
3.3.3.1	Yogurt Bebible (HDPE)	137
3.3.3.2	Yogurt Batido (PP)	139
3.3.3.3	Tetra Pak de leche Entera A1 Y B1 (LDPE)	141

3.3.3.4	Queso Petit Suisse.....	143
3.3.3.5	Tapa del envase de queso Oaxaca y queso panela.....	145
3.3.3.6	Envase canastilla de queso Oaxaca y queso panela.....	147
3.3.4	Características de los envases de muestras empleadas.....	149
3.3.4.1	Queso Petit suisse	149
3.3.4.2	Yogurt bebible sabor manzana.....	149
3.3.4.3	Queso panela y queso Oaxaca	151
3.3.4.4	Yogurt batido sabor manzana	151
3.3.4.5	Leche entera de vaca A1.....	152
3.3.4.6	Leche entera de vaca B1.....	153
4	DISCUSIÓN FINAL.....	154
	CONCLUSIONES	156
	RECOMENDACIONES.....	157
	REFERENCIAS.....	159
5	ANEXOS.....	165

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Legislación Normativa Mexicana e internacional aplicada a plásticos en contacto con alimentos.	8
Tabla 2. Certificaciones en envases utilizados en México.	10
Tabla 3. Aditivos permitidos por la FDA en el proceso de fabricación de películas de polietileno 10	
Tabla 4. Termoformados y sus características.	12
Tabla 5. Composición de envases Tetra Brik Aseptic.	20
Tabla 6. Tipos de envasados de Tetra Pak.....	20
Tabla 7. Defectos mayores y menores reportados por Liconsa.	21
Tabla 8. Métodos de análisis de calidad para laminaciones.	22
Tabla 9. Recopilación de metodologías para la extracción e identificación	28
Tabla 10. Tipos de métodos de extracción de microplásticos.	29
Tabla 11. Métodos de detección y cuantificación de microplásticos.	30
Tabla 12. Espectros obtenidos de polímeros.	31
Tabla 13. Efectos en la salud asociados a la exposición a plásticos y derivados como artículos de higiene personal.	32
Tabla 14. Ftalatos comunes y sus metabolitos	35
Tabla 15. Comparación de aporte nutrimental entre leche de vaca y leche humana.....	38
Tabla 16. Información nutrimental del yogurt natural	42
Tabla 17. Escuelas participantes en la encuesta “Hábitos de consumo de lácteos en la ZMVT”. 51	
Tabla 18. Codificación de las muestras empleadas.....	53
Tabla 19. Equipos, materiales y reactivos empleados.	54
Tabla 20. Escuelas participantes	60
Tabla 21. Alimentos propuestos para encuesta.....	63
Tabla 22. Codificación de productos lácteos.....	66
Tabla 23. Practicidad de consumo del producto lácteo.	67
Tabla 24. Muestras utilizadas con lote.....	70
Tabla 25. Muestras utilizadas, gramaje y datos de adición de oxidante	72

Tabla 26. Evidencias del procedimiento de digestión.....	73
Tabla 27. Proceso de centrifugación.	75
Tabla 28. Observaciones de cada muestra en el proceso de filtrado.	78
Tabla 29. Imágenes del proceso de la primera filtración con papel filtro Whatman grado 42. ...	79
Tabla 30. Muestras aptas a calentamiento.	83
Tabla 31. Observaciones del proceso de microfiltrado.....	83
Tabla 32. Imágenes del proceso de microfiltración en membrana Whatman GF/A	85
Tabla 33. Descripción de lo observado en el microscopio.	90
Tabla 34. Imágenes capturadas del microscopio con presencia de partículas y filamentos distintos al de las membranas.....	97
Tabla 35. Membranas empleadas para filtración de agua utilizada en el proyecto.....	121
Tabla 36. Registro de pesos de membranas utilizadas y blancos.	122
Tabla 37. Verificación de criterios para la identificación visual de microplásticos.....	129
Tabla 38. Relación entre color y tipo de polímero de microplásticos.....	136

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Porcentaje de uso de distintos polímeros en México	17
Gráfica 2. Polímeros mayormente encontrados en los lagos a nivel mundial, divididos en continentes.	24
Gráfica 3. Cantidad de Jardines de niños participantes.....	61
Gráfica 4. Cantidad de Primarias participantes.	62
Gráfica 5. Índice de mayor respuesta respecto a los productos lácteos propuestos.....	63
Gráfica 6. Índice tamaño de porción de mayor consumo.....	65
Gráfica 7. Índice de mayor consumo de marcas y productos.....	66
Gráfica 8. Resultados de practicidad de consumo.....	67
Gráfica 9. Predominancia de microplásticos en la presente investigación	131
Gráfica 10. Distribución por forma de microplásticos hallados en la presente investigación.	132
Gráfica 11. Distribución por color de microplásticos.	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición del envase Tetra Brik Aséptico.....	19
Figura 2. Composición de las películas empleadas en Tetra Pak	21
Figura 3. Estructura química del estradiol y del BPA.....	34
Figura 4. Diagrama de elaboración de yogurt a nivel industrial.	41
Figura 5. Ubicación de la Facultad de Química UAEMéx, dentro de la ciudad de Toluca.....	49
Figura 6. Ubicación de la Unidad "El Rosedal", dentro del municipio de Toluca.....	50
Figura 7. Ubicación geográfica de las escuelas participantes,	51
Figura 8. Ubicación geográfica de la procedencia de las muestras de productos lácteos.....	52
Figura 9. Diagrama de cuarta prueba de factibilidad.	58
Figura 10. Equipo utilizado para desionizar el agua (1) , equipo utilizado para microfiltrar (2) y envase de resguardo (3).	68
Figura 11. Equipo utilizado para microfiltrar (1) y envase de resguardo (2).....	69
Figura 12. Clasificación de separación muestra filtrada y sedimento graso.	77
Figura 13. Empaque de filtros Whatman grado 42	78
Figura 14. Papel aluminio y demostración de almacenamiento.	82
Figura 15. Recipientes de aluminio y demostración de almacenamiento de membranas GF/A.	88
Figura 16. Muestras filtradas en filtros Whatman grado 42 y reservadas dentro de papel aluminio, para su posterior revisión en microscopio.	89
Figura 17. Muestras microfiltradas en microfibra de vidrio GF/A y reservadas en moldes de aluminio con papel aluminio, para su posterior revisión en microscopio.	89
Figura 18. Visualización de membrana Whatman grado 42 mediante técnica de ATR.	124
Figura 19. Graficas obtenida mediante FT-IR de membrana GF/A con y sin muestra láctea.	125
Figura 20. Equipo utilizado	126
Figura 21. ATR del equipo VERTEX 70/80.....	126
Figura 22. Rotura de la membrana GF/A.....	127
Figura 23. Gráficos obtenidos con el software OPUS.....	127
Figura 24. Clasificación estandarizada de microplásticos para su identificación.....	130

Figura 25. Compilación de las cuatro formas encontradas en el proyecto.....	130
Figura 26. Observación en el microscopio con objetivo 10x de microplástico obtenido en muestra de yogurt batido.	133
Figura 27. Microplásticos encontrados en muestras de leche de 23 marcas por Kutralam-Muniasamy (2020).....	133
Figura 28. Infrarrojo obtenido en equipo VERTEX 70/80.	137
Figura 29. Análisis de espectro en Knowit All Informatics System (polietileno de alta densidad, HDPE).	138
Figura 30. Infrarrojo obtenido en equipo Vertex 70/80.....	139
Figura 31. Análisis del yogurt batido, (polipropileno PP)	140
Figura 32. Infrarrojo obtenido de equipo Vertex 70/80.....	141
Figura 33. Analisis del espectro en Knowit All Informatics System de TetraPak (LDPE).	142
Figura 34. Espectro obtenido de equipo Vertex 70/80 (queso petit suisse).....	143
Figura 35. Espectro obtenido de Knowit All Informatics System del envase de Petit Suisse (PET siliconizado).	144
Figura 36. Infrarrojo obtenido de equipo Vertex 70/80 (queso Oaxaca y panela).....	145
Figura 37. Espectro obtenido de Knowit All Informatics System de la etiqueta adhesiva de quesos panela y Oaxaca (Polivinil alcohol parcialmente acetilado, PVOH).	146
Figura 38. Infrarrojo obtenido de equipo Vertex 70/80.....	147
Figura 39. Espectro obtenido de Knowit All Informatics System de las caanstillas del queso panela y queso Oaxaca (PET siliconizado).	148
Figura 40. Envase tipo Pouch.....	149
Figura 41. Polímero de tipo 2 en envase de yogurt bebible.....	150
Figura 42. Maquinaria de termoconformado bobina.....	150
Figura 43. Empaque queso panela.	151
Figura 44. Envase de yogurt batido	152
Figura 45. Certificaciones de envase de leche entera	153
Figura 46. Especificaciones de envase lácteo.....	153

RESUMEN

La presencia de microplásticos en nuestro entorno ambiental ha desencadenado aperturas de distintas líneas de investigación alrededor del mundo acerca de su presencia, estos microplásticos se denominan como partículas de plástico que tienen un tamaño de entre 1 μm y máximo de 5 mm de diámetro, formados a partir de plásticos más grandes que se han degradado con mayor frecuencia en nuestros mares, afectando así a nuestra cadena trófica y ecosistemas, desde invadir hábitats hasta producir daños en el desarrollo cerebral de los niños.

Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo el analizar la presencia de microplásticos en lácteos más frecuentemente consumidos por niños de 3 a 12 años en la ZMVT, así como realizar investigación bibliográfica sobre métodos de extracción de microplásticos en diferentes matrices alimentarias con el fin de adaptar el propio a lácteos distribuyendo el proceso de extracción en siete etapas, las cuales fueron el digerir las muestras analizadas con KOH en dos diferentes concentraciones 10% y 20% y manteniendo en reposo 24 horas, seguido de un proceso de centrifugado a 5 000 RPM por 15 minutos con el fin de retirar la grasa láctea, posteriormente la extracción de la grasa láctea mediante pipetas Pasteur de vidrio, realización de filtración al vacío de las muestras en filtros grado 42, se llevó a calentamiento la muestra por 10 minutos a 48°C, se realizó una microfiltración al vacío a cada muestra en membranas grado GF/A debido al tamaño de retención de partícula que va desde 1 μm y su capacidad de resistencia a la humedad haciéndolas aptas para la filtración de estas muestras; estas membranas fueron analizadas visualmente por microscopio con objetivos de 10X. Entre los resultados obtenidos se reporta la presencia de microplásticos en los lácteos de mayor consumo entre niños de 3 a 12 años.

En este contexto el presente documento contiene tres capítulos, en el capítulo uno se presenta el marco referencial y las generalidades sobre los microplásticos, en el capítulo dos se presenta el desarrollo experimental conteniendo la metodología seleccionada y en el capítulo tres se exponen los análisis y discusiones de resultados obtenidos en la investigación, así como también las conclusiones.

ABSTRACT

The presence of microplastics in our environment has triggered openings of different lines of research around the world about their presence, these microplastics are called as plastic particles that have a size between 1 μm and a maximum of 5 mm in diameter, formed from larger plastics that have degraded more frequently in our seas, thus affecting our food chain and ecosystems, from invading habitats to produce damage in the brain development of children.

Therefore, the objective of this study was to analyze the presence of microplastics in dairy products most frequently consumed by children from 3 to 12 years old in the ZMVT, as well as to carry out bibliographic research on methods of extraction of microplastics in different food matrices in order to adapt our own to dairy products by distributing the extraction process in seven stages, which were to digest the samples analyzed with KOH in two different concentrations 10% and 20% and keeping them at rest for 24 hours, followed by a centrifugation process at 5 000 RPM for 15 minutes in order to remove the milk fat, then the extraction of milk fat using glass Pasteur pipettes, vacuum filtration of the samples in grade 42 filters, the sample was heated for 10 minutes at 48°C, vacuum microfiltration of each sample was performed in grade GF/A membranes due to the particle retention size ranging from 1 μm and their ability to resist moisture, making them suitable for the filtration of these samples; These membranes were visually analyzed by microscopy with 10X objectives. Among the results obtained, the presence of microplastics is reported in the most consumed dairy products among children from 3 to 12 years of age.

In this context, this document contains three chapters: chapter one presents the frame of reference and general information about microplastics; chapter two presents the experimental development containing the selected methodology; and chapter three presents the analysis and discussion of the results obtained in the research, as well as the conclusions.

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos tenemos derecho al libre acceso de los alimentos, así como también, a obtener alimentos inocuos, esto indica la ausencia del peligro en alimentos desde antes de su transformación hasta su consumo, esto es importante debido a que los alimentos son una parte fundamental en el correcto desarrollo del ser humano. La Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos en el Artículo 4° asegura que toda persona tiene derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad; el estado debe de garantizarlo, también, toda persona tiene derecho a la protección de la salud.

De acuerdo con la (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022) los responsables de brindar alimentos inocuos son todas aquellas personas que se encargan de producir, elaborar, transportar, almacenar, preparar y servir los mismos. En la actualidad, uno de los mayores responsables de que en la cadena de suministros se obtengan alimentos libres de riesgo es el Gobierno de cada país, ellos desempeñan un papel fundamental en la elaboración y aplicación de legislaciones.

A nivel mundial cualquier alimento está expuesto a contaminantes, estos podrían penetrar a los productos alimentarios mediante el agua que requieran para su elaboración, así como la maquinaria empleada para su producción (FAO, 2022). En caso contrario, al proporcionar alimentos nocivos para la salud estos suponen una amenaza a la salud humana pues se estima que a causa de este cada año hay aproximadamente 600 millones de casos de enfermedades. En 2004 se acuñó el término “*microplásticos*” debido al hallazgo que hizo el científico Richard Thompson en la Universidad de Plymouth tras encontrar fragmentos de plástico en una playa inglesa, esto podría considerarse como un punto de partida para posteriores investigaciones sobre microplásticos en más líneas de investigación (Parker, 2022).

En el capítulo uno se abordan temas como la clasificación de los plásticos, definición e impacto de microplásticos en el medio ambiente así como también en el ser humano y sus riesgos a la salud; dentro del capítulo dos se abordan temas tales como la metodología empleada, el diseño experimental y diagramas de las experimentaciones realizadas; dentro del capítulo tres se aborda la discusión de los resultados obtenidos de las experimentaciones realizadas; finalmente en el capítulo cuatro se abordan las conclusiones de la investigación.

CAPÍTULO I. MARCO REFERENCIAL Y GENERALIDADES

MARCO TEORICO

Los microplásticos son partículas de plástico de un tamaño menor a cinco milímetros y se encuentran como contaminantes en los suelos de todo el mundo y también de los alimentos. Estos al ser tan pequeños son difíciles de detectar y pueden ser consumidos por la fauna y entrar a la cadena alimenticia hasta llegar al plato de los consumidores (Nava et al., 2022).

Se tiene conocimiento de que los microplásticos comenzaron a hacerse presentes en las vísceras de los peces (Parker, 2022); estos residuos han podido haber llegado al mar provenientes de los envases y embalajes de productos que consumimos y desechamos en los océanos, de los cuales destacan las botellas, bolsas, taparrosas, contenedores de comida (Arriaza, 2019). Las amenazas a la salud integral son altas pues estos polímeros tienen la capacidad de bioacumularse y establecerse dentro del humano (Santillan et al., 2022), así como también estos plásticos son disruptores endocrinos para humanos, haciéndose más notorio en la etapa de la pubertad lo cual ocasiona la aceleración de hormonas en el cuerpo y daños cerebrales (Demeneix, 2019).

A nivel América Latina se tiene el registro de cuatro investigaciones por parte de la Universidad Central Del Ecuador en las cuales se realiza la determinación de microplásticos en cerveza artesanal e industrial, en bebidas refrescantes, en miel artesanal e industrial y en leche descremada obteniendo en los cuatro resultados positivos, pues se identificaron más de 34 partículas de microplásticos en cada investigación (Universidad Central del Ecuador, 2019).

A nivel nacional se tiene el registro de un estudio realizado por los hogares mayas del sureste del país realizado por la Dr. Esperanza Huerta Lwanga quien es la Investigadora del Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) en donde detecto la presencia de microplásticos en *excretas de lombrices* y dentro de las *mollejas* de las gallinas para consumo humano; el estudio concluye que los microplásticos de un tamaño mayor a cinco mm entran a la cadena alimenticia de nuestros hogares mexicanos y además, estiman que los mexicanos podrían consumir 840 partículas de microplásticos al año (Nava et al., 2022).

El hecho de que los microplásticos sean dañinos a la salud radica en que se les vinculan como precursores de enfermedades como el cáncer (en mayor incidencia) en la etapa de la pubertad,

debido a que son *perturbadores endocrinos*. El problema que da lugar a la investigación es a causa de los datos arrojados por encuestas donde se muestran que los niños consumen un alto índice de lácteos lo cual representa un riesgo por el consumo de microplásticos a través de estos; es inquietante pues Kutralam-Muniasamy et al. (2020) realizaron un estudio con 23 tipos de leche de 8 marcas distintas comercializadas en México, entre ellas deslactosadas, light, reducidas en grasa, etc., con la característica en común de que 22 muestras habían sido adquiridas en empaques de Tetra Pak de tipo *aseptic* y una sola contenida en bolsa de polietileno; los resultados indican que en las 23 muestras de leche se encontraron un total de 150 microplásticos de distintos tamaños.

Los registros anteriores permiten tener un panorama sobre como los seres humanos estamos expuestos a los microplásticos en los alimentos que llevamos a nuestros hogares. Una posible fuente de contaminación por microplásticos es mediante el envasado del alimento (Kutralam-Muniasamy et al., 2020a). El envasado de algunos lácteos se realiza mediante Tetra Pak el cual su nombre deriva de la combinación de dos elementos denominativos “Tetra” y “Pak” y el primero hace alusión a un tetraedro y la segunda palabra a un empaque.

Tetra Pak es un envase mixto conformado por 75% de papel, 20% polietileno y 5% de papel aluminio; está compuesto por 6 capas que actúan de barrera de protección con el fin de que los alimentos se puedan mantener en óptimas condiciones durante un largo tiempo sin la necesidad de utilizar conservantes o refrigeración continua (Tetra Brik, 2012). Se detalla la composición a continuación:

- Primera capa** Está hecha de polietileno, el cual le ofrece al alimento la protección en contra de la humedad.
- Segunda capa** Hecha de papel el cual brinda resistencia y estabilidad al envase.
- Tercera capa** Compuesta por polietileno material que va a ofrecer adherencia a las capas de papel y aluminio.
- Cuarta capa** Compuesta por aluminio lo cual evita la entrada del oxígeno, de la luz y la pérdida del aroma.
- Quinta capa** Compuesto por polietileno lo cual evita que el alimento este en contacto con el aluminio.
- Sexta capa** Esta última capa está compuesta por polietileno lo cual va a garantizar un completo aislamiento entre el alimento y el exterior.

Algunos de los productos utilizados en la fabricación de los plásticos para envases son potencialmente dañinos; (Flaws et al., 2020) menciona que la sociedad de Endocrinología reiteró y actualizó estudios sobre las pruebas que vinculan a los *disruptores endocrinos* como precursores de enfermedades como el cáncer, en mayor incidencia, en la etapa de la pubertad, estos disruptores endocrinos se encuentran en alimentos y en materiales que tienen contacto con los mismos, como lo son los empaques, pues su composición debe ser con materiales lo suficientemente inertes (Demeneix, 2019).

Parte de estos materiales empleados en los empaques son los derivados de los *termoplásticos*, entre ellos se encuentra el polietileno, del cual están elaborados los envases de Tetra Pak en un 20% y esto supone un posible riesgo a la salud de los niños, así como también figura el polietileno de alta densidad (PEAD) en la fabricación de estos envases para yogures.

1.1 Plásticos

El termino plástico proviene del latín *plasticus* y significa “que puede ser moldeado por el calor”, estos materiales también pueden ser llamados *polímeros* puesto que son productos orgánicos a base de carbono. Su nombre también puede ser definido por el comportamiento que pueda presentar en las diversas etapas de su fabricación lo cual va a permitirle el moldeo Góngora (2014). Estos también se encuentran formados por cadenas de átomos las cuales son las responsables de que presente ciertas características tales como la rigidez (Universidad de Sevilla, 2020).

A nivel de conservación los plásticos coadyuvan a alargar la vida de anaquel del producto y con ello facilitar el alcance de cualquier alimento hacia los puntos de venta; se sabe que los empaques para cárnicos y lácteos tienen una atmosfera modificada, para evitar la permeabilidad del oxígeno y humedad, permitiendo alargar su vida útil hasta 30 días en refrigeración (Ospina & Cartagena, 2008).

La forma de emplear los plásticos en la industria alimentaria es para la conservación del alimento pues el mismo crea una barrera protectora contra los agentes externos evitando así la proliferación de patógenos y enfermedades; uso como reductor de desperdicios pues pueden reducir en un 50% el desperdicio del alimento; transporte del alimento pues son flexibles y ligeros, pero al mismo tiempo solidos pues no pierden su firmeza (Colebolsa, 2024).

Tabla 1. Legislación Normativa Mexicana e internacional aplicada a plásticos en contacto con alimentos.

Norma	Nombre	Objetivo
NMX-E-263-CNCP-2016	Industria del plástico-polietileno tereftalato reciclado utilizado para envases de alimentos y bebidas-especificaciones y métodos de prueba.	Esta norma establece las especificaciones para evaluar los procesos de descontaminación para el reciclado utilizado para envases de alimentos y bebidas-especificaciones y métodos de prueba.
NOM-130-SSA1-1995	Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. disposiciones y especificaciones sanitarias.	Esta Norma Oficial Mexicana establece las disposiciones y especificaciones sanitarias que deben cumplir los alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometido a tratamiento térmico, con excepción de los productos que cuenten con Normas Oficiales Mexicana específicas.
NMX-E-232-CNCP-2011	Industria del plásticos-simbología para la identificación del material constitutivo de artículos de plástico-nomenclatura	Establece y describe los símbolos de identificación que deben tener los productos fabricados de plástico en cuanto al tipo de material se refiere para facilita su selección y separación.
NMX-E-090-1979	Determinación de la resistencia al impacto	Especificar el método de determinación de la resistencia al impacto de los materiales plásticos termoestables
NMX-E-091-1979	Determinación de la deformación por el calor.	Especifica un método de determinación de la temperatura a la que los materiales plásticos moldeados sometidos a un esfuerzo de flexión alcanzan una deformación determinada.
NMX-E-093-1986	Resinas de polietileno de alta densidad	Establece las especificaciones mínimas de calidad que deben cumplir los diferentes tipos de resina de polietileno de alta densidad para moldeo y extrusión.
NMX-E-139-1986	Película, contaminación, corte y color de polietileno de baja densidad.	Establece los procedimientos para determinar el corte, color, contaminación por partículas extrañas del polietileno de baja densidad, así como la

		evaluación de la película elaborada con el material en estado virgen.
Reglamento (CE) N° 1935/2004	Legislación general sobre materiales en contacto con alimentos	Establece un base general para garantizar a protección de la salud humana, seguridad alimentaria, etiquetado, declaración de conformidad y trazabilidad
Reglamento (CE) N° 2023/2006		Establece normas sobre buenas prácticas de fabricación y sistemas de aseguramiento y/o control de calidad.
Reglamento (UE) N° 10/2011	Legislación específica para materiales plásticos	Establece lista de sustancias autorizadas de la UE, normas básicas sobre los ensayos de migración para PT y límites de migración. Así como las restricciones de uso de sustancias como Ba, Cu, Li.
Reglamento (CE) N° 1895/2005		Establece restricciones sobre el uso de determinados derivados epoxídicos y recubiertos.
Reglamento (CE) N° 282/2008	Legislación específica para materiales plásticos reciclados	Establece condiciones para la autorización individual de los procesos de reciclado por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA)

Fuente. Elaboración propia con información tomada del Diario Oficial de la Federación.

En la tabla 1 se detalla la legislación aplicada a plásticos en contacto con alimentos, así como también las encontradas en la Unión Europea, las cuales establecen listas de sustancias autorizadas, normativa sobre polímeros para envasado de bebidas, especificaciones de calidad del polímero para entrar en contacto con un alimento, etc.

Es necesario destacar las certificaciones que se visualizan en la superficie de los envases de algunos lácteos comercializados en la República Mexicana, ahí se puede encontrar algunas como la FSC (Tetra Pak), ISO 9001:2015 y FSSC 22000 V5 (MYPESA) para proporcionar una visión más detallada se han organizado en la tabla 2.

Tabla 2. Certificaciones en envases utilizados en México.

TETRA PAK		
FSC MIXTO fsc-C014047 Forest Stewardship Council	<p>Los productos que contengan esta etiqueta están elaborados con 100 % de material reciclado, significando que son materiales recuperados de posconsumo o preconsumo.</p> <p>Las empresas que posean esta certificación estarán comprometidas a seguir las estrictas normas de manejo forestal</p>	
PEAD (MYPSA)		
ISO 9001:2015	<p>Esta norma de tipo internacional establece los criterios para tener un sistema de calidad, aplica cualquier organización, se basa en los principios de gestión de calidad, enfoque de proceso y mejora continua.</p>	
FSSC 22000 V5	<p>Se trata de una norma de tipo internacional a favor de la iniciativa Mundial de Seguridad Alimentaria y mezcla los programas de requisitos previos, se desarrolló para la certificación de los sistemas de inocuidad de los alimentos garantizando así la seguridad alimentaria</p>	

Fuente: (FSC, s/f) (FSSC 22000, 2021)

Durante la fabricación de los laminados dentro de los envases Tetra Pak se necesitan de aditivos, los cuales no deben de ser tóxicos a la salud, siguiendo los lineamientos de la FDA tales como los mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Aditivos permitidos por la FDA en el proceso de fabricación de películas de polietileno

Norma	Sección	Descripción
21 CFR 175.300	Para recubrimientos resinosos y poliméricos.	Los revestimientos resinosos y poliméricos pueden utilizarse con seguridad como superficie en contacto con los alimentos de artículos destinados a producir, fabricar, envasar, procesar, preparar, tratar, envasar, transportar o conservar alimentos.
21 CFR 177.1520	Para polímeros de olefinas.	Sustancias para uso como componentes básicos de superficies de uso único y repetido en contacto con alimentos.
21 CFR 178.3570	Para lubricantes.	Los lubricantes con contacto incidental con alimentos pueden

		utilizarse de forma segura en maquinaria utilizada para producir, fabricar, envasar, procesar, preparar, tratar, envasar, transportar, o conservar alimentos.
21 CFR 178.2010	Para antioxidantes y estabilizadores.	Las sustancias de esta sección pueden utilizarse con seguridad como antioxidantes y/o estabilizantes en polímeros utilizados en la fabricación de artículos o componentes de artículos destinados a ser utilizados en la producción, fabricación, envasado, procesamiento, preparación, envasado.
21 CFR 178.3130	Para agentes antiestáticos o antiniebla.	Las sustancias de esta sección pueden utilizarse con seguridad como agentes antiestáticos y/o antivaho en materiales de envasado de alimentos, con sujeción a las disposiciones de esta sección.
21 CFR 178.3860	Para agentes de liberación (coadyuvantes).	Las sustancias enumeradas en esta sección pueden utilizarse con seguridad como agentes desmoldantes en la cera de petróleo.

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de (FDA, 2023).

1.1.1 Clasificación

Los plásticos más difundidos son los termoplásticos, estos son los que pueden fluir al ser calentados y al enfriarse pueden conservar la forma elegida. En la actualidad la mayoría de los plásticos derivan del petróleo mediante un proceso de polimerización (De-Titto et al., 2022).

Termoplásticos

Estos son aquellos que se pueden fundir al ser sometidos a la presión y temperatura adecuadas, la mayoría de estos materiales poseen una fácil capacidad para ser reciclados y entre los más comunes destacan el Polietilentereftalato (PET), Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Policloruro de Vinilo (PVC), Polietileno de Baja Densidad (PEBD), Polipropileno (PP) y Poliestireno (PS).

Derivados




Se encuentran los **celulósicos (CA)** los cuales son obtenidos mediante la celulosa vegetal y dentro de ellos encontramos el acetato de celulosa que sirve como material para fabricar laminas transparentes, así también se tiene como derivado de los celulósicos la *etilcelulosa (EC)* este material se utiliza en aplicaciones aeronáuticas.

Los derivados del petróleo, es otro material que se clasifica como un termoestable y dentro de estos derivados del petróleo se encuentra el *polietileno (PE)* del cual derivan los de alta densidad (HDPE (high density PE)) y los de baja densidad (LDPE (Low density PE)), siendo los primeros utilizados para fabricar garrafones y botellas; *polietileno tereftalato (PET)* este se utiliza para fabricar botellas de bebidas, películas fotográficas y fibras textiles; *Poliestireno (PS)* este se usa en carcasas de línea blanca, para alimentos en porciones pequeñas frescos y para envase de yogures; *polipropileno (PP)* este es utilizado para la elaboración de tuberías y para contener fluidos calientes (Espinosa, 2022). En la tabla 4 se encuentran los polímeros termoformados con sus características para una mejor visualización.

Tabla 4. Termoformados y sus características.

Polietileno de baja densidad (PEBD)	
Origen	Polimerización del etileno a alta presión.
Transparencia	Traslucido
Solubilidad	Xileno, dicloroetileno, absorbe hidrocarburos.
Temperatura de sellado	121°C – 176°C
Proceso	Extrusión, inyección.
Polietileno de alta densidad (PEAD)	
Origen	Polimerización del etileno a baja presión.
Transparencia	Opaco
Solubilidad	Xileno, dicloroetileno, absorbe hidrocarburos.
Temperatura de sellado	135°C – 154°C
Proceso	Extrusión, inyección, termoformado.
Polipropileno (PP)	
Origen	Polimerización de polipropileno
Transparencia	Transparente / translúcido.
Solubilidad	Xileno, cloroformo, tricloroetileno
Temperatura de	140°C – 160°C



sellado		
Proceso	Extrusión, inyección, termoformado, soplado	
Poliestireno (PS)		
Origen	Polimerización del estireno	
Transparencia	Transparente / opaco	
Solubilidad	Benceno y cloruro de metileno	
Temperatura de sellado	120°C – 175°C	
Proceso	Extrusión, inyección, termoformado, soplado	
Polietileno tereftalato (PET)		
Origen	Policondensación de polialcoholes y ácidos polibásicos como etilenglicol y tereftalato.	
Transparencia	Transparente	
Solubilidad	Alcohol bencílico y fenoles.	
Temperatura de sellado	205°C – 220°C	
Proceso	Extrusión, inyección, termoformado, soplado	

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de (Rodríguez, 2013).

Termoestables

En su formación química e industrial se ven transformados por el fraguado lo que significa que solo podrán ser moldeados una sola vez (Espinosa, 2022).

Derivados

Se pueden encontrar los **fenoplastos (PF)** material que se emplea en la fabricación de elementos eléctricos y electrónicos y en utensilios de cocina; **los aminoplastos (MF)** comúnmente conocidos como melamina y es empleado para recubrir tableros de madera; **resina de poliéster (UP)** de este material mayormente se obtiene hilos que son utilizados en la industria textil para la elaboración de ropa; **Resinas epóxicas (EP)** siendo estos revestimientos de latas de alimentos y bidones (Espinosa, 2022).

Elastómeros

Este tipo de plástico solo se puede estirar hasta 8 veces su longitud original sin modificaciones a su forma y/o tamaño al terminar de ejercer la fuerza que lo estiró, sin embargo, este tipo de plásticos no resiste altas temperaturas y se degrada con facilidad (Espinosa, 2022).

Derivados

En este apartado podemos encontrar al *caucho (CA)* siendo utilizado en tubos flexibles y guantes; *neopreno (PCP)* empleado para trajes de buceo; *poliuretano (PUR)* del cual se obtienen las prendas de vestir elásticas y cintas transportadoras; *siliconas (SI)* del cual se obtienen los hules, y algunas prótesis médicas (Espinosa, 2022).

1.2 Envases

Los plásticos sintéticos son producidos por polímeros como lo son el polietileno, el polietileno tereftalato, el poliestireno y el cloruro de polivinilo. Dentro de los tipos de envases empleados para alimentos podemos encontrar los “envases pelables” los cuales son tarrinas selladas con algún film en la parte superior haciendo que el alimento quede totalmente aislado del exterior manteniéndolo fresco (García, 2021). Entre algunas aplicaciones de los plásticos como empaques de alimentos se encuentran los siguientes:

- *Bandejas o cestas de PET:* estas garantizan la seguridad del alimento, mayormente las podemos encontrar en los recipientes donde se ofrecen ensaladas, mejorando la presentación y seguridad en su transporte.
- *Bolsas para contener:* Las encontramos de tipo ziploc elaboradas de polietileno de baja densidad LDPE, se emplea este tipo para poder agregarle a la bolsa una alta resistencia a la tensión (UDOE, 2024), además de que se caracterizan por añadir a su empaque un sellado de doble cierre para ayudar a mantener los alimentos frescos (SC Johnson, 2024).
- *Mallas alimentarias:* estas están elaboradas de poliamida y de polietileno ambas poseen propiedades de resistencia y durabilidad, previenen de defectos en su transporte.

- *Botes*: se trata de recipientes de plástico, en su mayoría de PEAD (polietileno de alta densidad) utilizados para almacenar alimentos sólidos o semisólidos (Multiplastics, 2024).

1.2.1 Interacción empaque-alimento

Para poder preservar un alimento se hace uso de un empaque, ya sea de tipo primario o secundario dependiendo de las necesidades del alimento. El empaque primario es el que protege del exterior a la frescura de este, así también puede mostrar información del producto tal como su tabla nutrimental, sellos, etc. y el empaque secundario puede ser nombrado también como un embalaje este se puede definir como aquel que sirve para transportar al alimento ya con el envase primario como principal protección.

Tratándose de un envase primario, este debe de ser elaborado con fundamental responsabilidad para prevenir de cualquier riesgo y cuidar de la salud del consumidor (Navia et al., 2014). La directiva FDA propone vidrio, metal, plástico, papel y cartón, así como también se encarga de regular que las empresas productoras de estos materiales se apeguen a la normativa, una de ellas es la Directiva 2/711/EEC.

Existen tres tipos de interacción entre el empaque y el alimento, *migración* esta se lleva a cabo desde que es empacado el alimento y durante su almacenamiento; *permeación de gases y vapor*, esta se genera desde que un alimento emite gases en el interior al empaque y viceversa, *permeación de vapores orgánicos*, el empaque es capaz de absorber aromas tanto del exterior como del interior causando pérdida de frescura al alimento en ambos casos, *transparencia de los empaques a la luz*, cuando el empaque transparenta el producto este se ve expuesto a los rayos solares y en longitudes de onda cortos oxida al alimento lo cual produce decoloración, pérdida de nutrientes, etc. (Navia et al., 2014).

Entre los polímeros más utilizados en los envases y embalajes para alimentos se encuentran los monómeros, oligómeros, plastificantes, antioxidantes y colorantes. Cada uno de estos compuestos afecta de forma particular al alimento, es decir, tanto los monómeros como los oligómeros son tóxicos, ejemplo de estos es el PVC, el cual en su proceso de fabricación conlleva el uso del cloruro de vinilo, esta es una sustancia química que se produce en la etapa de incineración del PVC liberando así dioxinas las cuales son catalogadas como disruptores endocrinos y produciendo daños al sistema nervioso central (Eco-Healthy Child Care, 2020).

Por su parte los plastificantes poseen un efecto carcinogénico, ejemplo de estos es el estearato de butilo, acetiltributil citrato y los adipatos. La migración se da cuando se tiene contacto directo con los alimentos que poseen grasa y si se le adiciona el aumento de temperatura.

Los antioxidantes son utilizados para poder disminuir el proceso de oxidación de los plásticos cuando son expuestos a la luz solar, ejemplo de ellos es el BHT y el Irganox, la mayoría de los antioxidantes (Navia et al., 2014). Por último, se tienen a los colorantes los cuales se dividen entre pigmentos y colorantes, las tintas presentan cierta compatibilidad con los polímeros empleados y los pigmentos se caracterizan por ser lo contrario, pues estos presentan alta incompatibilidad con los polímeros.

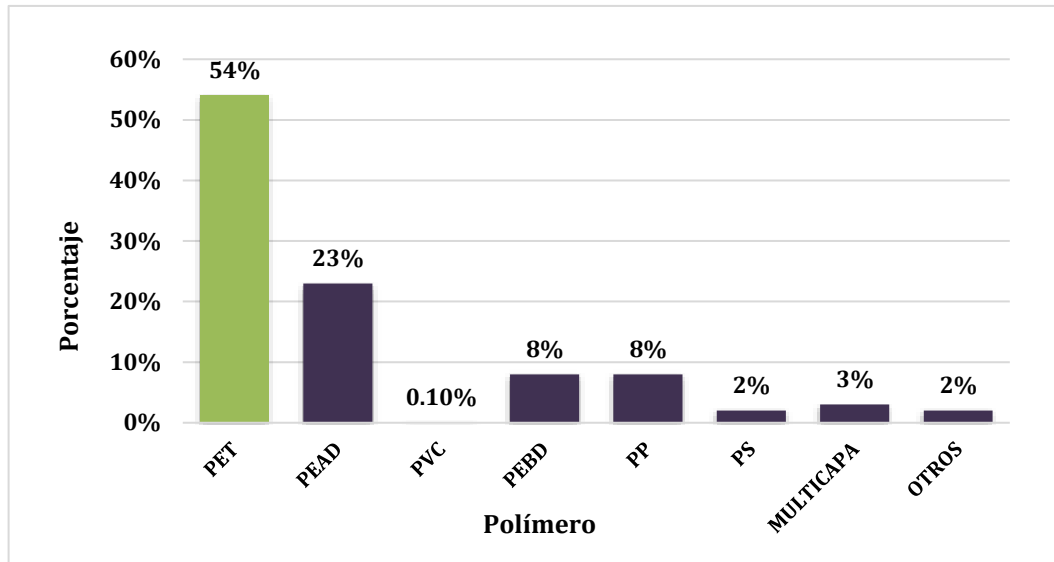
1.2.2 Legislación normativa de migración del empaque

En la parte de la legislación internacional se encuentra la propuesta por la FDA y la Comunidad Europea las cuales constan de tres directivas las aplicables a los materiales y artículos, las aplicables a una categoría específica y las relacionadas con las sustancias específicas (Arvanitoyannis et al., 2004). Son siete las directivas, entre ellas la Directiva 90/128/EEC establece que el valor de migración de un empaque a un alimento no debe superar los 10 mg/dm^2 es decir 60 mg/Kg de alimento al menos para los migrantes permitidos mencionados anteriormente. En caso del Bisfenol A este se puede permitir hasta en 1 mg/Kg de material plástico usado en contacto con los alimentos, así también, permite un límite de migración al alimento que se pueda clasificar como *no detectable* de máximo 0.020 mg/Kg (Navia et al., 2014).

1.2.3 Estadísticas del uso de envases plásticos en México y el mundo.

ANIPAC (2021) realizó un informe donde participaron 85 empresas entre ellas las de mayor reconocimiento en el país las cuales proporcionaron información sobre el uso que le dan a sus materiales de envasado y embalaje dando como resultado la siguiente gráfica:

Gráfica 1. Porcentaje de uso de distintos polímeros en México



Fuente. ANIPAC 2021. INFORME DEL ACUERDO NACIONAL PARA LA NUEVA ECONOMÍA.

Se observa que el PET es el polímero de mayor uso en la industria y en segundo lugar se tiene al PEAD, empleado para crear empaques rígidos. En México se tuvo registro de 1,324,150 toneladas de plástico para la fabricación de material. Por otra parte, el consumo de estos plásticos en México fue de 5,917,000 toneladas cifra de la cual solo el 44.7% fue utilizado para envases y empaques que es aproximadamente 2,644,900 toneladas.

El consumo de plástico a nivel mundial en 2015 según Greenpeace (2018) fue de 380 millones de toneladas, 500 mil millones de toneladas corresponden a las producidas por la industria de bebidas y de acuerdo con la (ONU, 2018) solo el 9% de los 380 millones es reciclado.

Por otro lado, la cámara Argentina de la Industria de Reciclados de plásticos compartió que la sinterización del polietileno y el polietileno de alta densidad se elaboran con informalidad, así también proyectaron que para el 2020 habría un 46% adicional de residuos plásticos, debido este problema en el 2019 desarrollaron un proceso con el cual se podrían descomponer los residuos de PET y así ofrecer una tecnología capaz de reciclar el PET al 100% (Torres, 2019).

Los lácteos se venden en México principalmente empacados en recipientes de polietileno de alta densidad (PEAD) o en resinas de polietileno lineal de alta densidad (PELAD) de las cuales se abordan en los siguientes párrafos.

1.2.4 Envasado de lácteos

Se tienen 4 los tipos de envases comúnmente utilizados para lácteos:

El polipropileno es un material altamente reciclable y de peso ligero respecto a los demás envases como vidrio o metal lo cual le ayuda a reducir el impacto ambiental, así también es material resistente y duradero (Conagroags, 2024).

El vidrio, aunque en la actualidad este material ya casi no se emplea como envase de leche entera o descremada si se puede seguir viendo como envase de bebidas lácteas tales como las preparadas con café y saborizantes, la ventaja es que pueden resistir temperaturas de hasta 150°C, la desventaja es que es material muy frágil en cuanto a su transportación.

El metal este material se emplea para almacenar leche condensada, leche evaporada y fórmulas lácteas, la ventaja que brindan es la dureza, es a prueba de grasa y en conjunto con las lacas que le adicionan al metal brindan durabilidad del alimento de hasta por un año, tampoco requiere refrigeración, posee opacidad a la luz y radiaciones (Beltrán, 2013).

Tetra Pak los cuales están formados por seis capas tales como **polietileno > cartón > polietileno > aluminio > polietileno > polietileno** que mantiene alejado al producto del exterior, el polietileno evita que el líquido salga del envase, el aluminio proporciona una barrera eficaz contra oxígeno-luz y el papel proporciona rigidez.

Mediante la observación de los productos lácteos en los comercios de la República Mexicana se observa que existen dos grandes empresas al mando de los envasados de estos productos, tales como la compañía Tetra Pak, la cual fue inaugurada en 1997; en aquel año se incorporaron (en conjunto con las seis restantes plantas que se inauguraron en aquel año) tres sistemas de envasado nuevo: Tetra Prisma Aseptic, Tetra Wedge Aseptic y Tetra Fino Aseptic, superando a nivel mundial la producción de 82 mil millones de envases de cartón al año, en conjunto de las plantas ya inauguradas para ese año y la compañía MYPESA ubicada en Monterrey de la cual en su página web se muestra que es una planta con más de 50 años de experiencia, contando con certificaciones ISO 9001:2015 y FSSC 22000 V5, también muestra 7 marcas reconocidas nacional e internacionalmente como sus clientes (MYPESA, 2024).

1.2.5 Envasado Tetra Pak

Estos se definen como envases asépticos los cuales permiten que los alimentos líquidos logren mantener su color, textura, sabor y valor nutricional hasta por casi 12 meses sin la necesidad de utilizar conservantes o refrigeración.

De acuerdo con Chavarrías (2013) la mayoría de los productos lácteos se comercializan en dos tipos de envases, tales como plástico o tetrabriks debido a que el envasado aséptico que maneja Tetrapak garantiza una larga conservación sin importar que se mantenga a temperatura ambiente, sin embargo, una vez abierto el envase debe de guardarse en el refrigerador.

La estructura está formada por seis capas (figura 1) las cuales ofrecen protección en contra de agentes externos que puedan descomponer el envasado, tales como el oxígeno y luz.

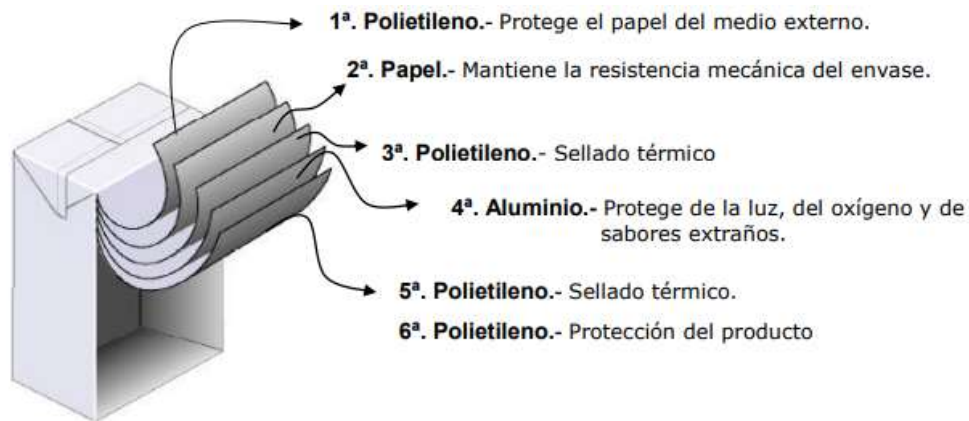


Figura 1. Composición del envase Tetra Brik Aséptico.

Fuente: (Liconsa et al., 2020)

1.2.6 Gramaje

La tabla 5 presenta la composición en peso de un Tetra Brik Aseptic envase de un litro y envase de 250 mL, apreciándose los pesos que están estandarizados para cada componente y su posterior uso.

Tabla 5. Composición de envases Tetra Brik Aseptic.

Material	TBA/ml FP CB 1000 ml.	TBA/ji FB CB 250 mL
	Slim	Base TBA/mL FP CB 250 mL Base
Polietileno exterior	12,00 g/m ²	12,00 g/m ²
Papel impreso	306,00 g/m ²	217,00 g/m ²
Polietileno	20,00 g/m ²	20,00 g/m ²
Aluminio	17,00 g/m ²	17,00 g/m ²
Polietileno + Adhesivo	25,00 g/m	25,00 g/m
Gramaje total	380,00 g/m ² ± 25,00 g/m ²	291,0 g/m ² ± 12,00 g/m ²

Nota. TBA: Tetra Brik Aseptic, FP: Flexo Process, CB: Papel blanqueado.

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de (Liconsa et al., 2020).

1.2.7 Tipos

En la tabla 6 se presentan los distintos tipos de envasado Tetra Pak y su uso común en la industria alimentaria, destacando que el tipo de envase Tetra Brik Aseptic es el mayormente utilizado en la industria.

Tabla 6. Tipos de envasados de Tetra Pak

Envasado	Sistema
Tetra Brik Aseptic	Este es el envase común, es fácil de abrir y de verter.
Tetra Classic Aseptic	Es adecuado para jugos, leche, helados, queso untable.
Tetra Fino Aseptic	Su principal característica es que puede mantener frescos los alimentos durante meses y sin la necesidad de refrigeración.
Tetra Gemina Aseptic	Su principal característica es que brinda una excelente manera de verter el contenido.
Tetra Prisma Aseptic	La innovación en estos envases radica en que se puede beber fácilmente el contenido y guardarse al tamaño del bolsillo.

Tetra Wedge Aseptic	La innovación radica en su forma pues lo hace llamativo a los ojos de los niños, por ejemplo.
Tetra Stelo Aseptic	Su principal característica es que en este envase se pueden conservar a temperatura ambiente, así como un mejor agarre en su taparroscas gracias a la tecnología WingCap 30.
Tetra Top	Hechos principalmente de cartón lo cual representa un menor impacto ambiental y cuenta con un sistema de apertura de dos pasos lo cual aumenta la confianza en que el producto permanece sin ser manipulado.

Fuente. (LICONSA, s/f).

Los envasados Tetra Pak contienen películas fabricadas con resinas de polietileno de baja densidad (PEBD) y con resinas de polietileno lineal de baja densidad (PELBD), esta se encuentra coextruida en tres capas mediante el proceso de extrusión (figura 2) (Liconsa et al., 2020).

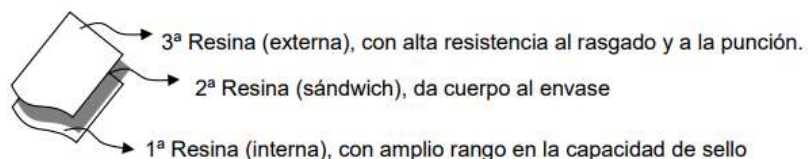


Figura 2. Composición de las películas empleadas en Tetra Pak

Fuente. (Liconsa et al., 2020)

1.2.8 Defectos menores y mayores que puede presentar el empaque Tetrapak

Liconsa (2020) menciona que algunos de los *defectos mayores* que puede presentar el empaque son el desprendimiento de la tinta, fallas en la impresión siendo incompleta o sin impresión y el exceso de migración de aditivos. Dentro de los *defectos menores* se encuentran los siguientes en la tabla 7.

Tabla 7. Defectos mayores y menores reportados por Liconsa.

Acabado en película	Características	Acabado de Bobina
Poros Rayaduras Partículas de carbón Geles	Presencia de rayas Manchas de tinta Remosqueo	Arrugas y pliegues Bobinas con entrantes y salientes Telescopio

Ondulaciones y sinuosidad
Exceso de empalmes
Núcleo sólido
Empalmes no identificados
Embobinado flojo

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de (Liconsa et al., 2020).

Sin embargo, en el manual de Liconsa (2020) se cuentan con métodos de análisis que verificarán que se encuentren en su mayoría libres de estos defectos, algunos de los métodos que tienen relevancia en la contaminación por microplásticos se encuentran en la tabla 8.

Tabla 8. *Métodos de análisis de calidad para laminaciones.*

Parámetro	Método de análisis
Anclaje de tinta	EE-A-162-PL Método para identificar el anclaje de la tinta en la impresión de la película de polietileno
Espesor	EE-E-166-PL Método para determinar el espesor de la película de polietileno/ NMX-E-003-SCFI-2003.
Geles	EE-G-167-PL Método de inspección para identificar la presencia de geles en la película de polietileno.
Partículas de carbón	EE-P-170-PL Método de inspección para identificar defectos de partículas de carbón, poros y rayaduras

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de (Liconsa et al., 2020).

Se han reportado partículas de polímeros en alimentos como en la sal alimentaria, langostas, miel, cervezas, agua embotellada (Pablos, 2022), estas al ser de tamaño muy pequeño de diámetro entre 0,1 μm y 5 μm suelen introducirse en el medio ambiente debido a la fragmentación de productos plásticos de mayor tamaño como las botellas de PET.

1.3 Microplásticos

Estos se han definido como partículas de plástico que tienen un tamaño de entre 1 μm y máximo de 5 mm de diámetro (Nava et al., 2022). Estos pueden formarse a partir de plásticos más grandes o mediante la absorción en sus tejidos a través de su manipulación debido a que son polímeros.

También pueden ser clasificados por tamaño entre los cuales se encuentran 3 *macroplásticos*

formados por el moldeo de pellets de resina y el tamaño es superior a 5 milímetros, los *microplásticos* los cuales son una mezcla heterogénea de materiales con tamaño variante entre 0.1 y 5000 micrómetros y los *nanoplásticos* los cuales poseen un tamaño entre 1 y 100 nanómetros (ELIKA, 2020).

1.3.1 Origen

Existen dos tipos de clasificaciones de microplásticos los de fuentes primarias y los de fuentes secundarias, los de fuentes primarias son derivados de artículos de cosmética, productos de limpieza, pinturas y algunos necesariamente fraccionados en ese tamaño para la mejor formación de materiales plásticos y los derivados de fuentes secundarias son generados por la degradación fotolítica de los macropolásticos o derivados de procesos de hidrólisis (Lino, 2019).

El incremento de microplásticos en el mundo se ha dado de igual forma por el incremento en el uso de plásticos en las diversas actividades cotidianas; se estima que 8.8 millones de toneladas de este se encuentran cada año en los océanos perjudicando a la flora y fauna de estos (Aparna, 2019).

Un *plástico* es cualquier material de origen sintético y los polímeros presentes en la mayoría de estos microplásticos, son categorizados como el polietileno, el polipropileno y el poliestireno (Gómez et al., 2019).

De acuerdo con (Z. Yang et al., 2023) los microplásticos exteriores provienen de emisiones de vehículos, así como del desgaste de los neumáticos, pinturas exteriores, textiles sintéticos, filtros de aire acondicionado.

1.3.2 Impacto ambiental

Este material formado de distintos tipos de plástico difícilmente puede ser reciclado, Iberdrola (2012) menciona que solo el 9% de los residuos plásticos se recicla, el 79% termina siendo depositado en sistemas de riego contaminado así los mares, es ahí finalmente donde se disgrega en micropartículas contaminando el agua y dañando de forma significativa a toda clase de fauna y el 12% ha sido incinerado.

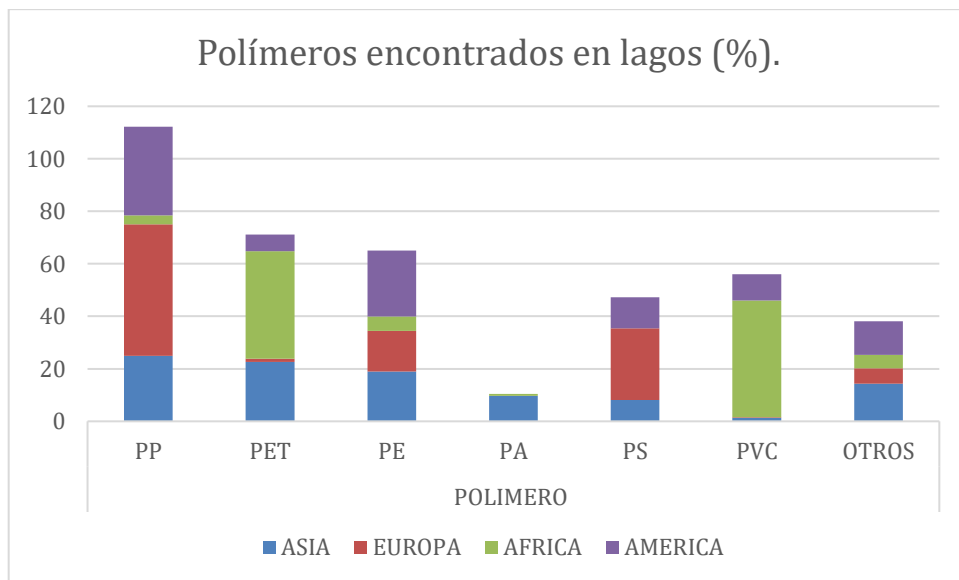
El mayor impacto ambiental se ve reflejado en los organismos acuáticos, puesto que el tamaño de los microplásticos es lo suficientemente pequeño como para poder ser ingeridos por el

zooplancton. Los microplásticos impactan en el sistema digestivo causando obstrucción y con ello morir por inanición (Sarria et al., 2016). Así mismo, la fauna marina sufre de daños físicos con la reducción de la condición reproductiva, daños en la piel y algunos reportes han señalado que también sufren de ulceración en las capas internas de sus órganos.

El desgaste de microplásticos en el medio acuático conlleva a afectar el correcto desarrollo de las especies pues se han encontrado focas con concentraciones de policlorados por encima de los 1370 ng/g debido a que en su dieta consumen pescados contaminados con plásticos (Sarria et al, 2016).

De acuerdo con S. Yang et al. (2022) a nivel mundial se determinó que el componente polimérico más común de microplásticos en el agua de los lagos de Asia es el PP (25%), PET (22.6%), PE (19%), PA (9.7%), PS (8.1%), PVC (1.3%), otros (14.4%). En el continente Europeo el polímero mayormente encontrado en el agua fue del 50% de PP, 15.5% PE, 1.3% PET, 27.3% PS, 0.2% PVC, 5.8% otros, y en el continente Americano el polímero mayormente encontrado en el agua del lago fue PP (33.8%), PE (25.1%), PS (11.9%) y PVC (10%), PET (6.3%), en el continente Africano el PVC con un 44.5% constituyó el polímero de mayor proporción de microplásticos encontrados en el agua de los lagos, seguido del PET (40.9%), PE (5.4%), PP (3.4%), PA (0.7%), otros (5.1%).

Gráfica 2. Polímeros mayormente encontrados en los lagos a nivel mundial, divididos en continentes.



Fuente. Adaptación propia con información retomada de Yang et al. (2022)

1.3.3 Microplásticos en alimentos

Los alimentos por los cuales los microplásticos comenzaron a ser un foco de alerta fue el haberlos encontrado principalmente en sal, pescado y agua embotellada, de manera que esto dio pie a nuevas líneas de investigación donde se hallaron en miel, leche descremada, refrescos, cerveza artesanal e industrial (Díaz-Basantes et al., 2020).

Se estima que los habitantes estadounidenses ingieren entre 39,000 y 52,000 unidades microplásticas al año al menos en alimentos, hasta 77,700 unidades de microplásticos al año en sal y agua potable-grifo y entre 11,845 – 193,200 unidades de microplásticos en productos como los mariscos y cerveza (López et al., 2022), se tiene registro de una estimación del promedio de microplásticos ingeridos por cada ser humano de entre 0,021 g – 0,761 g al día.

Los plásticos son considerados como materiales inertes sin embargo dentro de sus propiedades cuentan con la propiedad de adsorción de macromoléculas tales como las proteínas y lípidos, el conjunto se le denomina *corona* pudiendo modificar las interacciones de las partículas con las células del organismo condicionando su toxicidad. Estos también pueden absorber contaminantes orgánicos como los pesticidas (DDT) y los policlorobifenilos (PCB) (Hollóczki, 2020).

Se tiene comprobado que un adulto puede ingerir alrededor de 5.77×10^5 partículas de microplásticos por año a través de la dieta. Los microplásticos ingresan principalmente a través de la inhalación, agua potable, sal, pescado, frutas y verduras (Z. Yang et al., 2023).

1.3.4 Microplásticos en lácteos

Los productos lácteos son ricos en grasas, proteínas y energía para el cuerpo humano, estos para que puedan llegar en condiciones de frescura tienen que atravesar por procesos como lo es el ordeño de la vaca, la pasteurización y el empaquetado, dentro de los cuales existe el riesgo por contaminación de microplásticos, de forma similar es como fue prohibido el BPA en materiales que se empleaban para tener contacto con alimentos, pues este era muy fácilmente lixiviado del plástico a la leche (The Guardian, 2018).

Guallasamín *et al.* (2019) identificaron y caracterizaron 10 muestras de leche descremada

comercializadas en Ecuador; la interferencia que presentaron fue la presencia de la grasa en la leche, es por esta razón que se decantaron por el uso de leche descremada y no leche entera. Los resultados mostraron en las 10 marcas de leche descremada la presencia de microplásticos; las muestras 1,2,3,5,6 y 9 tuvieron un promedio de 160.5 partículas en 500 mL de leche analizada con tamaños en un rango de 2.48 a 183.78 μm .

Kutralam-Muniasamy *et al.* (2020) evaluaron y caracterizaron en función de sus grupos funcionales a los microplásticos hallados en 23 muestras de 8 diferentes marcas de leche comercializadas en México, entre las cuales destacan deslactosadas, light y reducida en grasa, 22 con la característica en común de preceder de envases Tetra Pak. Los resultados indican que hallaron (mediante un análisis Micro-Raman) 150 partículas de microplásticos en las 23 muestras; la M-23 (leche entera) y M-15 (reducida en grasa) presentaron el número más alto de microplásticos por sí mismas, ambas con 11 partículas, el número más bajo obtenido fueron M-8 (deslactosada) y M-20 (leche entera) ambas con 3 partículas de microplásticos respectivamente. Por otra parte, los resultados de la espectroscopia Raman arrojaron la presencia de microplásticos con composición química identificada como polietersulfona (PES) y polisulfona (PSU), siendo el PES el más común en este estudio.

Da-Costa *et al.* (2021) evaluaron la presencia de microplásticos en muestras de leche de granja, leche procesada y leche en polvo mediante el método de Raman. Los resultados mostraron que en las cuatro muestras de leche analizada se encontraron nueve diferentes tipos de microplásticos entre ellos PA, PE, PES, PTFE y residuos de compuestos orgánicos.

Veen *et al.* (2022) evaluaron la presencia de microplásticos en matrices alimentarias como leche, carne y sangre. Se evaluaron 15 muestras de leche de diferente proceso (descremada, semi, UHT, etc.); 11 muestras fueron tomadas de granjas, las cuatro restantes adquiridas de supermercados. Los resultados mostraron que se encontraron microplásticos de tipo PVC-P, PMMA, PP, Styr-P, PE y PET en todas las muestras analizadas, siendo los PE encontrados en mayor cantidad por leche envasada y leche de granja, ambas con 21 $\mu\text{m/g}$.

Ragusa *et al.* (2022) realizaron un estudio con el consentimiento previo de 34 mujeres sanas de entre 28 – 50 años con embarazos sin complicaciones en donde después del parto recolectaron muestras de leche para posteriormente analizarlas mediante Microespectroscopía Raman. El estudio consistía en primeramente pedirles que rellenaran un cuestionario para registrar los

alimentos con énfasis en mariscos y productos del mar, envases de grado alimenticio y los productos de uso personal que han usado y consumido 7 días antes de la toma de muestra de leche. (Ragusa et al., 2022)

Después de una semana de dar a luz, recolectaron leche sin utilizar extractores ni ningún otro equipo de succión, solo presiones con la mano.

Para la digestión de la leche y sus componentes emplearon KOH al 10% + agua desionizada dentro de un matraz en incubación a 40°C por 48 h. Posteriormente filtraron las muestras en membranas de microfibras de vidrio con tamaños de poros de 1.6 µm. Finalmente se detectaron con equipo de Microespectroscopía Raman en un rango espectral de 532 nm. Los resultados arrojaron que todas contenían microplásticos en su leche materna; filamentos caracterizados en polímeros de nitrocelulosa, polietileno, PVC, polipropileno, poliéster, acrolinonitrilo butadieno estireno. El polietileno fue el polímero predominante. Todos los anteriores en colores como azul, café, negro, verde, azul claro, naranja, amarillo, rojo, incluso, transparentes. Determinaron que estas mujeres pudieron haber contraído la contaminación por medio de sus productos de higiene y aseo personal, ya que utilizaron lociones, pasta de dientes, consumo de mariscos.

1.3.5 Posibles rutas de contaminación de lácteos.

Kutralam-Muniasamy *et al.* (2020) argumenta que pueden ser muchos los factores que afectan la calidad del producto, entre ellos está el agua con el que, combinan la leche, ya que esta agua si posee más antecedentes sobre presencia de microplásticos; otra de las posibles causas de contaminación en productos lácteos es mediante los polímeros para formar membranas de ultrafiltración y microfiltración llevados a cabo en la industria láctea. Estos compuestos son una barrera sobre un soporte de fibra de poliéster, pues muestran gran potencial para filtrar en lácteos, con buenas tasas de flujo, pero es sencillo que se produzca en el agrietamiento y con ello el fácil desprendimiento de la membrana contaminado así los lácteos, en especial la leche.

Como se mencionaba anteriormente Ragusa et al. (2022) determinó que la contaminación por microplásticos en leche materna fue adquirida por medio de la alimentación de las madres gestantes, pues los productos alimentarios del mar contienen elevados niveles de microplásticos en sus organismos (Gómez et al., 2019), así como también la utilización de productos de higiene personal ya que todos están envasados en materiales poliméricos y estos sufren degradaciones por diversos factores, un ejemplo el pH (Ragusa et al., 2022). En la tabla 9 se detallan las metodologías más recientes que han seguido distintos autores para la extracción y cuantificación de microplásticos

1.3.6 Métodos de detección de microplásticos en alimentos.

Tabla 9. Recopilación de metodologías para la extracción e identificación

AUTORES	(Guallasamín et al., 2019)	(Kutralam-Muniasamy et al., 2020a)	(Mühlschlegel et al., 2017)	(Ragusa et al., 2022)	(Kiruba et. al, 2022)
Matriz	Leche descremada.	Leche de vaca de distintas marcas comercializadas en México.	Miel	Leche materna	Leche de vaca de distintas marcas comercializadas en India.
País	Ecuador	México	Suiza	Italia	India
Año	2019	2020	2017	2022	2022
Tratamiento Previo	Precalentar a 60°C en baño maría para mejorar fluidez de la leche.	Precalentar leche	Precalentar muestra a 60°C	Incubación a 40°C por 48 horas.	Precalentar
Metodología	<ol style="list-style-type: none"> 1-. Calentamiento a 60°C y filtración. 2-. Oxidación por 72 horas con H₂O₂ 3-. Filtración adicional y microfiltración al vacío. 4-. Sonicación para evaporación 5-. Microfiltración en membrana de PTFE. 	<ol style="list-style-type: none"> 1-. Precalentar leche 2-. Filtrar en Whatman de 11 µm. 3-. Enfriar para evitar obstrucción por grasa. 4-. Transferir a placa Petri y dejar a T° de 20°C 	<ol style="list-style-type: none"> 1-. Calentar a 60°C y después a 70°C. 2-. Filtrar a través de filtro nylon Millipore. 3-. Lavar impurezas de filtros. 4-. Purificar muestra de residuos. 5-. Sonicar por 15 minutos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1-. Obtener la leche materna por medio de la presión manual. 2-. Adicionar 1 mL de KOH al 10% e Incubar a 40°C por 48 horas. 3-. Filtrar al vacío en membranas Millipore GF/A 1.6 µm. 5-. Secar membranas a temperatura ambiente y almacenar en placas Petri. 	<ol style="list-style-type: none"> 1-. Se realizo una filtración en filtros Whatman de grado 1
Digestión	Peróxido de hidrogeno al 30%	/	Peróxido de hidrógeno al 30%	Hidróxido de potasio al 10%	/
Técnica De Categorización De Polímero	No se aplicó.	Espectroscopía Raman con un infrarrojo cercano a 785 nm	Fourier FTIR-ATR	Microespectroscopía Raman rango de 532 nm a 785 nm	Fourier (FTIR)

Polímero	No se identificó Colores como azul, rojo, verde, negro y transparente.	Colores azul, rojo, rosa y café. Composición similar a la de los polímeros termoplásticos de sulfona.	Fibras negras	Nitrocelulosa Polietileno Cloruro de polivinilo Polipropileno Polietileno clorado Alcohol de polivinilo Polimetacrilato de etilo Acronitrilo butadieno estireno Poliestireno Poliéster Policarbonato Polietileno de alta densidad	Poliestireno polietileno Polipropileno Poliacrilamida
Ecuación Para Establecer La Dimensión De Microplásticos.	Distribución de tamaño= (Largo + ancho) $\mu\text{m} / 2$	No presenta	No presenta	No presenta	$N1=NMP/L*M$

Fuente. Adaptación propia con información tomada de (Guallasamín et al. 2019), (Kutralam-Muniasamy et al., 2020a), (Mühlschlegel et al., 2017), (Kiruba et. al, 2022) (Ragusa et al., 2022).

Moya (2022) menciona que en la actualidad no hay metodologías estandarizadas debido a la complejidad que presenta cada matriz, sin embargo, muchas de las metodologías probadas se basan en la digestión de las muestras para poder extraer los microplásticos, ya sean diluciones alcalinas como lo es el KOH, acidas como el HCL y HNO₃ hasta la utilización de soluciones enzimáticas; posteriormente realizar microfiltraciones (Moya, 2022). En la tabla 10 se detallan los tipos de métodos de extracción de microplásticos, encontrando que existen dos tipos de digestiones.

Tabla 10. Tipos de métodos de extracción de microplásticos.

MÉTODO DE EXTRACCIÓN	CLASIFICACIÓN	REACTIVO	CONCENTRACION	AFINIDAD	EFICIENCIA
Degradación Química	Digestión química oxidativa.	Ácido clorhídrico Ácido nítrico Peróxido de hidrogeno.	15% al 35%	PS PP PE PVC	Alta sin embargo puede dañar polímeros como el nylon y polietileno

					tereftalato.
	Digestión química alcalina.	Hidróxido de potasio Hidróxido de sodio.	10%	PP PE PS PVC	Alta y presenta daños menores en fibras o fragmentos de polímeros.
Digestión enzimática	Macronutrientes y micronutrientes.	Proteolíticas. Lipídicas.	La necesaria	Hidrolizan enlaces peptídicos. Catalizan éteres de ácidos grasos.	No tan alta pues se ve involucrado en pH de cada enzima.
Microfiltración	Membranas biológicas o sintéticas.	Filtro de membrana nylon.	-	Compatible con amplia gama de disolventes.	Resistente a altas temperaturas (121°C).

Fuente. Adaptación propia con información tomada de (Moy, 2022) y (Parra, 2022).

En la tabla 11 se muestran los métodos de detección y cuantificación de microplásticos encontrándose que existen tres reconocidos mundialmente por distintos autores,







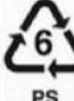

Tabla 11. Métodos de detección y cuantificación de microplásticos.

MÉTODO DE EXTRACCIÓN	CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Microscopía óptica	Microscopio invertido trinocular	Uso d luz visible para poder observar las muestras a analizar
MicroFTIR	Equipo de espectroscopia infrarroja	Caracterización química de compuestos orgánicos e inorgánicos
Tinción	Rosa de Bengala	Ayuda aumentando la eficiencia de la identificación visual de microplásticos, tiñe fibras naturales y sintéticas.
	Rojo Nilo	No da lugar a falsos negativos o positivos, eficiente en espectro de 450-510 nm.

Fuente. Adaptación propia con información tomada de (Moya Loya, 2022) (Parra, 2022).

En la tabla 12 se muestran los espectros infrarrojos de los polímeros de mayor presencia en la caracterización de microplásticos.

Tabla 12. Espectros obtenidos de polímeros.

Polímero	Código de identificación internacional de polímeros	Espectro
Polietilentereftalato		
Polietileno de alta densidad		
Policloruro de vinilo		
Polietileno de baja densidad		
Polipropileno		
Poliestireno		
Otros: PC Policarbonato		

Fuente: (Velandia, 2018)

1.3.7 Riesgos a la salud humana.

El riesgo es claro pues en los plásticos, como se veía en temas anteriores, están presentes los derivados del petróleo y con más frecuencia en empaques alimentarios el polipropileno y el tereftalato de polietileno (PET).

En los resultados del estudio *“Imitación de la ingestión humana de microplásticos: pruebas de bioaccesibilidad oral de bisfenol A y ésteres de ftalato con alimentos y en ayunas”* demostraron que los polímeros de tipo LDPE poseen una bioaccesibilidad mayor en condiciones de masticación y alimentación debido a que se involucran en mayor concentración a las enzimas y

sales biliares lo cual aumenta la solubilidad del polímero en la fase gastrointestinal (López-Vázquez et al., 2022).

Los microplásticos conllevan riesgos muy altos pues, los aditivos polares incluidos en el polímero para su elaboración se lixivian con mayor facilidad en la fase gastrointestinal del ser humano.

En la tabla 13 se presentan algunos de los efectos dañinos a la salud provocados por la exposición a plásticos encontrados en diversos artículos científicos, siendo de relevancia los ftalatos.

Tabla 13. Efectos en la salud asociados a la exposición a plásticos y derivados como artículos de higiene personal.

Compuesto	Humanos
Ftalatos	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la distancia anogenital • La exposición postnatal provoca una disminución de la libre testosterona y cambios en la inmunidad humoral. • Bajo peso al nacer. • Se le asocia con rinitis, sibilancias y eccema • También anomalías morfológicas y citogenéticas en esperma
BPA	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor riesgo de diabetes • Se asocia con enfermedades cardiovasculares y hepáticas
PEBD	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución del cociente y discapacidad intelectuales • Se le asocia con cáncer testicular • Se le asocia con la disminución de la longitud del pene, maduración sexual retrasada y disminución de la fertilidad.
Parabenos	<ul style="list-style-type: none"> • En una exposición prenatal ocasiona bajo peso.

Fuente: Elaboración propia con información tomada de (Ortega et al., 2021).

Existen estudios donde se ha demostrado de forma in vivo e in vitro que la exposición a microplásticos causa fibrosis hepática y trastornos metabólicos, así como el deterioro de la función renal y pulmón, trastornos metabólicos en la flora intestinal y deterioro de la función neurológica.

El microplástico al ser consumido puede ser un medio de transporte contaminante para otros elementos tóxicos como el DDT y el hexaclorobenceno, así como también la sorción de sustancias químicas como el HAP y mercurio (López, 2022).

Disruptores endocrinos (DE)

Se trata de sustancias o mezclas exógenas que altera las funciones del sistema endocrino y, en consecuencia, causa efectos adversos para la salud en un organismo intacto. Por efecto adverso entendemos que es aquel cambio en la morfología, fisiología o afectando directamente en la duración de la vida de un organismo (Demeneix, 2019).

Nuestras hormonas se producen en las glándulas endocrinas ejemplo de ellos son los ovarios, los testículos, la tiroides y el páncreas. El sistema endocrino es capaz de regular todos los sistemas de crecimiento en el humano, como el sistema óseo, sistema muscular, metabolismo y hasta la digestión y cualquier alteración que sufra el sistema endocrino podrá también repercutir en otros sistemas del cuerpo humano por medio del sistema nervioso e inmunitario (Demeneix, 2019).

Los disruptores endocrinos afectan directamente al buen funcionamiento del transporte sanguíneo con las hormonas producidas por el sistema endocrino; la forma en la que interfieren los DE es en la síntesis de las hormonas; un ejemplo es que si existe interferencia con el sistema reproductivo del humano, como resultado podrá alterar acelerando o atrasando el momento de la pubertad y aumentando con ello el riesgo de padecer cáncer (Demeneix, 2019).

El Bisfenol A o mejor conocido como BPA con formula química 4,4-dihidroxi-2,2-difenilpropano es obtenido de la condensación de dos moléculas fenol con una molécula de acetona en presencia de ácido clorhídrico y esta sustancia posee afinidad por los receptores de los estrógenos y por tanto aumenta la producción hormonal de estrógenos. Se encuentra regulado por el Reglamento de la Unión Europea, este reglamento coloca un límite de ingesta permitido el cual es de 0.6 mg/kg sin embargo se han encontrado niveles muy altos de BPA en alimentos envasados los cuales fueron cereal, helados, legumbres, carnes, pescados y snacks con valores de hasta 9,4 µg/Kg y 7,4 µg/Kg. Con respecto a su metabolización este lo hace en el hígado y se convierte en un metabolito llamado BPA-glucoronido y así en dado caso de que la ingestión hubiese representado lo mínimo el BPA conestrogénicos (García et al, 2015).

Esta sustancia presenta similitud con el estradiol, principal hormona femenina y debido a esta similitud puede el estradiol ser fácilmente suplantado por el BPA bloqueando las acciones de la hormona natural y/o alterando sus niveles.

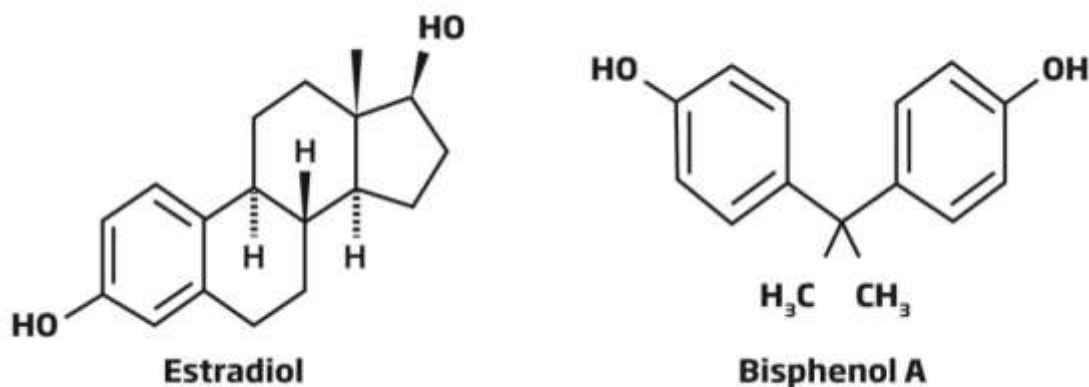


Figura 3. Estructura química del estradiol y del BPA.

Fuente. (González, s/f)

Algunas de las sustancias que pueden ser encontradas en el proceso de elaboración del plásticos son el Bisfenol A; este se ha prohibido en los alimentos de los envases de los niños y bebés pues este componente puede presentar migración al alimento; el Triclosán es utilizado en la fabricación de plásticos pero no puede utilizarse en los que son grado alimenticio, sin embargo está regulada su presencia en algunos otros productos tales como jabones (0,3%), dentífricos (0,3%) y enjuagues bucales (0,2%); los ftalatos, DEHP, DBP, BBP se encuentran limitados a únicamente poder ser empleados en la elaboración de juguetes. Los dos últimos compuestos, aunque no se han prescrito para la elaboración de plásticos grado alimenticio, pueden presentar un riesgo al ser humano pues la migración de estos es real, al colocar un alimento dentro de un plástico con algún componente de los anteriores. Estas sustancias pueden liberarse por la acción del calor o por la polimerización incompleta del barniz (González, s/f).

El BPA pasa al torrente sanguíneo a través de la vía oral y la absorción de este material es casi inmediata de entre 5 a 20 minutos (Mas et al., 2017) y con una biodisponibilidad superior al 70%.

Los ftalatos son sustancias que son utilizadas para ablandar los plásticos cuya particularidad es ser rígido, se tienen antecedentes de migración de esta sustancia a los alimentos y por lo tanto se tiene exposición hacia la vía oral, vía pulmonar y vía dérmica, dentro de los efectos que se tienen a la salud humana son los de presentar problemas reproductivos pues se ha estudiado infertilidad mayormente en hombres y defectos en el sistema inmunológico (Fernández, 2021) Otra de las exposiciones encontrada a los ftalatos es en los juguetes de los niños pues la cantidad del ftalato añadido al PVC dependerá del uso al que se destine pues ha superado el 40% de su

peso en el juguete; la incorporación de la sustancia al material polimérico no se realiza mediante un enlace covalente por lo tanto la liberación al medio ambiente puede ocurrir durante la producción haciendo aún más fácil la exposición. De acuerdo con Fernández (2021) estima que el uso de juguetes que contiene ftalatos puede incorporar hasta 85 µg/kg peso corporal por DEHP.

La técnica más adecuada y empleada para determinar ftalatos ha sido la biovigilancia de la orina, la razón por el contenido de enzimas con actividad lipasa que transforman los ftalatos en sus monoesteres lo cual dificulta el análisis de los metabolitos primarios de forma precisa. En la tabla 14 se detallan los metabolitos presentes en los ftalatos causantes de estas afecciones.

Tabla 14. Ftalatos comunes y sus metabolitos

FTALATO	METABOLITO
Bencil butil ftalato, <i>BBzP</i>	Mono-bencil ftalato, MBzP
Di-etil ftalato, <i>DEP</i>	Mono-etil ftalato, MEP
	Mono-2-etilhexil ftalato, MEHP
Di-2-etilhexil ftalato, <i>DEHP</i>	Mono-(2-etil-5-oxohetil) ftalato, 5oxo-MEHP
	Mono-(2-etil-5-oxohetil) ftalato, 5oxo-MEHP
Di-isobutil ftalato, <i>DiBP</i>	Mono isobutil ftalato, MiBP
Di- <i>n</i> -butil ftalato, <i>DnBP</i>	Mono- <i>n</i> -butil ftalato, MnBP

Fuente. Adaptación propia con información recuperada de (Fernández, 2021)

La Comisión Alemana establece para los ftalatos valores HBM I de 500 µg/L en niños y de 300 µg/L en adultos femeninos; los HBM II presentan efectos adversos y por lo tanto con la necesidad de realizar biovigilancia (Fernández, 2021).

Daños neurológicos

La exposición a DE durante la etapa prenatal de un niño puede hacer que disminuya su IQ hasta 5 puntos, así como también problemas de diferenciación sexual del hipotálamo. Por su parte la exposición al BPA altera los patrones de la migración neuronal durante la corticogénesis y una desregulación de la hipófisis (Ghassabian et al, 2018). De igual forma en niños se tiene que la exposición prenatal a BPA se le relaciona con el aumento de la hiperactividad y la agresión.

Se han repostado casos de tumorigenesis en las mamas, así como también de neuroblastomas en mujeres de edad adulta (Mas et al., 2017).

De acuerdo con Ferloni (2013) algunos otros de los trastornos del sistema neuroinmunológico se tiene la encefalopatía miálgica, síndrome de fatiga crónica, síndrome de fatiga postviral; fibromialgia y esclerosis múltiple.

1.4 Identificación de alimentos lácteos predispuestos a contaminación por microplásticos.

1.4.1 Leche

De acuerdo con Bonet *et al.* (2022) la leche se define como la secreción natural de las glándulas mamarias de los mamíferos destinada como alimento para sus crías y este es llevado a cabo mediante un proceso de *lactogénesis* en la cual para producir un kg de leche se deberán circular entre 400 y 500 Kg de sangre por la ubre de la vaca. Además, se transporta sangre, lleva las hormonas necesarias para el correcto desarrollo de la ubre y la regeneración de células secretoras (Pérez et al., 2011).

1.4.2 Bioquímica de la leche

La formación de la leche es un proceso continuo que involucra muchas reacciones bioquímicas; uno de los ingredientes principales para que la leche pueda ser producida por la vaca es la glucosa, esta es una fuente de energía para la síntesis de la galactosa y con ello a su vez para la síntesis de la lactosa, por otra parte las proteínas son sintetizadas a partir de los aminoácidos en los ribosomas que se encuentran adheridos al retículo endoplasmático de la célula; el acetato y el butirato son ácidos de cadena corta y que en parte son utilizados como productores de otros ácidos grasos de cadena corta; el glicerol producido gracias a la síntesis de la galactosa sirve para unir estos ácidos grasos. El segundo ingrediente principal para que este proceso se lleve a cabo es por supuesto la alimentación de la vaca, pues la composición de la dieta influye en la concentración de la grasa de la leche; la falta de disponibilidad de fibra en la alimentación de la vaca producirá un bloqueo en la producción del acetato y como resultado una leche con contenido de grasa reducido (Pérez et al., 2011).

1.4.3 Composición nutricional

El valor nutritivo obtenido de la leche destaca de que posee casi todos los nutrientes coadyuvantes en el desarrollo de un niño (4 años), sin embargo, este valor nutritivo puede cambiar dependiendo de la raza, edad y estado nutricional de la vaca. Sin embargo, esta leche no sustituye por completo al valor nutricional de la leche materna, en la tabla 15 se describe el aporte nutricional comparado entre leche de vaca y leche humana.

Tabla 15. Comparación de aporte nutricional entre leche de vaca y leche humana.

COMPOSICIÓN	LECHE HUMANA	LECHE DE VACA
	<i>Minerales</i>	
Calcio (mg/dl)	34	120
Fósforo (mg/dl)	14	92
Sodio (mEq/dl)	0.7	2.2
Potasio (mEq/dl)	1.3	3.5
Cloruro (mEq/dl)	1.1	2.9
Magnesio (mg/dl)	3	12
Azufre (mg/dl)	14	30
Cromo (ug/dl)	0.03	0.8 – 1.3
Cobre (ug/dl)	35	30
Zinc	0.24 – 0.35	0.3 – 0.5
Iodo (ug/dl)	0.3	4.7
Selenio (ug/dl)	1.3 – 5.0	0.5 - 5.0
Hierro (mg/dl)	0.03-0.5	0.04

Fuente: IIDENUT (2021)

1.4.4 Clasificación

Por el contenido de grasa en la leche se puede clasificar en tres grupos, *entera* la cual presenta un porcentaje igual o mayor al 26% de grasa, *parcialmente descremada* la cual posee entre 1.5% y 25.9% de grasa y la descremada que posee 1.5% o menos de grasa (MERCOSUR, 2015).

Leche pasteurizada

Es aquella que es sometida a un tratamiento térmico el cual asegura la destrucción total de las bacterias patógenas presentes en la leche al recién ser ordeñadas de la vaca. Existen tres tipos

de pasteurización, dependiendo el uso que le den al producto final, en primer lugar se tiene la *pasteurización lenta* en la cual se maneja una temperatura de 63°C durante 30 minutos, *la pasteurización HTST (High Temperature Short Time) (High Temperature Short Time)* en la cual se manejan temperaturas de 72°-75°C durante 15-20 segundos le confiere a la leche un tiempo de vida útil prolongado, es decir de hasta 20 días después del procesamiento a una temperatura de 6°C (Sakar, 2015). y *la pasteurización UHT (Ultra High Temperature)* esta se trabaja con temperatura de 140°C durante 4 segundos (Gaur et al., 2018).

Leche en polvo

Esta es obtenida por la deshidratación de la leche de la vaca, sea entera, descremada o parcialmente descremada MERCOSUR (2015) esta es presentada sin grumos y posee un color amarillento, entre sus beneficios está el de conservar todos los componentes naturales de la leche (Bocci et al. 2013).

Leche deslactosada

Para poder llegar a la leche deslactosada se debe de añadir la enzima lactasa junto con un tratamiento térmico, posteriormente la lactosa se hidroliza en dos componentes *glucosa* y *galactosa*. En México se permite el uso de la lactasa derivada del *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Kluyveromyces fragilis* y *Kluyveromyces lactis*. (Pérez et al., 2011).

Leche evaporada

Este es un producto más espeso que la leche entera, puesto que se le elimina la cantidad de agua presente por medio justamente de un proceso de evaporación o en su lugar de ultrafiltración y osmosis inversa (Pérez et al., 2011).

1.4.5 Yogurt

La NOM-181-SCFI-2010 Yogurt-denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba define al yogurt como un producto obtenido de la fermentación de leche, estandarizada o no por medio de la acción de microorganismos *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* con lo cual se tiene la reducción del pH.

Para poder ser definido como yogurt este debe de poseer un porcentaje de sólidos Lácteos no grasos del 8.25%, de grasa butírica máximo un 15% y de proteína Láctea mínimo de 2.9%.

1.4.6 Proceso de elaboración

Alimentos (2022) propone un proceso para la elaboración de yogurt a nivel industrial y en la tabla 16 se enlista la información nutrimental del yogurt natural por 100 g, el diagrama realizado con el procedimiento se muestra en la figura 4.

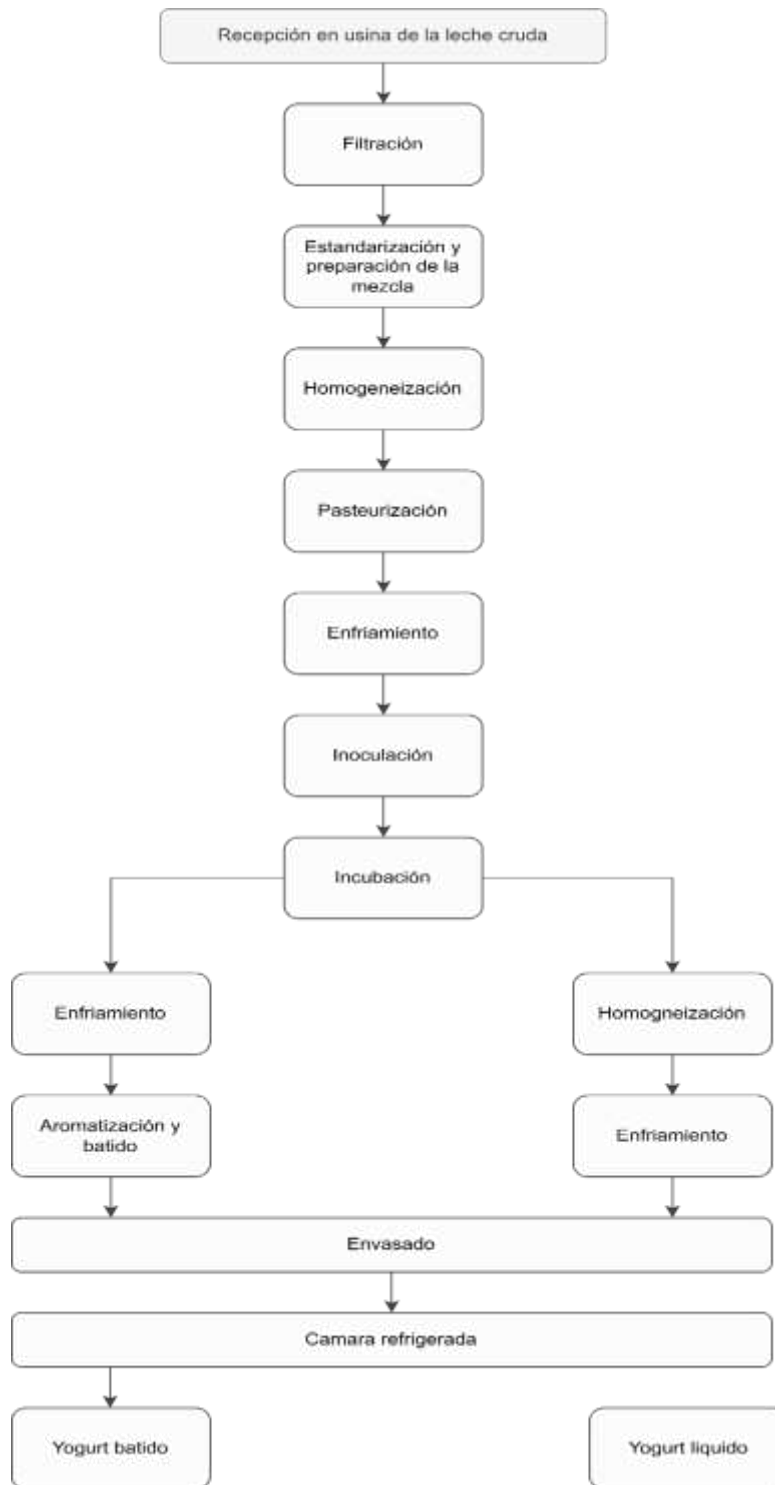


Figura 4. Diagrama de elaboración de yogurt a nivel industrial.

Fuente: (Magyp, 2022)

1.4.7 Composición nutrimental del yogurt natural.

Tabla 16. Información nutrimental del yogurt natural

Cantidad	100 g
Grasas	
Valor calórico	61 kcal
Grasas saturadas	2.1 g
Grasas mono insaturada	0.9 g
Grasas por insaturadas	<0.1 g
Carbohidratos	
Azucares	4.7 g
Proteínas	3.5 g
Fibra alimentaria	0.0 g
Colesterol	13 mg
Sodio	<0.1 g
Agua	87.9 g
Vitaminas	
Vitamina A	<0.1 mg
Vitamina B1	<0.1 mg
Vitamina B11	<0.1 mg
Vitamina B12	<0.1 mg
Vitamina B2	<0.1 mg
Vitamina B3	<0.1 mg
Vitamina B5	<0.4 mg
Vitamina B6	<0.1 mg
Vitamina C	<0.5 mg
Vitamina D	<0.1 mg
Vitamina E	<0.1 mg
Vitamina K	<0.1 mg
Minerales	
Calcio	121 mg
Cobre	<0.1 mg
Hierro	<0.1 mg
Magnesio	12 mg
Manganeso	<0.1 mg
Fósforo	95 mg
Potasio	155 mg
Selenio	<0.1 mg
Zinc	0.6 mg

Fuente: Adaptación propia con información tomada de (Yazio, 2022).

1.4.8 Clasificación

De acuerdo con la NOM-181-SCFI-2010 Yogurt-denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba se puede clasificar en natural, saborizado o con fruta. Las especificaciones para el yogurt natural deben tener proteína Láctea de mínimo 2.9%, de grasa butírica un máximo de 15%, acidez titulable expresada como mínimo del 05% y solidos lácteos de 8.25%. para el yogurt saborizado deberá contener hasta un 50% de los ingredientes no lácteos como los edulcorantes, frutas, verduras, jugos, pures, pastas, cereales, miel, café, especias y estos podrán ser añadidos antes o luego de la fermentación.

1.4.9 Análisis de ciclo de vida

Moreno (2022) Evaluó el ACV desde la recepción de la materia prima (leche) hasta su transformación en yogurt y almacenamiento. El autor determino en cada etapa un balance de materia y energía con el fin de estandarizar a las condiciones obtenidas un método para elaborar yogur manteniendo dicha calidad de vida. Como parte de sus resultados, el autor, evaluó también la importancia de los impactos medioambientales potenciales a su método y el que mayoritariamente impacta al ambiente fueron sus emisiones por CO₂.

Concluye que esta contaminación se puede evitar desde la recepción de la materia prima pues no todos los tipos de leche necesitan ser transformados por la misma maquinaria como lo es la leche entera, agrega que también pueden hacer uso de la leche en polvo y las cualidades sensoriales y organolépticas no se verán afectadas, en todo caso, serán similares.

1.5 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación es importante dado que los componentes de los microplásticos proceden de polímeros como el polietileno, el cual está vinculado con los *disruptores endocrinos* y estos a su vez afectan mayoritariamente a los niños con enfermedades y afecciones tales como cáncer, pubertad precoz en niñas, obesidad, diabetes, trastornos reproductivos masculino-femenino y dificultades en el correcto desarrollo de las neuronas (Demeneix, 2019).

En la actualidad las investigaciones sobre microplásticos han comenzado a tener mayor alcance hacia la población por lo cual es necesario aperturar nuevas líneas de investigación que aborden la problemática de microplásticos en alimentos, la presente tiene como objeto de estudio la determinación de microplásticos en lácteos que son consumidos por niños en edad escolar de la ZMVT.

Uno de los beneficios científicos que aporta el desarrollo de esta investigación es la identificación y categorización mediante análisis fisicoquímicos e instrumentales de microplásticos en yogurt para determinar su presencia, ya que de haberla supone un riesgo a la salud infantil.

Así también aportar a la discusión sobre microplásticos en alimentos y ser contrastado con otras investigaciones en el mismo ámbito e incluso servir de referente para la creación de nuevas líneas de investigación en alimentos.

1.6 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la presencia de microplásticos en lácteos más frecuentemente consumidos por niños de 3 a 12 años en la ZMVT mediante metodologías de análisis fisicoquímico e instrumental (espectroscopía-microscopía).

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las metodologías para la determinación de microplásticos en alimentos, especialmente aplicados a lácteos.
- Seleccionar la metodología óptima para la identificación de microplásticos en lácteos con metodologías fisicoquímicas e instrumentales.
- Determinar la presencia de microplásticos en el lácteo mayor consumidos en la ZMVT por niños en edad escolar.
- Cuantificar mediante técnicas de filtración, microfiltración, medición y centrifugación en microscopio los microplásticos obtenidos.
- Caracterizar en virtud de sus grupos funcionales y tamaño mediante espectroscopia y microscopia, a los microplásticos presentes en lácteos consumidos en la ZMVT por niños en edad escolar.

1.7 HIPÓTESIS

Los niños de entre 3 y 12 años de la ZMVT consumen microplásticos a través de la ingesta de lácteos similares a los del empaque que lo contiene.

CAPÍTULO II. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1 Metodología

Para el planteamiento de materiales se tomaron en cuenta metodologías similares como lo es la aplicada a *“Determinación de la presencia de microplásticos en leche descremada”* (Guallasamín et al. 2019) y *“Metodología microplásticos en leche”* (García et al. 2022).

La metodología surge de la investigación en recursos como Google académico con palabras clave *“microplásticos”, “metodologías microplásticos”,* búsquedas en la plataforma general de Google *“detección de microplásticos en lácteos”,* posteriormente de adaptaciones de técnicas similares aplicadas a matrices alimentarias, como lo son las mostradas en *“Lack of evidence for microplastic contamination in honey”* (Mühlschlegel et al., 2017), *“Determinación de la presencia de microplásticos en leche descremada”* (Guallasamín et al. 2019), *“Metodología microplásticos en leche”* (García et al. 2022) , *“Detection and characterization of small-sized microplastics ($\geq 5 \mu\text{m}$) in milk products* (Costa et al., 2021) y *“Raman Microspectroscopy Detection and Microplastics in Human Breastmilk”* (Ragusa et al., 2022).

2.2 Nivel de la investigación

La presente investigación comprende dos niveles de investigación, situándose en un nivel descriptivo pues se han empleado variables de interés lo cual lleva a una estadística de tipo descriptiva empleando recursos como medidas de tendencia central y posicionamiento; por otro lado, se tiene que es cualitativa ya que se sujeta a la realidad subjetiva en la cual se determinarían los microplásticos mediante la identificación visual en un microscopio y espectrofotómetro.

2.3 Tipos de investigación

Se tiene que la presente investigación es según el propósito de tipo aplicada; según los medios usados para obtener los datos es de tipo documental, de campo y experimental pues se emplearon bases de datos, búsqueda en plataformas, se realizó trabajo de campo saliendo a recabar información sobre los hábitos de consumo de lácteos en niños de 3 a 12 años, experimental porque se realizaron pruebas de factibilidad de método; según el nivel de conocimiento se tiene que fue exploratoria y descriptiva como se mencionó en el punto 3.1.1;

según el campo de conocimientos fue de tipo científico; según el número de investigadores fue individual (Universidad Veracruzana, s/f).

2.4 Tratamiento estadístico

Estadística descriptiva, aplicable empleando los resultados del estudio del grupo de las muestras mediante medidas de tendencia central como la moda.

2.5 Selección De Sitios De Estudio

Para el desarrollo experimental de esta investigación se eligieron dos lugares, los laboratorios de la Facultad de Química UAEMéx y los Laboratorios del campus de la UAEMéx “El Rosedal”.

La Facultad de Química dependiente de la UAEMéx, desde el año 1978 crea el plan curricular de la carrera de Químico en Alimentos; uno de los objetivos de dicho programa es el de formar integralmente recursos humanos capaces de generar y aplicar conocimiento y tecnología en el área de la ciencia y tecnología de alimentos, contribuyendo así a la solución de problemas y optimización de los recursos que en él se encuentran, difundiendo los resultados para el desarrollo de la sociedad. Se localiza en Paseo Colon S/N, Residencial Colón y Col Ciprés, C.P. 50120 Toluca de Lerdo ubicados en la figura 5



Figura 5. Ubicación de la Facultad de Química UAEMéx, dentro de la ciudad de Toluca.

Fuente: (Google Maps, 2023).

Por su parte el campus “El Rosedal” cuenta con laboratorios de investigación en Ciencia Tecnología en Gastronomía, laboratorios de Ciencias ambientales, así como también se encuentra ubicado el Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable (CCIQS) UAEM-UNAM, está ubicado en Carretera Km. 14.5, Unidad San Cayetano., Toluca – Atlacomulco, 50200 Toluca de Lerdo, México, ubicados en la figura 6.

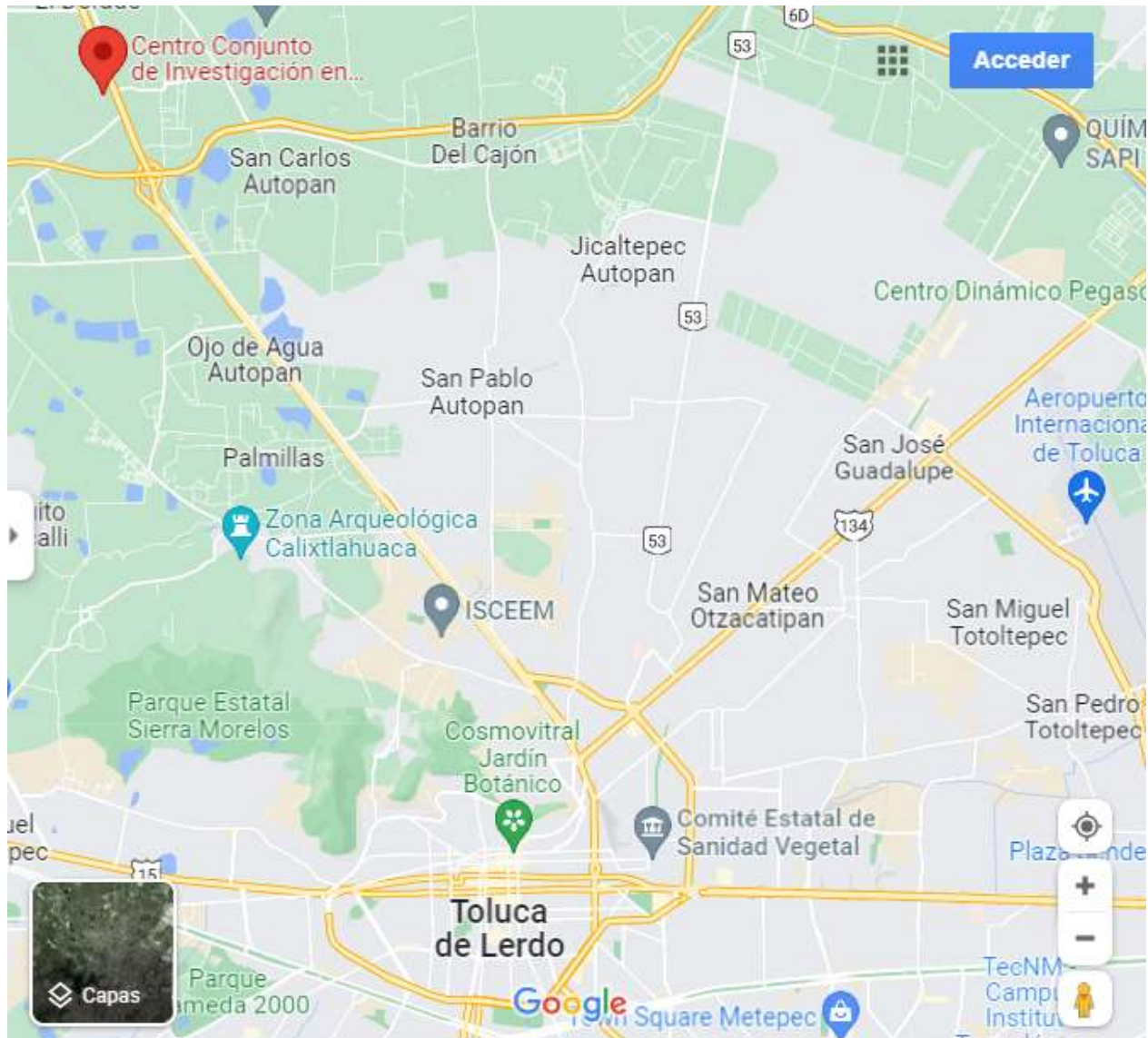


Figura 6. Ubicación de la Unidad "El Rosedal", dentro del municipio de Toluca.

Fuente. (Google Maps, 2023)

Por otro lado, se escogieron diversas escuelas primarias y jardines de niños de distintos municipios de la ZMVT siendo estos mostrados en el siguiente mapa de la figura 7.

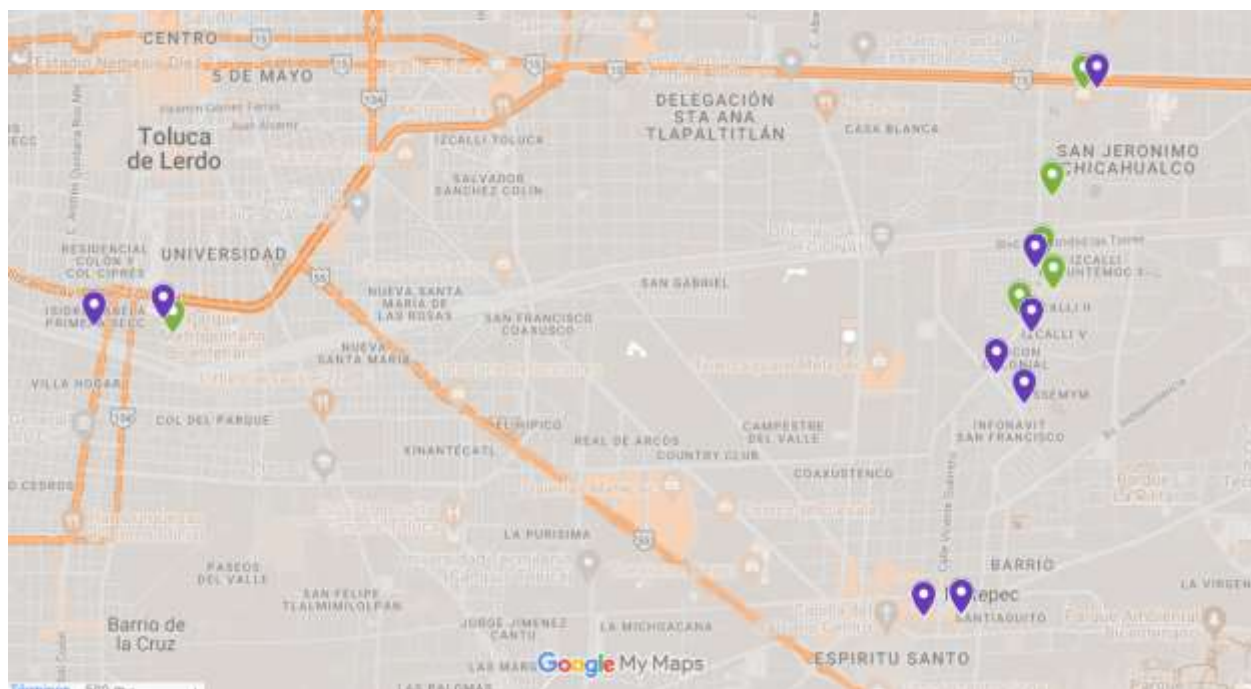




Figura 7. Ubicación geográfica de las escuelas participantes,

Nota. En el mapa se han señalado colores, los cuales corresponden a Pin purpura (primarias), Pin verde (kínderes).

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de (*Google Maps, 2023*).

En la tabla 17 se hace el listado de las escuelas que participaron en la encuesta para saber su consumo habitual de lácteos.

Tabla 17. Escuelas participantes en la encuesta “Hábitos de consumo de lácteos en la ZMVT”.

Kínderes 	Primarias 
Miguel de Cervantes Saavedra Jardín de Niños General Eduardo Hernández Cházaro Jardín de Niños Ma. Dolores Segura Muñoz Jardín de Niños Rosario Castellanos Jardín De Niños Estefanía Castañeda Jardín de Niños Federalizado "El Pípila" Centro Escolar Hábitat S.C.	Escuela Primaria Carlos Hank González Escuela Primaria José Vasconcelos Escuela Primaria General Manuel Ávila Camacho Fernando Aguilar Vilchis Escuela Primaria Dr. Gustavo Baz Prada Escuela Primaria Estatal Revolución Escuela Primaria Profesor Roberto García Moreno Rivero Primaria Hábitat Escuela Primaria Adolfo López Mateos

Fuente. Adaptación propia.

2.6 Muestra

Las muestras empleadas para su respectiva extracción e identificación de microplásticos fueron productos industrializados comercializados en la República Mexicana, sin embargo, únicamente adquiridos en los municipios de Toluca y Metepec. Estos productos lácteos proceden de distintos estados de la República, uno de ellos es procedente del Estado de México, en concreto del municipio de Cuautitlán Izcalli; un producto lácteo es fabricado en Irapuato, Guanajuato; dos productos en Apodaca, Nuevo León, los últimos dos productos lácteos son procedentes de Pachuca, Hidalgo y de Irapuato, Guanajuato, estos señalizados en la figura 8.



Figura 8. Ubicación geográfica de la procedencia de las muestras de productos lácteos.

Nota. Pin verde (Muestra D1), Pin magenta (Muestras A1-A2), Pin azul (Muestra C1).

Fuente. (Google Maps, 2023)

Las siete muestras obtenidas se codificaron para tener un control anónimo de las marcas y productos de la siguiente forma:

Tabla 18. Codificación de las muestras empleadas.

TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO	UBICACIÓN	ENVASE	CONTENIDO
1	A2	Cuamatla, Cuautitlán Izcalli.	Tetra Brik Aseptic	1 L
2	B1	Pachuca, Hidalgo		1 L
3	A1	Cuamatla, Cuautitlán Izcalli.	Polipropileno (PP)	900 g
4	A3	Cuamatla, Cuautitlán Izcalli.	Polipropileno (PP)	220 g
5	C1	Apodaca, Nuevo León.	Biodegradable n.e	400 g
6	C2		Biodegradable n.e	400 g
7	D1	Irapuato, Guanajuato.	Pouch (Laminado)	70 g

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de (Tetra Pak, n.d) (Google Maps, 2023); (Walmart, 2023); (Chemical Safety Facts, 2023).

Nota: n.e (no específica).

2.7 Materiales, equipo y reactivos.

Los productos lácteos de mayor consumo que fueron arrojados en la encuesta “Hábitos de consumo de lácteos en niños de la ZMVT” (Anexo 1) fueron el yogurt batido, la leche entera, queso Oaxaca, queso panela, queso petit-suisse y yogurt bebible. Los materiales correspondientes para realizar la experimentación se detallan en la tabla 19.

Tabla 19. Equipos, materiales y reactivos empleados.

Producto lácteo	Materiales	Equipos	Reactivos
Yogurt batido	-3 embudos de porcelana -5 matraces Kitasato de 250 mL		
Leche entera	- 4 matraces Erlenmeyer -5 mangueras de hule	-Mesa de laboratorio con vacío	
Yogurt bebible	-Membranas Whatman grado 42, 2.5 µm -Membrana Whatman grado GF/A 1.6 µm	-Refrigerador -Centrifuga (4500 rpm)	Agua filtrada Metanol Agua desionizada filtrada
Queso Oaxaca	-Probeta de 100 ml -Papel aluminio -Papel absorbente	-Campana de extracción -Microscopio	
Queso petit-suisse	-10 vasos de precipitados de 100 mL -Gradilla	-Equipo Vertex.	
Queso panela	- 22 Capacillos de aluminio		
Solución de degradación	Probeta 100 mL Pizeta Pipeta de 15 mL Botella ámbar	Campana de extracción	Agua filtrada Hidróxido de potasio

Fuente. Adaptación propia.

2.8 Diseño Experimental

La investigación plantea analizar las metodologías para la determinación de microplásticos en lácteos, posteriormente seleccionar la metodología óptima para la identificación mediante análisis fisicoquímicos e instrumentales, posteriormente determinar la presencia de los microplásticos, así como también cuantificarlos y caracterizarlos en virtud de sus grupos funcionales mediante la espectroscopia y la microscopia.

2.9 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se procederá a aplicar una encuesta, la finalidad de este es de poder recabar información sobre cuál es el producto lácteo (población) preferido por la muestra. Para la aplicación de la encuesta y poder conocer el tamaño de la muestra se empleó la fórmula de poblaciones finitas la cual se representa de la siguiente forma:

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1)+Z^2pq} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde **N** representa el tamaño de la población donde se contempla la matrícula escolar del Jardín de Niños Miguel de Cervantes Saavedra, ubicado en San Jerónimo Chicahualco, 52170 Metepec, Méx y la Escuela Primaria José Vasconcelos ubicada en Av. Paseo Tollocan Km 58.5 San Jerónimo Chicahualco, Metepec, Méx, los cuales en conjunto dan un total de 720 niños de entre 3 y 12 años; **n** representa el tamaño de muestra buscado, **Z** es el parámetro estadístico dependiente del nivel de confianza, **d** es el error de estimación máximo aceptado, **p** se refiere a la probabilidad de que ocurra el evento estudiado y **q** es la probabilidad de que no ocurra el evento estudiado. El tamaño de la muestra **n** se obtuvo de 250 niños, con una **d** del 5% (García et al., 2020).

Posteriormente se realizará el análisis de los datos para así poder presentar los resultados con ayuda de la estadística descriptiva, con el fin de organizarlos en graficas e interpretarlos.

2.10 Método

La metodología que se aplicó para la identificación de microplásticos consta de 7 etapas, las cuales son la preparación de la muestra en donde el producto lácteo se sometió a una digestión alcalina por 24 horas, posteriormente se sometió a un proceso de centrifugado (5 000 rpm por 15 minutos) y se extrajo la grasa láctea sedimentada; al sobrenadante de cada muestra se le realizó un proceso de filtrado al vacío en en membrana grado 42 Whatman; se le dio un calentamiento en baño maría a 45°C en parrilla eléctrica por 10 minuto; terminando el calentamiento se microfiltro al vacío en membrana de vidrio GF/A 1,6 µm. Tras 24 horas dejando reposar y secar la membrana se observó en microscopio para la detección microplásticos, los hallados se observaron mediante Raman para poder identificar a que tipo de polímero corresponden.

2.10.1 Control de contaminación externa

Durante la realización de la experimentación se trabajó únicamente con material de vidrio; cuando se requirió de filtrar, se procuró mantener cerrada la ventana para evitar contaminación por viento. No se utilizaron guantes para evitar contaminación; se empleó aluminio como aislante del medio (para cubrir embudos, pipetas, etc.).

Se evito el encendido de la campana de extracción puesto que se percibió que dejando sin cubrir los embudos (en reposo de digestión) se contaminaban con partículas.

Se utilizo agua filtrada y agua destilada filtrada en membrana de 2 µm, así como también se empleó de metanol filtrado para en todos eliminar impurezas que pudieran interferir en los resultados y observación en microscopio.

2.11 Procedimiento de degradación elegido

Los alimentos lácteos fueron digeridos mediante una degradación química alcalina empleando hidróxido de potasio al 10%; es elegido porque presenta daños menores en fibras o fragmentos de polímeros (Ragusa et al., 2022a). De tal forma que los materiales de vidrio fueron primeramente lavados en la tarja del Laboratorio de Análisis Instrumental de la Facultad de

Química (Colón), posteriormente se recolectaron 12.7918 g de hidróxido de potasio (en lentejas) la campana de extracción de gases y se depositaron en un matraz volumétrico, se aforo con agua destilada hasta 100 mL, seguido de ser homogeneizados con la ayuda de movimiento manual. Se depositaron en una botella de vidrio ámbar para conservarlo y evitar la evaporación del reactivo, dejándolo en reposo en la campana de extracción de gases.

Posteriormente se tomaron porciones de muestras de alimentos y se depositaron en diferentes matraces Erlenmeyer de 250 mL lavados y secados del laboratorio de análisis instrumental. De la botella de vidrio ámbar se tomaron con pipeta de vidrio 15 mL de la solución preparada anteriormente de hidróxido de potasio y en cada matraz se procedió a homogeneizarlo mediante el movimiento manual.

A cada matraz Erlenmeyer con las muestras lácteas, se les colocó un tapón de aluminio para evitar la evaporación del reactivo y mantener la reacción en el matraz. A los tres se les dejó reposar en la campana de extracción de gases durante 24 horas para favorecer el proceso de digestión. A continuación, se presentan los cuatro diagramas de las experimentaciones realizadas.

2.12 Diagrama metodología.

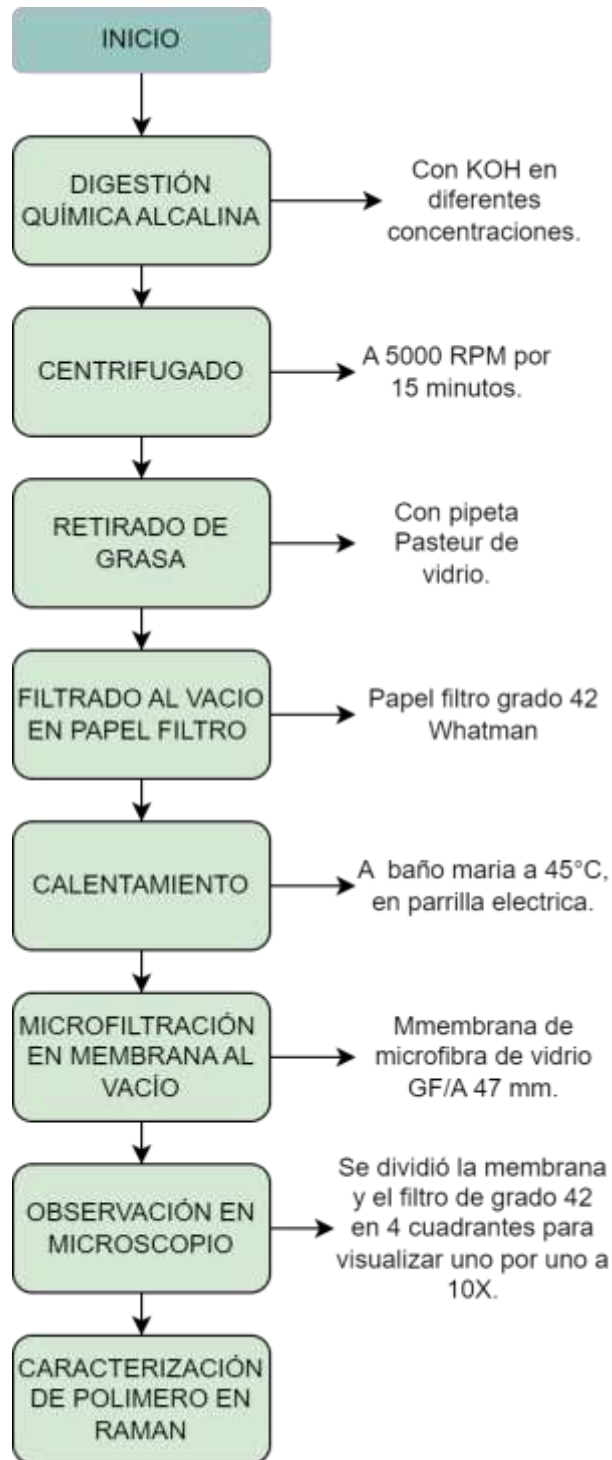


Figura 9. Diagrama de cuarta prueba de factibilidad.

Fuente. Elaboración propia.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

3.1 Interpretación de resultados de encuesta “Hábitos de consumo de lácteos en niños de 3 a 12 años de la ZMVT”

A continuación, se muestra en secuencia los pasos descritos realizados para la elaboración de esta investigación, siendo el primero la recolección de los datos mediante la encuesta y posteriormente se colocan las descripciones del proceso de elaboración de la obtención de los microplásticos de las muestras arrojadas por la encuesta.

3.1.1 Escuelas participantes

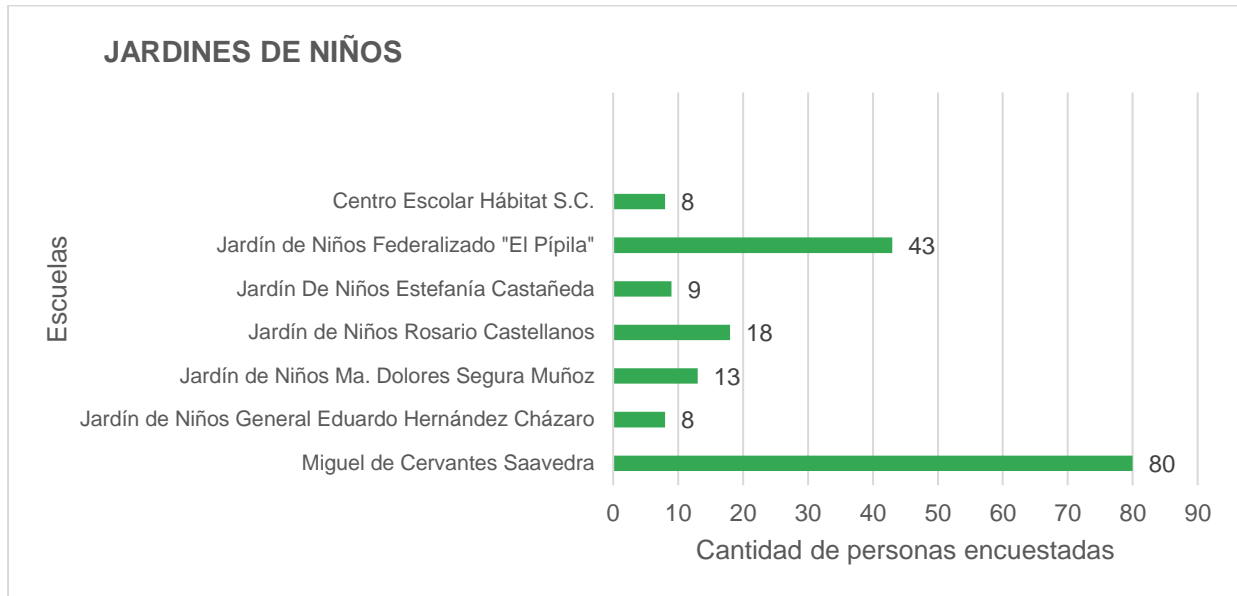
Luego de haber procesado la información mediante la plataforma de “Google Forms” los resultados son los siguientes:

Tabla 20. Escuelas participantes

Jardines de Niños	Primarias
1. Miguel de Cervantes Saavedra	8. Escuela Primaria Carlos Hank González
2. Jardín de Niños General Eduardo Hernández Cházaro	9. Escuela Primaria José Vasconcelos
3. Jardín de Niños Ma. Dolores Segura Muñoz	10. Escuela Primaria General Manuel Ávila Camacho
4. Jardín de Niños Rosario Castellanos	11. Fernando Aguilar Vilchis
5. Jardín De Niños Estefanía Castañeda	12. Escuela Primaria Dr. Gustavo Baz Prada
6. Jardín de Niños Federalizado "El Pípila"	13. Escuela Primaria Estatal Revolución
7. Centro Escolar Hábitat S.C.	14. Escuela Primaria Profesor Roberto García Moreno Rivero
	15. Primaria Hábitat
	16. Escuela Primaria Adolfo López Mateos

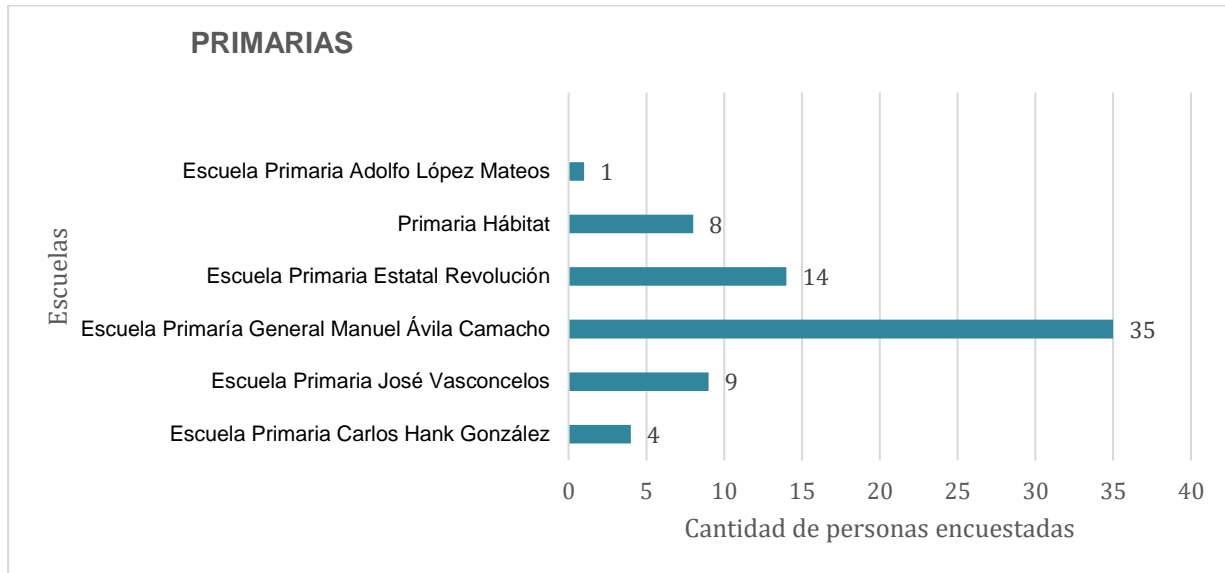
Fuente: Adaptación propia con información obtenida de la encuesta “Hábitos de consumo de lácteos en niños de 3 a 12 años de la ZMVT”

Gráfica 3. Cantidad de Jardines de niños participantes.



Fuente: Adaptación propia con información obtenida de la encuesta "Hábitos de consumo de lácteos en niños de 3 a 12 años de la ZMVT"

Gráfica 4. Cantidad de Primarias participantes.



Fuente: Adaptación propia con información obtenida de la encuesta “Hábitos de consumo de lácteos en niños de 3 a 12 años de la ZMVT”

Descripción: En la tabla 20 los nombres de las escuelas participantes en la encuesta, siendo 7 jardines de niños y 9 primarias, las 16 ubicadas en los municipios de Toluca y Metepec, Estado de México. La selección de estos dos municipios para el muestreo se basó en criterios específicos relacionados con el objetivo de la investigación y la disponibilidad de recursos. Uno de los factores determinantes fue la proximidad geográfica a la Facultad de Química UAEMéx lo que facilitó la logística y el acceso para llevar a cabo el estudio de manera eficiente. Además de acuerdo con el INEGI (2018) se consideró que estos municipios albergan una gran cantidad significativa de estudiantes pues en los censos del 2017 y 2018 en Toluca se registró una población estudiantil de 36 744 niños en preescolar y 110 736 niños en primaria, mientras que en Metepec se contabilizaron 10 234 niños en preescolar y 27 491 niños en primaria. Esta razón proporcionó una muestra representativa y significativa de niños para el análisis de sus hábitos de consumo de lácteos en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, lo cual fue fundamental para alcanzar los objetivos de la investigación.

Las gráficas 3 y 4 muestran la cantidad de personas participantes por institución.

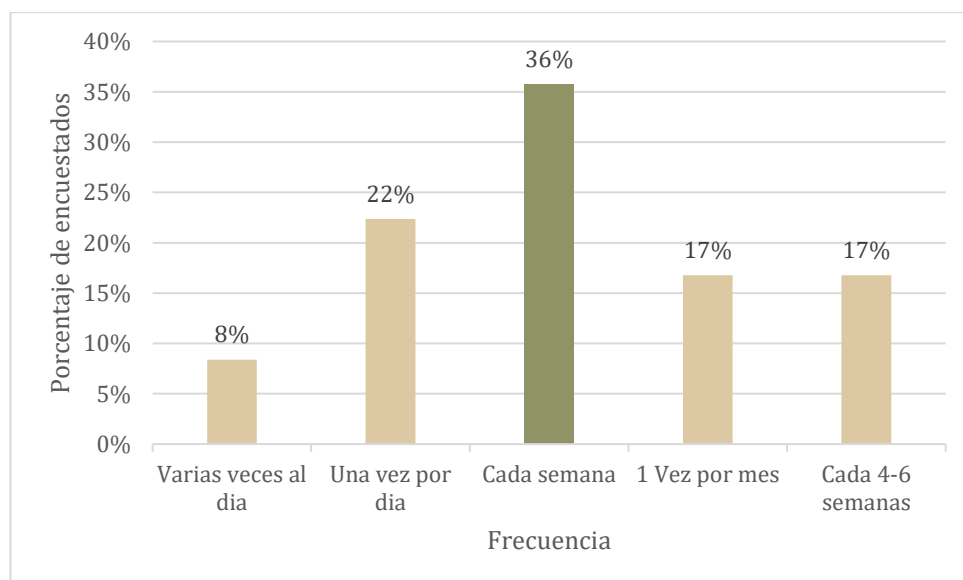
3.1.2 En la pregunta 18. ¿Con que frecuencia consume los siguientes alimentos? Se propusieron 23 productos lácteos y derivados lácteos.

Tabla 21. Alimentos propuestos para encuesta

Yogurt batido	Leche semidescremada	Leche bronca	Queso panela
Yogurt bebible	Leche deslactosada	Crema de leche	Queso philadelphia
Leche entera pasteurizada	Leche saborizada	Danonino	Queso manchego
Leche ultrapasteurizada	Leche condensada	Mantequilla	Queso crema
Leche Liconsa	Leche en polvo	Queso fresco	Queso tipo americano
Leche light	Leche evaporada	Queso Oaxaca	

Fuente: Adaptación propia con información obtenida de la encuesta “Hábitos de consumo de lácteos en niños de 3 a 12 años de la ZMVT”

Gráfica 5. Índice de mayor respuesta respecto a los productos lácteos propuestos



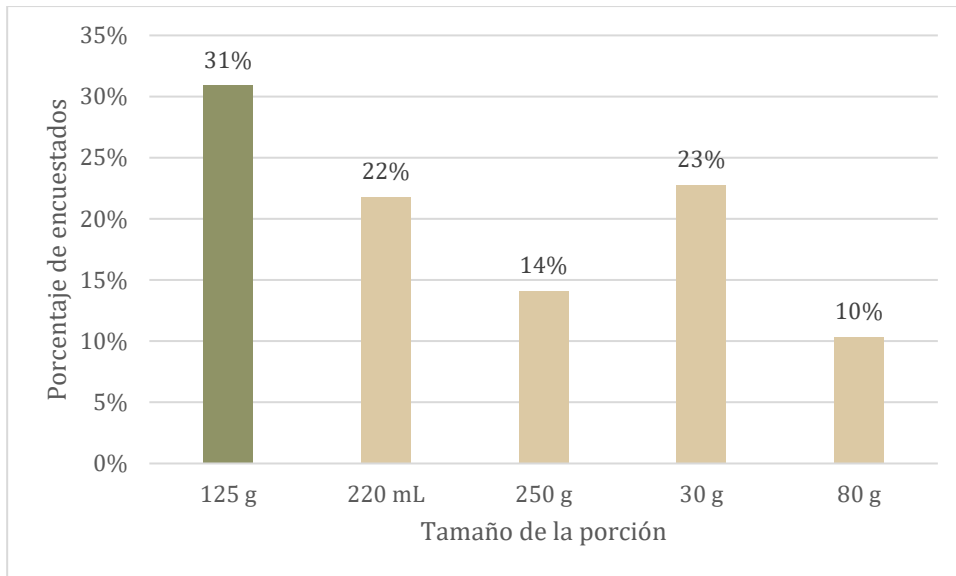
Fuente: Adaptación propia con información obtenida de la encuesta “Hábitos de consumo de lácteos en niños de 3 a 12 años de la ZMVT”

Descripción: en la tabla 21 se enuncian los alimentos que se colocaron en la encuesta y en base en lo obtenido en la pregunta 18, se determina en la gráfica 5 que la alternativa que representa

un mayor índice es “*Cada semana*” puesto que indica que se consume el producto al menos más de 3 veces por semana.

3.1.3 Pregunta 19. Tamaño de la porción ingerida.

Gráfica 6. Índice tamaño de porción de mayor consumo.



Fuente: Adaptación propia con información obtenida de la encuesta “Hábitos de consumo de lácteos en niños de 3 a 12 años de la ZMVT”

Descripción: el fin de la pregunta 19 fue descubrir que porción es la que mayormente ingieren los niños al menos cada semana y muestra que los niños, consumen al menos 125 g de algún producto lácteo, siendo esta la opción que resulta con una mayor elección.

3.1.4 Pregunta 20. Marca de productos

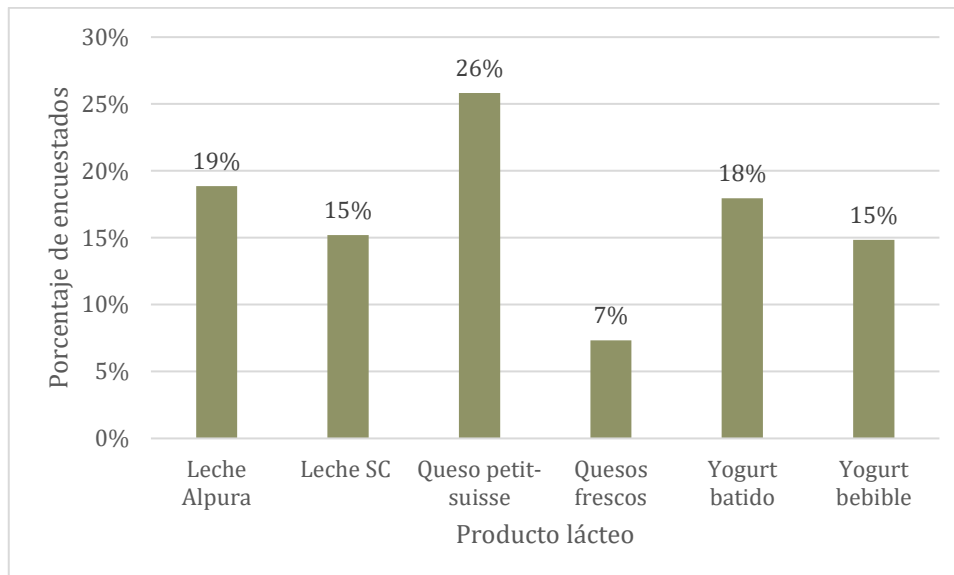
Esta pregunta ayudo a la codificación de productos la cual se retoma en la siguiente tabla

Tabla 22. Codificación de productos lácteos.

TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO
Leche entera	A2
	B1
Yogurt batido	A1
Yogurt bebible	A3
Queso Oaxaca	C1
Queso panela	C2
Queso petit-suisse	D1

Fuente: Adaptación propia con información obtenida de la encuesta "Hábitos de consumo de lácteos en niños de 3 a 12 años de la ZMVT"

Gráfica 7. Índice de mayor consumo de marcas y productos.



Fuente: Adaptación propia con información obtenida de la encuesta "Hábitos de consumo de lácteos en niños de 3 a 12 años de la ZMVT"

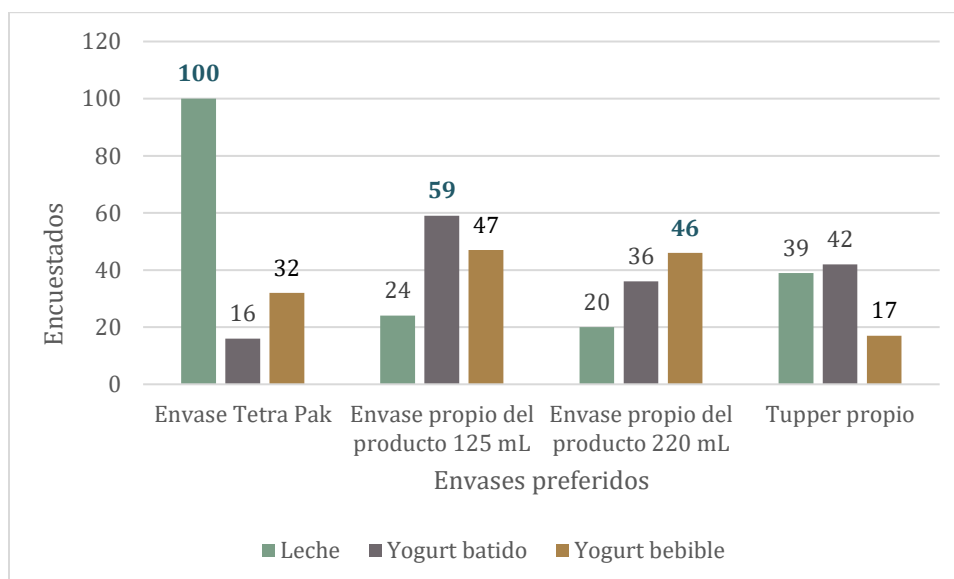
Descripción: la gráfica 6 muestra que dentro de los 23 productos propuestos solo 4 marcas son de mayor relevancia entre los niños, datos que han sido reportados por sus papás. Quesos frescos abarca dos líneas de producto de una misma marca siendo el queso Oaxaca y el queso panela.

3.1.5 Pregunta 21. ¿En qué presentación se le hace más práctico consumir un producto lácteo?

Tabla 23. Practicidad de consumo del producto lácteo.

Producto	Practicidad de consumo			
	Envase Tetra Pak	Envase propio del producto 125 mL	Envase propio del producto 220 mL	Tupper propio
Leche	100	24	20	39
Yogurt batido	16	59	36	42
Yogurt bebible	32	47	46	17

Gráfica 8. Resultados de practicidad de consumo.



Fuente: Adaptación propia con información obtenida de la encuesta “Hábitos de consumo de lácteos en niños de 3 a 12 años de la ZMVT

Descripción: en la tabla 23 se les propuso una pregunta abierta en la cual se permitían más de una respuesta, obteniendo que a los niños se les hace más eficiente consumir el producto lácteo desde el envase en este caso un Tetra Pak, esto mostrado en la gráfica 8.

3.2 Interpretación de resultados de la experimentación

Con base en las experimentaciones anteriores y con las metodologías presentadas en Ragusa et al. (2022) y en Karami et al. (2017) en las cuales se trabaja en la determinación de microplásticos, en la primera la matriz es leche humana en mujeres que dieron a luz en Italia y se menciona que para la fase de digestión utilizaron KOH al 10% y en la fase de filtración emplearon un filtro Whatman GF/A de tamaño de poro de 1.6 μ m, por lo cual se decidió cambiar el utilizar membranas GHP por filtros Whatman GF/A y en la última investigación abordan la extracción de microplásticos en tejido de pez bagre africano (*Clarias gariepinus*) probando agentes como KOH (10 % p/v), H₂O₂ (35 %), NaOH (5 M), HCl (5 % o 37 %), HNO₃ (5 % o 69 %), y NaClO (5 %), de los cuales resulto ser mejor agente alcalino oxidante el KOH al 10% en condiciones de temperatura de 40°C durante 48 horas, empleando en esta metodología el uso de centrifuga de 200 rpm por 2 minutos, con lo cual certifica el uso de KOH, centrifuga, microscopio y Raman como parte de un correcto protocolo de extracción de microplásticos.

El agua que se utilizó para la investigación fue de tipo desionizada, hecho por el equipo Mili-Q proporcionado en el laboratorio de análisis instrumental de la Facultad de Química y posteriormente microfiltrada en un equipo de microfiltración Kontes UltraWare de 1000 mL, con una membrana GHP. Posteriormente está fue resguardada en un frasco de vidrio ámbar con capacidad de un litro, limpio y enjuagado con agua desionizada (y filtrada en membrana GHP).



Figura 10. Equipo utilizado para desionizar el agua (1) , equipo utilizado para microfiltrar (2) y envase de resguardo (3).

Fuente. Elaboración propia.

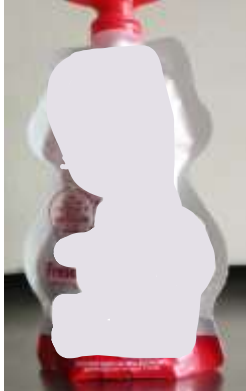
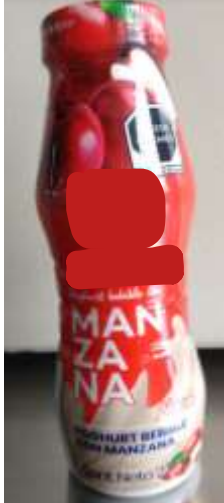

Se utilizó metanol microfiltrado en equipo de microfiltración Kontes UltraWare de 1000 mL, con una membrana GHP para poder utilizarlo en caso de que se obstruyera el poro en la membrana GF/A.



Figura 11. Equipo utilizado para microfiltrar (1) y envase de resguardo (2).

3.2.1 Productos lácteos empleados

Tabla 24. Muestras utilizadas con lote.

Código	Muestra	Lote	Imagen
D1	Queso petit-suisse	L 36	
A3	Yogurt bebible	L A 1603	
C2	Queso panela	QI 12623002 C	

A1	Yogurt batido	L B 0905	
A1	Leche entera	A023	
B1	Leche entera	L7 026	
C1	Queso oaxaca	QU5023D02L Y	

Fuente. Elaboración propia con información tomada de productos adquiridos en Walmart Pilares y Bodega Aurrera Av. Gobernadores.

3.2.2 Digestión química alcalina

Se oxidaron en días consecutivos las muestras de queso petit-suisse D1, yogurt bebible sabor manzana A3, queso panela C2, queso Oaxaca C1, yogurt batido sabor manzana A1, leche entera A2 y leche entera B1. De las cuales se tomaron una muestra representativa de cada uno. Todas las muestras estuvieron en reposo por 24 horas.

Tabla 25. Muestras utilizadas, gramaje y datos de adición de oxidante

Código	Muestra	Cantidad declarada en envase	Cantidad utilizada	Cantidad de KOH al 10%	Cantidad de KOH al 20%	Cantidad de agua desionizada microfiltrada
D1	Queso petit-suisse	70 g	35.4 g	5 mL	-	40 mL
A3	Yogurt bebible	220 g	100.8 g	15 mL	-	-
C2	Queso panela	200 g	40 g	-	10 mL	40 mL
A1	Yogurt batido	120 g	100 g	15 mL	-	-
A2	Leche entera	200 mL	100 mL	15 mL	-	-
B1	Leche entera	180 mL	100 mL	15 mL	-	-
C1	Queso oaxaca	400 g	40 g	-	10 mL	40 mL

Fuente: Elaboración propia

En el caso especial de los quesos, a estos se les agrego agua desionizada y microfiltrada en un equipo de microfiltración Kontes UltraWare de 1000 mL en membrana GHP, con el fin de generar una hidrolisis del queso en compañía del KOH al 20% y así asegurar que su manipulación será más sencilla en todas las etapas. Este proceso no afecta en la determinación de microplásticos, pues en Acevedo (2020) y en Karami et al (2017) proponen utilizar KOH en digestión alcalina para la extracción de microplásticos.

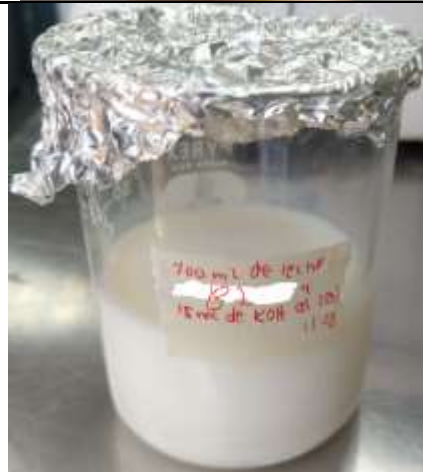
Tabla 26. Evidencias del procedimiento de digestión.

Muestra	Muestra en proceso de digestión
Queso petit-suisse	 A 250 mL Erlenmeyer flask containing a pink liquid. The flask is covered with a piece of aluminum foil at the neck. A white label with red text is attached to the front of the flask.
Yogurt bebible sabor manzana	 Two glass bottles containing a yellow liquid. The bottle on the right is a 250 mL Erlenmeyer flask with a white label and red text. The bottle on the left is a smaller glass bottle.
Queso panela	 A glass jar containing a white liquid. The jar is covered with a piece of aluminum foil at the top. A white label with red text is attached to the front of the jar.
Yogurt batido sabor manzana	 A glass jar containing an orange liquid. The jar is covered with a piece of aluminum foil at the top. A white label with red text is attached to the front of the jar.

Leche entera A1



Leche entera B1



Queso Oaxaca



Fuente. Elaboración propia.




Observaciones. El queso Oaxaca se coagulo debido a que en sus ingredientes contiene caseinatos, por lo cual al agregarle un agente oxidante alcalino como el KOH estas sufrieron un cambio significativo en su pH dando lugar a la formación de coágulos firmes debido a la desnaturalización de proteínas.

Se logro rescatar parte del suero de la leche del queso posterior a la digestión y se examinara únicamente esta parte debido a la complejidad con la que resulta trabajar los coágulos formados.

3.2.3 Centrifugación

Posterior a la digestión, cada muestra se distribuyó en tubos de vidrio de 20 mL. En cada muestra se trató de obtener 12 tubos con cada uno 16 g de muestra; se llevaron a centrifugar en una centrifugadora Boeco Germany 2007 Max Speed 6000 RPM proporcionada por el laboratorio 10 de la Facultad de Química de la UAEMéx. Se utilizó la centrifuga a 5000 RPM durante 15 minutos, con lo cual, al finalizar, se observó una correcta separación de la grasa, como se puede apreciar en la tabla 27.

Tabla 27. *Proceso de centrifugación.*

Muestra	Centrifugado
Yogurt batido	
Yogurt bebible	
Queso panela	

Queso petit-suisse



Leche entera A1



Leche entera B1



Queso Oaxaca



Fuente. Elaboración propia.

Posteriormente al proceso de centrifugado se procedió a retirar la grasa con una pipeta Pasteur de vidrio; se depositó el sobrenadante en un tubo de vidrio de 100 mL y en otro tubo de vidrio se depositó la grasa separada, como se aprecia en la siguiente figura, del cual únicamente se examinará el sobrenadante.

Figura 12. Clasificación de separación muestra filtrada y sedimento graso.



Fuente. Elaboración propia,

Nota. Se ejemplifico con yogurt bebible sabor manzana.

3.2.4 Filtrado al vacío en papel filtro Whatman grado 42

Debido al proceso de centrifugación, se logró quitar gran parte del contenido graso de cada muestra láctea, por lo cual, la muestra pudo fluir adecuadamente sobre el filtro y se detalla en la tabla 28.

Fue necesario emplear este tipo de filtro debido a las características que posee, este filtro de grado 42 Whatman es de tipo *ashless* lo cual significa que es adecuado para un análisis gravimétrico al no añadir impurezas a la muestra y la preparación de un análisis instrumental, es de amplia retención en su superficie con 2.5 μm , también elimina las partículas grandes que pueden interferir con otros componentes (Cytiva, 2024).



Figura 13. Empaque de filtros Whatman grado 42

En la tabla 28 se describen las observaciones del procedimiento en la centrifugadora, pues es importante mostrar que el retiro de grasa fue eficiente.

Tabla 28. Observaciones de cada muestra en el proceso de filtrado.



Muestra	Descripción y observaciones del proceso de filtrado
Queso petit-suisse	Tomo no más de 2 minutos ya que en el centrifugado se le retiro la mayoría del contenido graso.
Yogurt bebible	Tomo alrededor de 2 minutos.
Queso panela	Tomo alrededor de 10 minutos y necesito de mover la muestra sobre el filtro con una barra de vidrio.

Yogurt batido	Tomo alrededor de 5 minutos.
Leche entera A1	El proceso duro 5 minutos ya que al centrifugar ayudo bastante a quita la grasa contenida.
Leche entera B1	El proceso duro 5 minutos pues centrifugar contribuyo a retirar en su mayoría grasa.
Queso Oaxaca	Tomo 30 minutos en realizarse por completo.

Fuente. Elaboración propia.

La tabla 29 muestra imágenes sobre las condiciones en las que se realizó la primera filtración donde las muestras lácteas ya han sido separadas de la grasa mediante la centrifugación, estas muestras fueron depositadas sobre un embudo büchner para una filtración al vacío, se mantuvo cubierto este embudo con papel aluminio para evitar la contaminación.

Tabla 29. Imágenes del proceso de la primera filtración con papel filtro Whatman grado 42.

Muestra	1° filtración al vacío
Queso petit-suisse	
Yogurt bebible	

Queso panela



Yogurt batido



Leche entera A1



Leche entera B1



Queso Oaxaca



Fuente. Elaboración propia

Es importante mencionar que se dejó secar cada papel filtro Whatman grado 42 de cada muestra en el proceso del filtrado y con ayuda de la bomba de vacío, protegiéndolos en todo momento cubriendo el embudo Büchner con papel aluminio.

El papel filtro se resguardo en un papel aluminio al tamaño del filtro y la parte de arriba del papel aluminio se rotulo con marcador permanente Sharpie color rojo.



Figura 14. Papel aluminio y demostración de almacenamiento.

Fuente. Elaboración propia.

3.2.5 Calentamiento

Tabla 30. Muestras aptas a calentamiento.

Código	Muestra	Peso declarado en envase	Cantidad de grasas totales por 100 g	Calentamiento a 48°C
D	Queso petit-suisse	70 g	3.1 g	N/A
A3	Yogurt bebible	220 g	3.5 g	N/A
C2	Queso panela	200 g	21 g	Sí
A1	Yogurt batido	120 g	2.9 g	N/A
A1	Leche entera A1	200 mL	2.8 g	Sí
B1	Leche entera B1	180 mL	3 g	Sí
C1	Queso Oaxaca	400 g	23 g	Sí

Fuente: Elaboración propia.

Las muestras que presentaron mayor contenido graso fueron sometidas a calentamiento, previo a la microfiltración, para evitar obstruir los poros de las membranas GF/A.

3.2.6 Microfiltración al vacío con membranas GF/A.

En la tabla 31 se describe que una vez filtrada la muestra en papel filtro Whatman grado 42, se procede a microfiltrar en un equipo de microfiltración Kontes UltraWare de 1000 mL, colocando una membrana Whatman GF/A de 47 mm con un tamaño de poro de 1.6 μm en el área de filtración.

Se optó por utilizar esta membrana debido a que es un filtro de fibra de vidrio por lo cual no interfiere con la muestra a analizar, posee una alta capacidad de carga con retención de partículas finas, tiene un tamaño de poro de 1.6 μm por lo cual retiene partículas aún más pequeñas que la Whatman grado 42 esto es importante porque se podrán captar mayor cantidad de microplásticos, así como también fue viable por su velocidad de filtración.

Tabla 31. Observaciones del proceso de microfiltrado.

Muestra	Observaciones durante el proceso
Queso petit-suisse	El proceso de filtración se llevó a cabo de forma muy rápida.
Yogurt bebible	Esta filtración llevo 4 días realizarla puesto que los poros de la membrana se tapaban debido a la grasa de la bebida

Queso panela	El proceso de microfiltrado se llevó a cabo en 3 días, de lo cual se obtuvieron 4 membranas (en un mismo día se utilizaron 2 membranas GF/A)
Yogurt batido	Al haberse procesado 100 ml de muestra, esta se repartió en 3 días con lo cual se obtuvieron 4 membranas GF/A (en un mismo día se utilizaron 2 membranas)
Leche entera A1 Leche entera B1	El proceso duro 3 minutos, muy poco tiempo debido a que fue calentado a 48°C lo cual ayudo a fluir sin obstruir el poro de la membrana.
Queso Oaxaca	El proceso duro 10 segundos debido a que fue calentada y mejoro el paso a través de la membrana.




Fuente. Elaboración propia.

Es importante mencionar que, en su mayoría, se dejaron secar cada membrana GF/A de cada muestra en el equipo de microfiltración y con ayuda de la bomba de vacío, sin embargo, algunas seguían manteniendo humedad debido a que también se seguía captando sobre esta, parte de la grasa aún contenida en el producto lácteo.

Las membranas utilizadas en cada muestra fueron colectadas en recipientes de aluminio y cubiertas con papel aluminio, así como rotulado este último con marcador permanente Sharpie color rojo.

Estas membranas se eligieron debido al bajo costo comparado a las láminas de oro que propone Fabara (2020) pues menciona que para un análisis por FTIR de microplásticos estos se deben de colocar en la lámina, presentando dificultades para seleccionar con pinzas las partículas pues se podrían fragmentar o perderse, por supuesto también generando costos elevados por cada análisis. En este mismo contexto, el autor Zhang et al. (2020a) menciona su propuesta para visualizar microplásticos a través de FTIR mediante el uso de filtros Anodisc de óxido de aluminio con tamaño de poro de 0.2 μm y diámetros de 13 mm o 25 mm, sin embargo, con un costo de 591 Euros el paquete.

Tabla 32. *Imágenes del proceso de microfiltración en membrana Whatman GF/A*

Muestra	Microfiltración en membrana Whatman GF/A
D1 Queso petit-suisse	 A laboratory setup for microfiltration. A glass flask containing a white liquid is connected via a tube to a membrane filter unit. The filtered liquid is collected in a smaller flask below. The setup is on a lab bench with various glassware and equipment visible in the background.
A3 Yogurt bebible	 A laboratory setup for microfiltration. A hand is holding a small vial containing a yellow liquid. The setup includes a glass flask, a membrane filter unit, and a collection flask. The background shows a typical laboratory environment.
C2 Queso panela	 A laboratory setup for microfiltration. A glass flask containing a white liquid is connected to a membrane filter unit. The filtered liquid is collected in a flask below. The setup is on a lab bench with various glassware and equipment visible in the background.

A2 Yogurt batido



A1 Leche entera



B1 Leche entera



C1 Queso Oaxaca



Fuente. Elaboración propia



Figura 15. Recipientes de aluminio y demostración de almacenamiento de membranas GF/A.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 16. Muestras filtradas en filtros Whatman grado 42 y reservadas dentro de papel aluminio, para su posterior revisión en microscopio.

Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Muestras microfiltradas en microfibras de vidrio GF/A y reservadas en moldes de aluminio con papel aluminio, para su posterior revisión en microscopio.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.7 Observación en microscopio

Para esta prueba se dividieron las caras de los filtros en 4 cuadrantes para su mejor identificación y registro.

La tabla 33 es una descripción detallada de lo visualizado en el microscopio, se colocó la cantidad de microplásticos vistos en cada membrana, tipo de membrana empleada, colores encontrados de microplásticos y forma, aumento de microscopio.

La razón de utilizar dos membranas es debido a que se necesitó separar muy bien la grasa láctea de las microplásticos por lo que primero se utilizó una membrana Whatman de grado 42.

Tabla 33. Descripción de lo observado en el microscopio.

D1 Queso petit-suisse						
CANTIDAD	CUADRANTE	AUMENTO	DESCRIPCIÓN	COLOR	FORMA	TIPO DE MEMBRANA
Tres	1	10x	Se encontró un punto de color rojo, algunas partículas de color negro y un filamento de color azul.	Rojo Negro Azul	2 fibras y 1 granular	Papel filtro Grado 42 Whatman.
-	2	10x	No se registró partículas extrañas en el filtro	-	-	
-	3	10x	No se tuvo registro de partículas extrañas en el filtro.	-	-	
Dos	4	10x	Se localizaron filamentos.	Rojo	2 Fibras	
Una	1	10x	Se registró un filamento sobre la membrana.	Rojo	1 Fragmento	Microfibra de vidrio GF/A (membrana 1°).
-	2	10x	No se registró la presencia de alguna partícula extraña	-	-	
-	3	10x	No se registró la presencia de alguna partícula extraña	-	-	
-	4	10x	No se registró la presencia de alguna partícula extraña	-	-	
Cinco	1	10x	Se registraron partículas de colores y formas distintas.	Azul Rojo	2 Fibra 1 Granulares 2 Fragmento	Microfibra de vidrio GF/A

-	2	10x	No se registró la presencia de alguna partícula extraña	-	-	(membrana 2°)
-	3	10x	No se registró la presencia de alguna partícula extraña	-	-	
-	4	10x	No se registró la presencia de alguna partícula extraña	-	-	
A3 Yogurt bebible sabor manzana.						
Una	1	10x	Se registro partícula diminuta.	Rojo	1 Granular	
-	2	10x	No se registró ninguna partícula sobre este cuadrante.	-	-	Filtro grado 42 Whatman
Dos	3	5x y 10x	Se registraron fibras/filamentos.	Rojo Negro	1 Fibra y 1 fragmento	
Dos	4	10x	Se registran filamentos largos	Azul	2 Fibras.	
-	1	10x	No se registró presencia de partículas extrañas.	-	-	
Una	2	10x	Filamento largo	Azul	1 Fibra	Microfibra de vidrio
Una	3	10x	Presencia de filamento	Negro	1 Fibra	Whatman GF/A (1°)
Cuatro	4	10x	Partículas medianas y cortas	Azul	2 granulares y 2 fragmentos	
Cinco	1	10x	Filamento Corto Filamento corto rizado Filamentos largos	Rojo Negro Azules	2 Fibras y 3 fragmentos	Microfibra de vidrio
Dos	2	10x	Filamentos cortos y largos	Rojo Negro	2 Fibras	Whatman GF/A (2°)
Dos	3	10x	Filamento largo	Negro	2 Fragmentos	
Uno	4	10x	Filamento corto	Negro	1 fragmento	
C2 Queso panela						
Tres	1	10x	Partículas color negro dispersas en el cuadrante Se registro otra partícula corta y visiblemente ancha de color negro. Partícula corta de color rojo.	Negro Rojo	2 fibras y uno granular.	Filtro 42 Whatman
Cuatro	2	10x	Partícula diminuta Se observaron partículas de distintos tamaños y formas y una mancha.	Rojo Azul Verde Amarillo Negro	1 granular, 1 film, 2 fibras	
-	3	10x	No se registró alguna partícula extraña.	-	-	

Tres	4	10x	Se registraron partículas y filamentos de distintos tamaños y formas.	Negro Azul Rojo	2 fibras y un fragmento.	
-	1	10x	No se registró alguna partícula extraña	-	-	Microfibra de vidrio Whatman GF/A 1° (31-05)
Uno	2	10x	Partícula de color rojo	Rojo	Granular	
Uno	3	10x	Filamento alargado de color negro	Negro	Fibra	
-	4	10x	No se registró alguna partícula extraña	-	-	
Tres	1	10x	Partícula puntiforme pequeña roja Partícula elongada roja Partícula de apreciable tamaño roja	Rojo	3 granulares	Microfibra de vidrio Whatman GF/A 2° (31-05)
Uno	2	10x	Filamento negro	Negro	Fibra	
-	3	10x	No se registró alguna partícula extraña	-	-	
-	4	10x	No se registró alguna partícula extraña	-	-	
-	1	10x	No se registró alguna partícula extraña	-	-	Microfibra de vidrio Whatman GF/A 3° (01-06)
Uno	2	10x	Filamento de color negro	Negro	1 Fibra	
Uno	3	10x	Filamento largo azul	Azul	1 fibra	
-	4	10x	No se registró alguna partícula extraña	-	-	
Dos	1	10x	Filamento corto azul Filamento curvilíneo rojo	Azul Rojo	1 fibra y 1 granular	Microfibra de vidrio Whatman GF/A 4° (12-06)
Uno	2	10x	Filamento miniatura azul	Azul	1 fragmento	
Dos	3	10x	Filamento rizado negro Partícula de apreciable tamaño roja	Negro Roja	1 fibra y 1 granular	
Uno	4	10x	Partícula lineal medianamente curvado azul	Azul celeste	1 fragmento	
A1 Yogurt batido sabor manzana						
Uno	1	10x	Partícula corta de color azul	Azul	1 granular	Filtro 42 Whatman
-	2	10x	No se registró alguna partícula extraña	-	-	
-	3	10x	No se registró alguna partícula extraña	-	-	
Uno	4	10x	Filamento alargado, de gran tamaño de color negro.	Negro	1 fibra	

-	1	-	No se registró alguna partícula extraña	-	-	
Uno	2	10x	Se registra un filamento de forma rizada color negro.	Negro	1 fibra	Microfibra de vidrio
-	3	-	No se registró alguna partícula extraña	-	-	Whatman GF/A 1°
Uno	4	10x	Filamento corto de color azul celeste.	Azul celeste	1 fibra	(08-06-23)
Dos	1	10x	Filamento de tamaño corto color rojo Partícula color negro	Rojo Negro	1 fragmento y 1 granular	
Dos	2	10x	Partícula curvada elongado color morado Filamento apreciablemente rizado azul celeste	Morado Azul celeste	1 fragmento y 1 fibra	Microfibra de vidrio
Uno	3	10x	Filamento elongado, apreciablemente de gran tamaño.	Negro	1 fibra	Whatman GF/A 2°
-	4	-	No se registró alguna partícula extraña	-	-	(09-06-23)
Dos	1	10x	Partícula de color rojo de tamaño miniatura Filamento de color rojo corto	Rojo	1 granular y 1 fragmento	
-	2	-	No se registró alguna partícula extraña	-	-	Microfibra de vidrio
-	3	-	No se registró alguna partícula extraña	-	-	Whatman GF/A 3°
Dos	4	10x	Filamento de forma irregular elongado color negro Filamento de color negro corto	Negro	1 fibra y 1 fragmento	(12-06-23)
Dos	1	10x	Filamento corto de color azul celeste. Filamento curvo de color rojo	Azul celeste Rojo	1 fibra y 1 fragmento	
Uno	2	10x	Filamento curvo color morado, tamaño mediano.	Morado	1 fragmento	Microfibra de vidrio
Uno	3	10x	Filamento lineal color azul celeste. Partícula circular color negro	Azul celeste. Negro.	1 fragmento.	Whatman GF/A 4°
Dos	4	10x	Filamento largo delgado de color negro. Partícula de color negro sobre el filamento anterior.	Negro	1 fibra y un fragmento	(12-06-23)
A2 Leche entera						
-	1	-	No se registró alguna partícula extraña	-	-	Filtro 42 Whatman

Uno	2	10x	Partícula diminuta color negro	Negro	1 granular	
Uno	3	10x	Filamento elongado color negro	Negro	1 fibra	
Uno	4	10x	Partícula miniatura	Negro	1 granular	
Tres	1	10x	Filamento largo de color negro de apariencia delgada. Partícula color azul cielo de tamaño pequeño.	Negro Azul	1 Fibra, 1 granulo y 1 fragmento	
Tres	2	10x	Filamento curvado corto color rojo Filamento azul celeste corto Filamento azul marino curvado.	Rojo Azul celeste Azul marino	3 fragmentos	Microfibra de vidrio Whatman GF/A 1° (19-06-23)
Dos	3	10x	Partícula corta y ancho color negro. Filamento curvado elongado color azul celeste.	Negro Azul celeste	1 fragmento y 1 granular	
Uno	4	10x	Filamento largo color azul marino.	Azul marino	1 fragmento	
Dos	1	10x	Fibra corta color azul marino Filamento curvado color morado con transparencias.	Azul marino Morado	1 fibra y 1 fragmento	
Tres	2	10x	Filamento negro largo Filamento azul marino corto y ancho Filamento asimétrico de color azul marino.	Negro Azul marino	3 fibras	Microfibra de vidrio Whatman GF/A 2° (19-06-23)
Uno	3	10x	Filamento de apariencia rizada, visiblemente muy largo de color negro.	Negro	1 fibra	
Dos	4	10x	Filamento azul celeste aparentemente ancho y curvo. Filamento de color rojo asimétrico de tamaño pequeño.	Azul celeste Rojo	2 fibras	
B1 Leche entera						
-	1	-	No se registró alguna partícula extraña	-	-	
-	2	-	No se registró alguna partícula extraña	-	-	Filtro 42 Whatman
Tres	3	10x	Partícula de color rojo corta y ancha Partícula negra corta y ancha	Rojo Negro Rojo	3 granulares y 1 fibra	

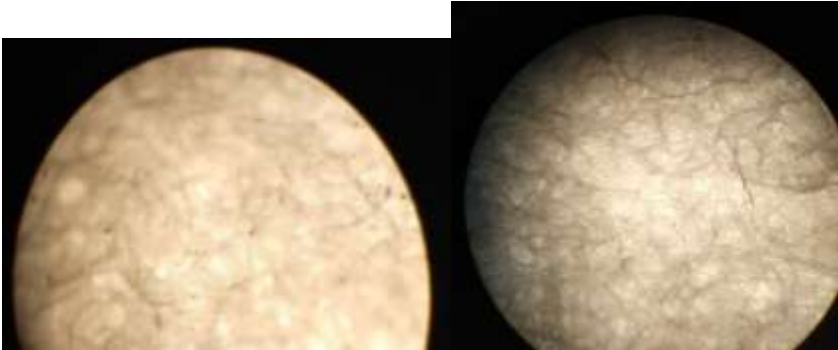
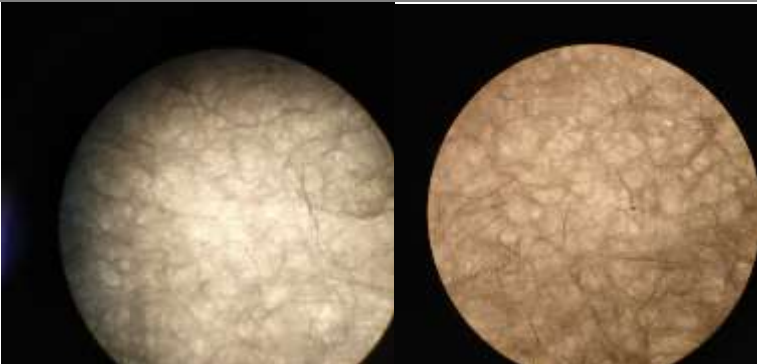
			Filamento visiblemente muy largo de color rojo			
Dos	4	10 x	Filamento negro mediano y ancho. Filamento morado corto y curvo	Negro Morado	2 fibras	
Uno	1	10x	Filamento corto, ancho color negro.	Negro	1 fragmento	
-	2	-	No se registró alguna partícula extraña.	-	-	Microfibra de vidrio Whatman GF/A (20-06-23)
Uno	3	10x	Filamento muy curvado y ancho de color rojo.	Rojo	1 fibra	
Tres	4	10x	Filamento rojo carmín asimétrico y ancho. Filamento delgado y corto color negro.	Rojo carmín. Negro.	2 fibras y 1 fragmento	
C1 Queso oaxaca						
-	1	-	No se registró alguna partícula extraña.	-	-	
Uno	2	10x	Filamento corto de color rojo ancho.	Rojo	1 fragmento	Filtro 42 Whatman (22-06-23)
-	3	-	No se registró alguna partícula extraña.	-	-	
-	4	-	No se registró alguna partícula extraña.	-	-	
catorce	1	10x	Se presentan partículas diminutas de color negro Filamento asimétrico de color negro ancho y corto.	Negro	13 granulares y una fibra	Microfibra de vidrio Whatman GF/A (22-06-23)
Dos	2	10x	Filamento negro, corto, delgado y curvo. Puntos negros diminutos formando una línea.	Negro	1 fragmento y 1 granular	
-	3	-	No se registró alguna partícula extraña.	-	-	
-	4	-	No se registró alguna partícula extraña.	-	-	

Esta tabla describe los hallazgos en las muestras examinadas de lácteos las cuales representan los diferentes tipos y cantidades de partículas extrañas las cuales incluyeron formas como fibras, filamentos, gránulos y fragmentos; de colores como el rojo, negro, azul, celeste y amarillo utilizando para su captación membranas como papel filtro grado 42 Whatman y microfibra de

vidrio Whatman GF/A proporcionando así datos significativos sobre la calidad y la contaminación de los productos lácteos examinados.

3.2.8 Imágenes capturadas del microscopio con cámara fotográfica.

Tabla 34. Imágenes capturadas del microscopio con presencia de partículas y filamentos distintos al de las membranas

TIPO DE MEMBRANA	CUADRANTE DE LA MEMBRANA	IMAGEN DE MICROSCOPIO TOMADA CON CELULAR
D1 Queso petit-suisse.		
Filtro Whatman grado 42	1	
	2	-
	3	-
	4	

Filtro
microfibra
de vidrio
GF/A
1°

1



2

-

3

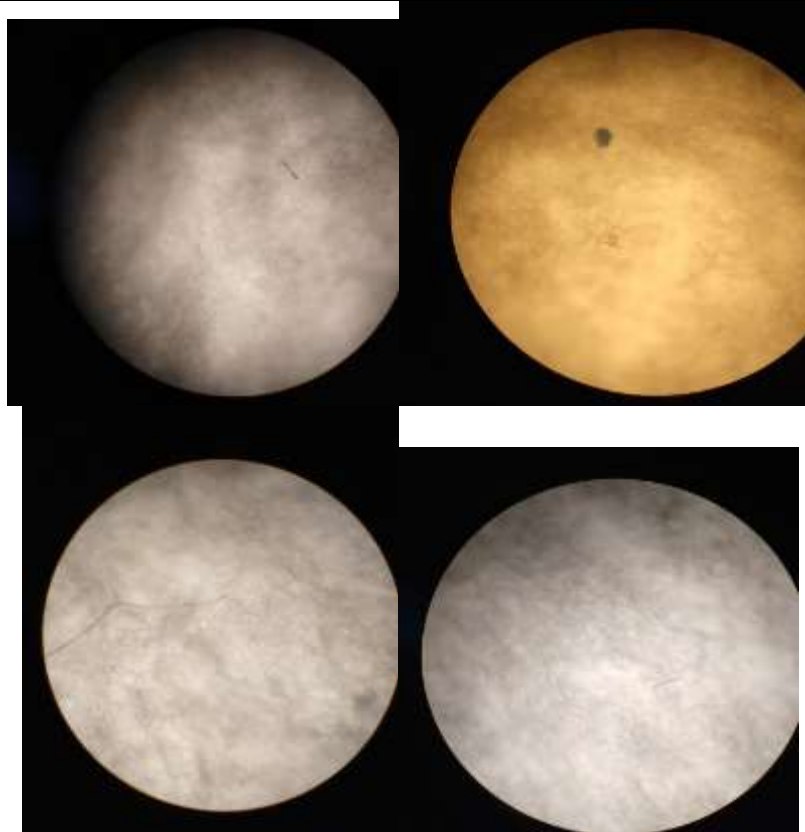
-

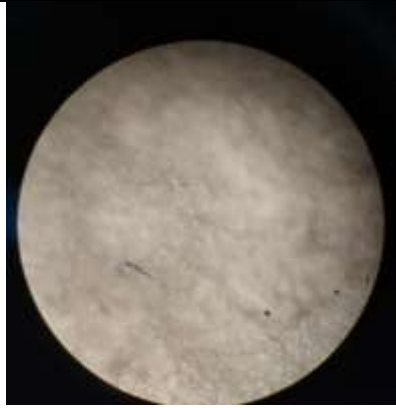
4

-

Filtro
microfibra
de vidrio
GF/A
2°

1





2

-

3

-

4

-

A3 Yogurt bebible sabor manzana.

Filtro
Whatman
grado 42

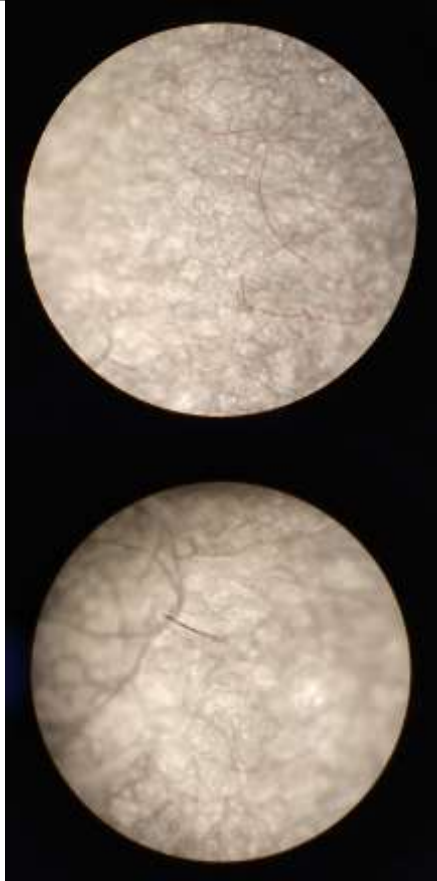
1



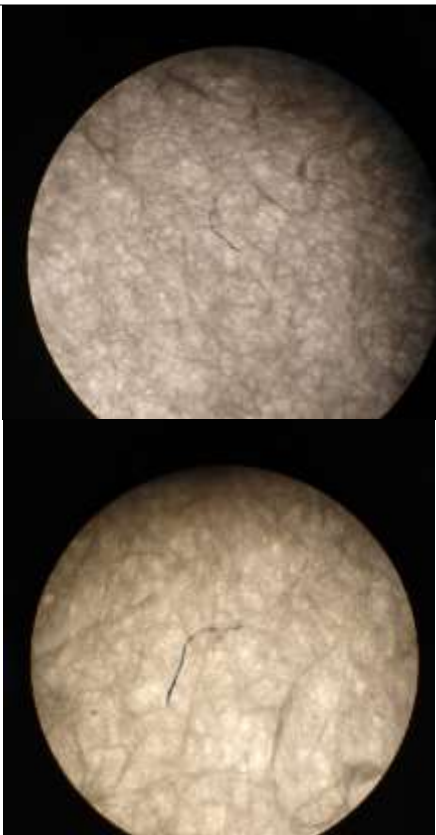
2

-

3



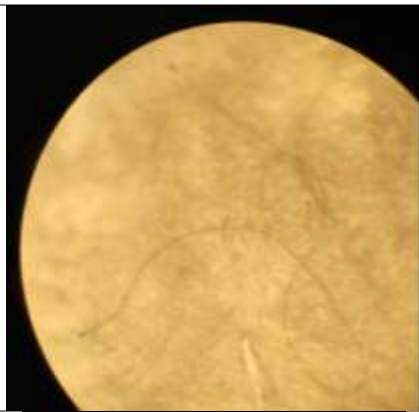
4



1

-

2

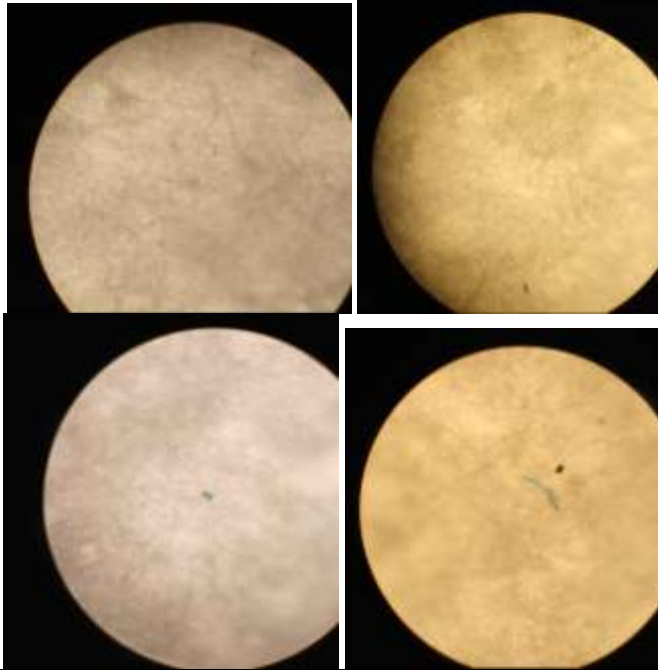


Filtro
microfibra
de vidrio
GF/A
(1°)

3



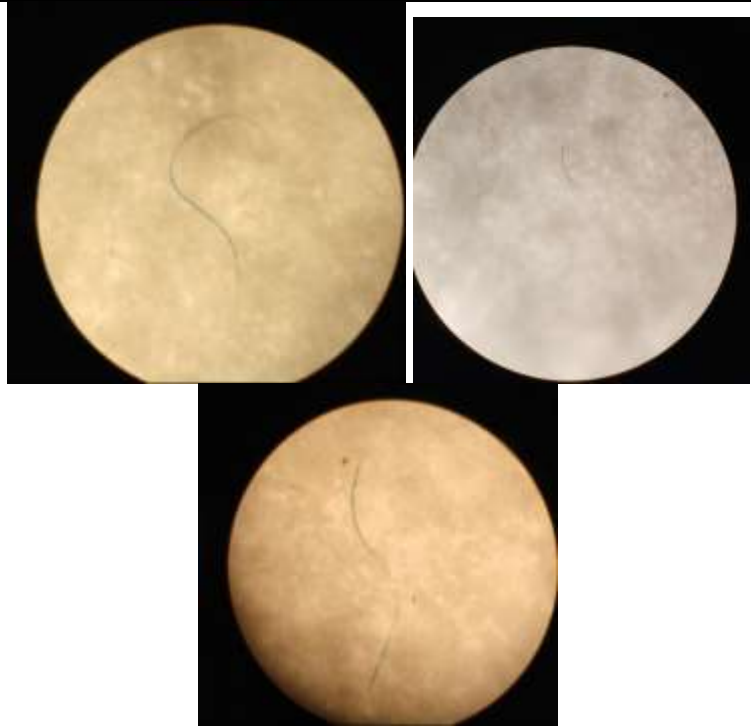
4



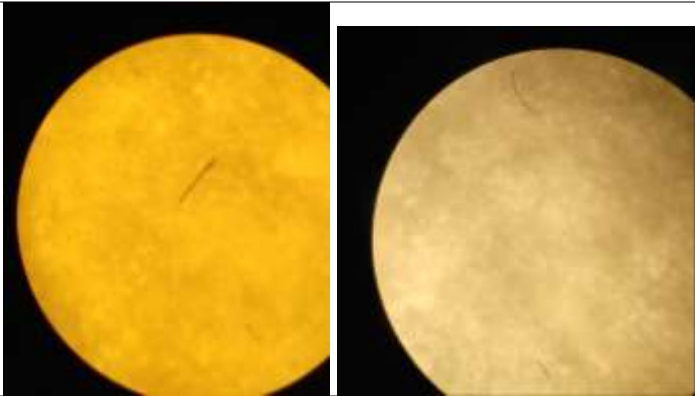
Filtro
microfibra
de vidrio
GF/A (3°).

1

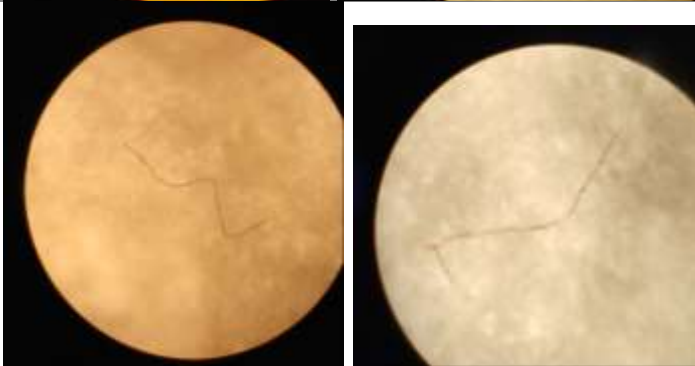




2



3

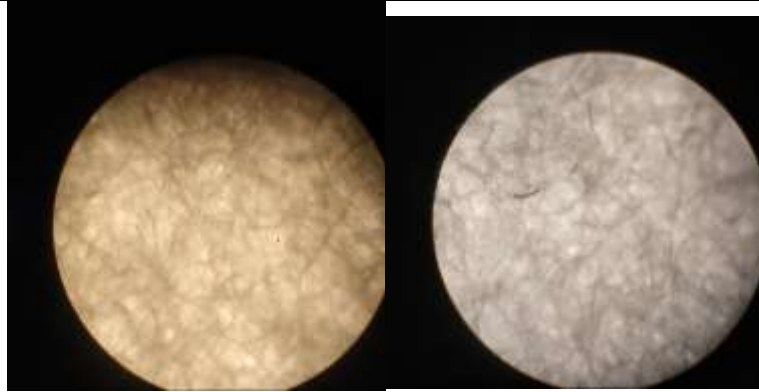


4



C2 Queso panela.

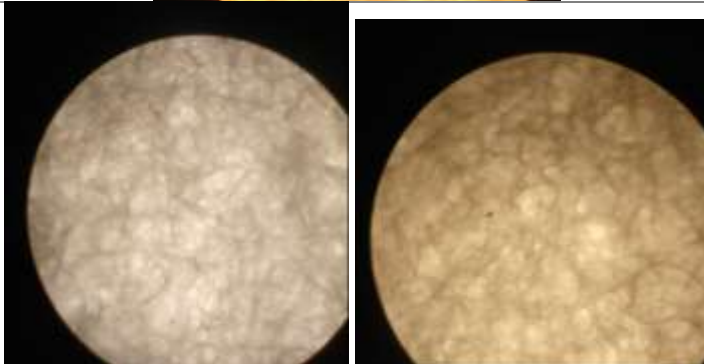
1

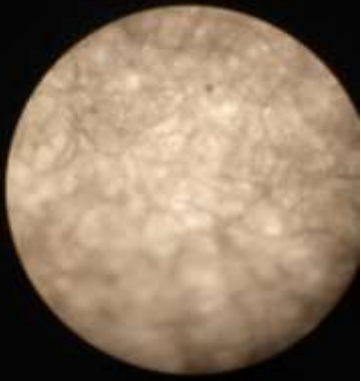
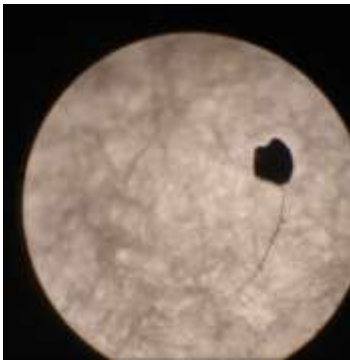


Filtro
Whatman
grado 42

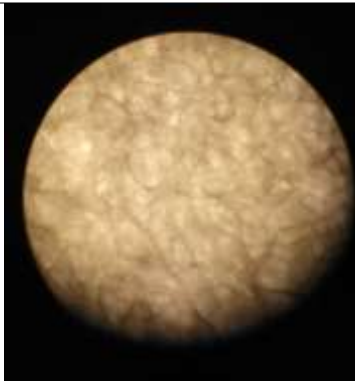


2





3



4



1



2

Filtro
microfibra
de vidrio
GF/A
1°

3

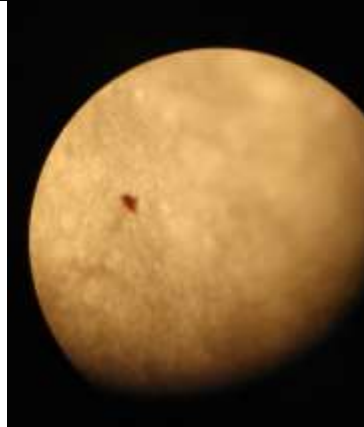
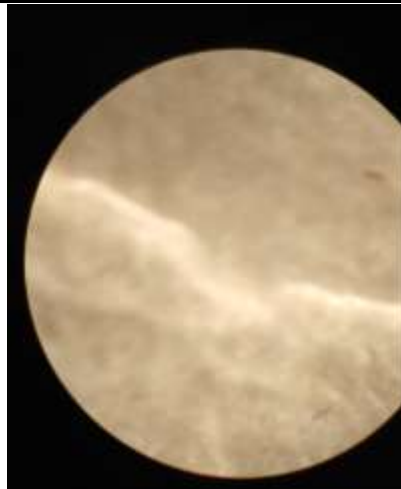



4

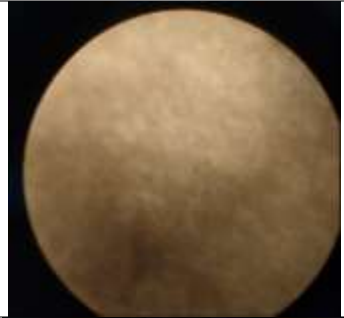

*

Filtro
microfibra
de vidrio
GF/A
2°

1

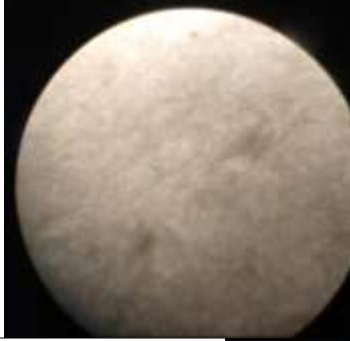


			
	2		
	3	-	
	4	-	
	1	-	

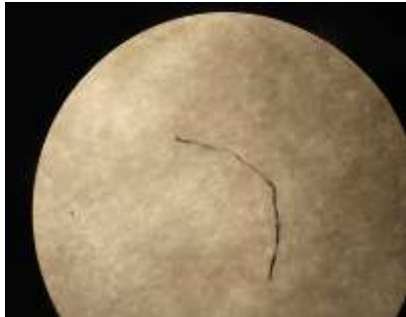
			
	2		
Filtro microfibra de vidrio GF/A 3°			
	3		
	4	-	

			
Filtro microfibra de vidrio GF/A 4°	1		

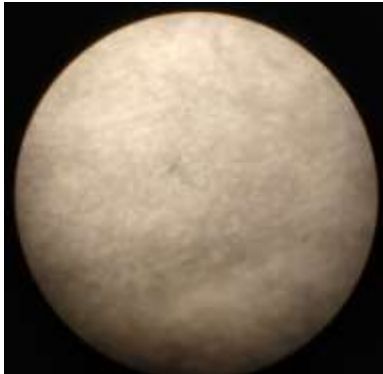
2



3



4



A1 Yogurt batido sabor manzana.

Filtro
Whatman
grado 42

1



2

-

3

-

4



1

-

2



3

-

4








Filtro
microfibra
de vidrio
GF/A
1°

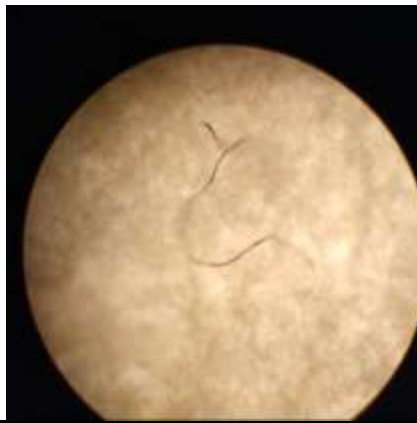
1



Filtro
microfibra
de vidrio
GF/A
2°

2		
3		
4	-	-
Filtro microfibra de vidrio GF/A 3°		
2		-
3		-

4

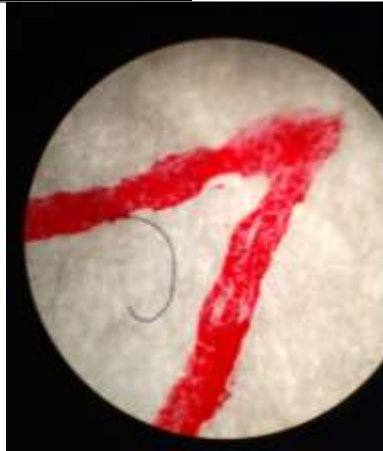


1

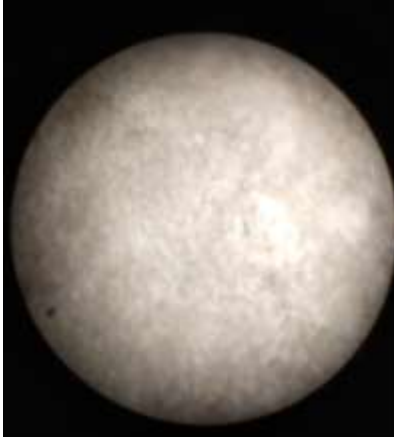


Filtro
microfibra
de vidrio
GF/A
4°

2



3



4

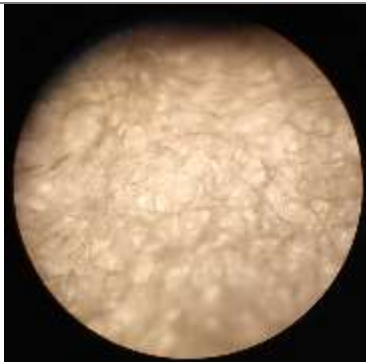


A1 Leche entera.

1

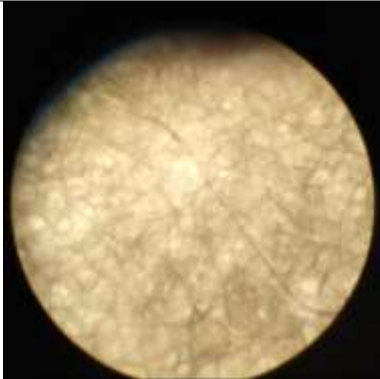
-

2

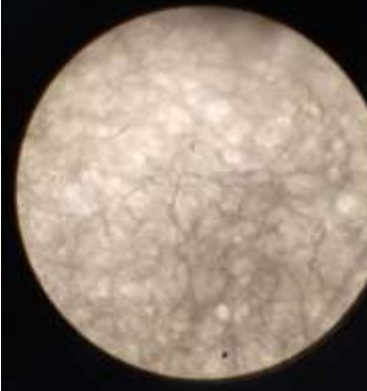


Filtro
Whatman
grado 42

3



4

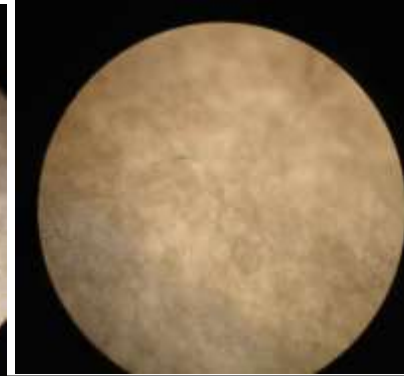


1

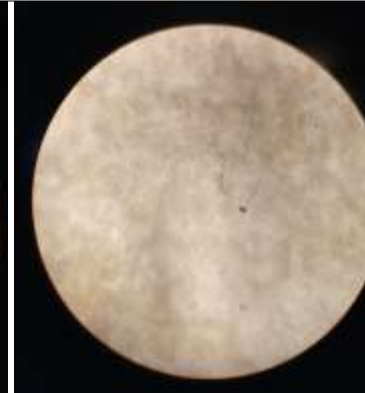
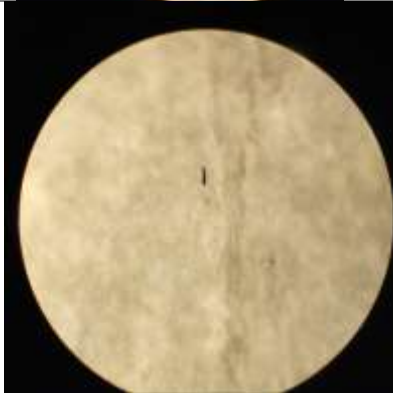


Filtro
microfibra
de vidrio
GF/A (1°)

2



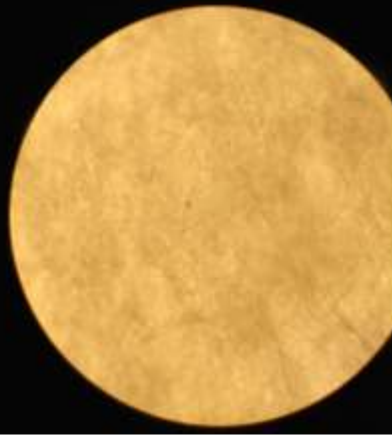
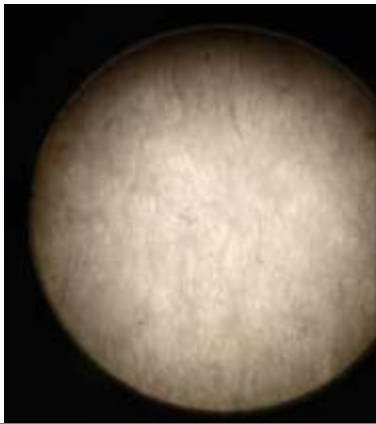
3



4

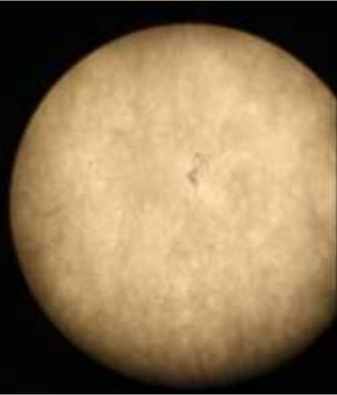
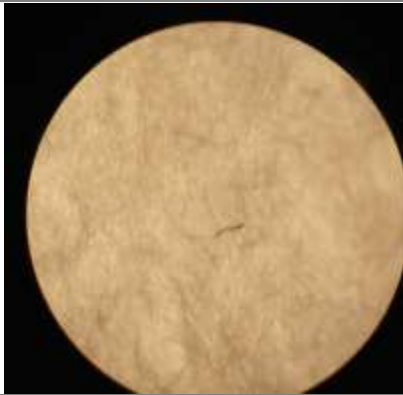


1



Filtro
microfibra
de vidrio
GF/A (2°)

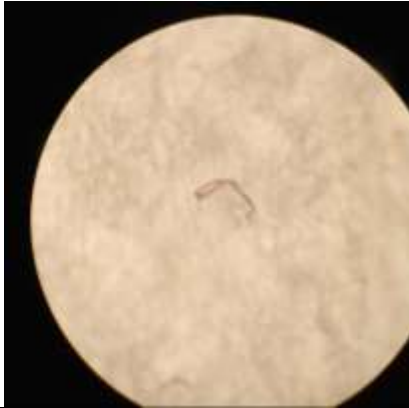
2



3



4



B1 Leche entera.

1

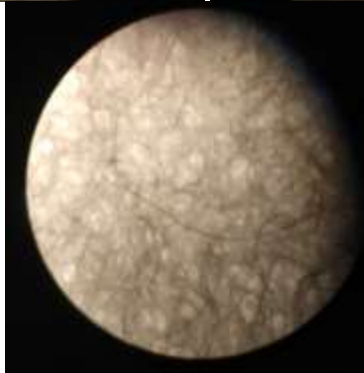
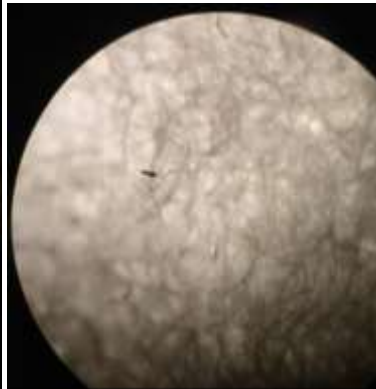
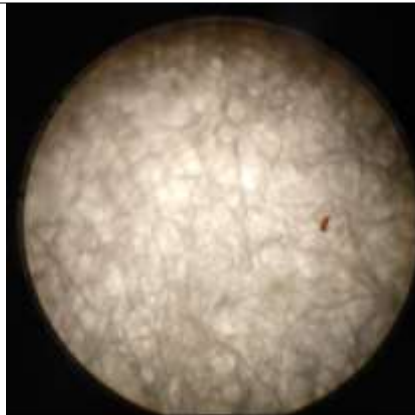
-

2

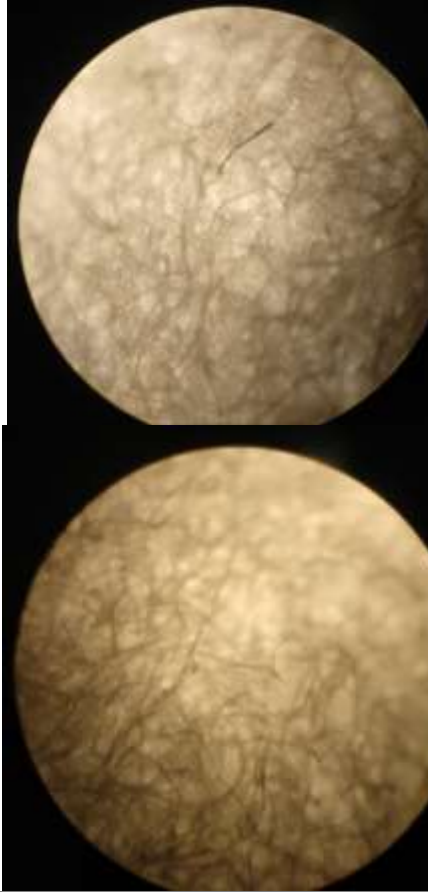
-

Filtro
Whatman
grado 42

3



4



Filtro
microfibra
de vidrio
GF/A (1°)

1

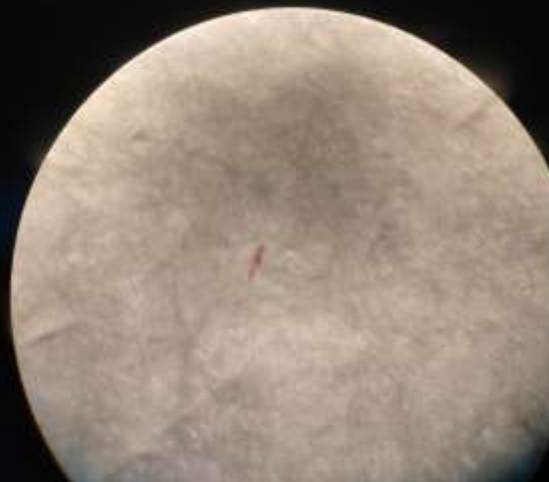
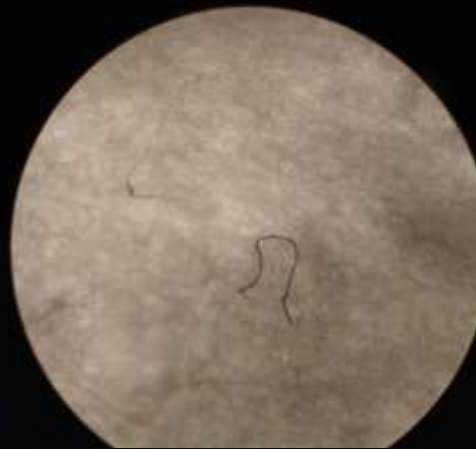


2

3



4

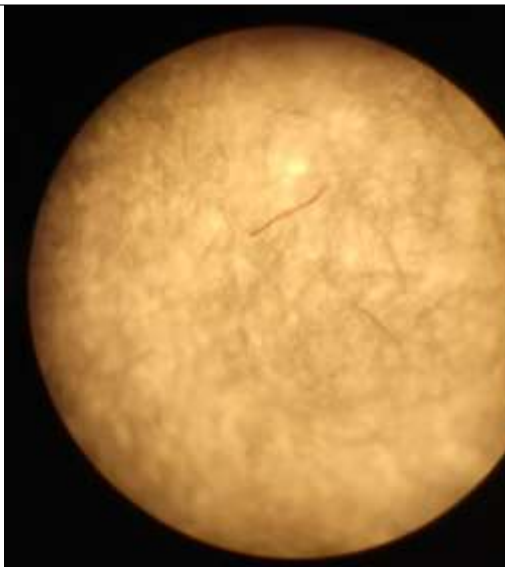


C1 Queso oaxaca.

1

Filtro
Whatman
grado 42

2



3

-

4

-

Filtro
microfibra
de vidrio
GF/A

1



2



3

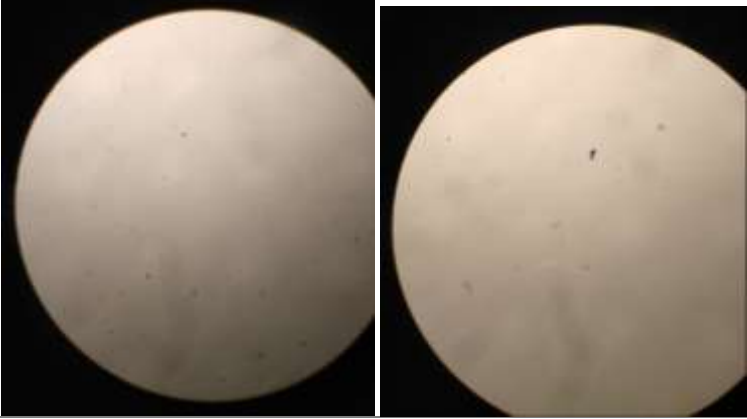
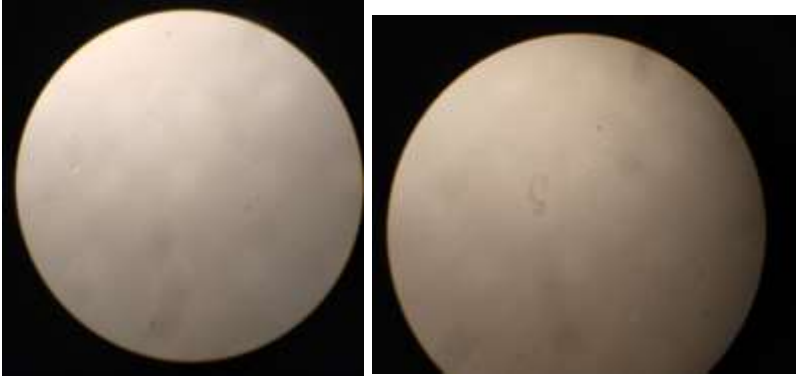

-

4

-

Las imágenes muestran diferentes tipos de fibras que fueron encontradas durante el análisis microscópico de los productos lácteos mayormente consumidos por niños, se aprecian variaciones en color, longitud y forma, esta última englobando su clasificación granular, fibras, fragmentos y films presentándose en diversos colores como lo es el negro, azul, amarillo, verde y rojo. El que estos microplásticos estén presentes en la visualización mediante microscopio sugiere la importancia de evaluar de mejor forma la calidad de estos productos en la industria.

Tabla 35. Membranas empleadas para filtración de agua utilizada en el proyecto.

Tipo de membrana	Cuadrante	Imágenes de microscopio tomadas de celular
Membrana agua desionizada.		
GHP	1	-
	2	
	3	-
	4	
Membrana metanol.		
GHP	1	
	2	-
	3	-
	4	-

3.2.9 Peso de membrana sin utilizar vs membrana utilizada

Tabla 36. Registro de pesos de membranas utilizadas y blancos.

Tipo de membrana	Peso membrana blanco*	Peso membrana utilizada	Resta	% de solidos retenidos aprox
D1 Queso petit-suisse				
Membrana grado 42 Whatman	0.6231 g	0.4113 g	0.2118	33.99
Microfibra de vidrio GF/A (1°)	0.0894 g	0.1633 g	0.0739	82.66
Microfibra de vidrio GF/A (2°)		0.1225 g	0.0331	37.02
A3 Yogurt bebible sabor manzana				
Membrana grado 42 Whatman	0.6231 g	0.6480 g	0.0249	4.00
Microfibra de vidrio GF/A (1°)	0.0894 g	0.1679 g	0.0785	87.81
Microfibra de vidrio GF/A (2°)		0.1956 g	0.1062	118.79
Microfibra de vidrio GF/A (3°)		0.2328 g	0.1434	160.40
Microfibra de vidrio GF/A (4°)		0.1887 g	0.0993	111.07
C2 Queso panela				
Membrana grado 42 Whatman	0.6231 g	0.6649 g	0.0418	6.71
Microfibra de vidrio GF/A (1°)	0.0894 g	0.1490 g	0.0596	66.67
Microfibra de vidrio GF/A (2°)		0.1427 g	0.0533	59.62
Microfibra de vidrio GF/A (3°)		0.1905 g	0.1011	113.09

Microfibra de vidrio GF/A (4°)		0.15161 g	0.06221	69.59
Membrana grado 42 Whatman	0.6231 g	0.6833 g	0.0602	9.66
Microfibra de vidrio GF/A (1°)		0.1369 g	0.0475	53.13
Microfibra de vidrio GF/A (2°)		0.2267 g	0.1373	153.58
Microfibra de vidrio GF/A (3°)	0.0894 g	0.1877 g	0.0983	109.96
Microfibra de vidrio GF/A (4°)		0.1255 g	0.0361	40.38
A2 Leche entera				
Membrana grado 42 Whatman	0.6231 g	0.6526 g	0.0295	4.73
Microfibra de vidrio GF/A (1°)		0.1463 g	0.0569	63.65
Microfibra de vidrio GF/A (2°)	0.0894 g	0.0932 g	0.0038	4.25
B1 Leche entera				
Membrana grado 42 Whatman	0.6231 g	0.6234 g	0.0003	0.05
Microfibra de vidrio GF/A	0.0894 g	0.1195 g	0.0301	33.67
C1 Queso oaxaca				
Membrana grado 42 Whatman	0.6231 g	0.7006 g	0.0775	12.44
Microfibra de vidrio GF/A	0.0894 g	0.1245 g	0.0351	39.26
Membrana GHP para agua desionizada				
GHP		0.0384 g		
Membrana GHP de metanol				
GHP		0.0383 g		

Fuente. Elaboración propia

*. Se registraron tres pesos de diferentes membranas GF/A para obtener un peso promedio

3.3 Caracterización del polímero.

El envase que contiene los productos lácteos juega un papel importante en la seguridad alimentaria y en la preservación de la calidad de los alimentos; en el marco de la presente investigación sobre la presencia de los microplásticos en lácteos consumidos por niños de entre 3 a 12 años se ha reconocido la verificación del polímero declarado por el proveedor, el cual se convierte en un componente esencial para comprender la posible fuente de microplásticos que podría contaminar el alimento.

En este contexto se procedió a examinar las membranas empleadas mediante espectroscopia FT-IR en equipo IR spectra (Spectrum Two) marca PerkinElmer para determinar la composición del polímero presente en las membranas de algodón de alta calidad de Whatman 42 y las de microfibra de vidrio GF/A empleadas en la filtración de las muestras, sin embargo la visualización en ATR no fue eficiente en ninguna de las dos membranas debido a la gran superficie de la misma contra la prensa del ATR, como se muestra en la figura 21.



Figura 18. Visualización de membrana Whatman grado 42 mediante técnica de ATR.

Fuente: Elaboración propia

Obteniéndose las siguientes graficas de la figura 22 en el programa Spectrum del equipo.

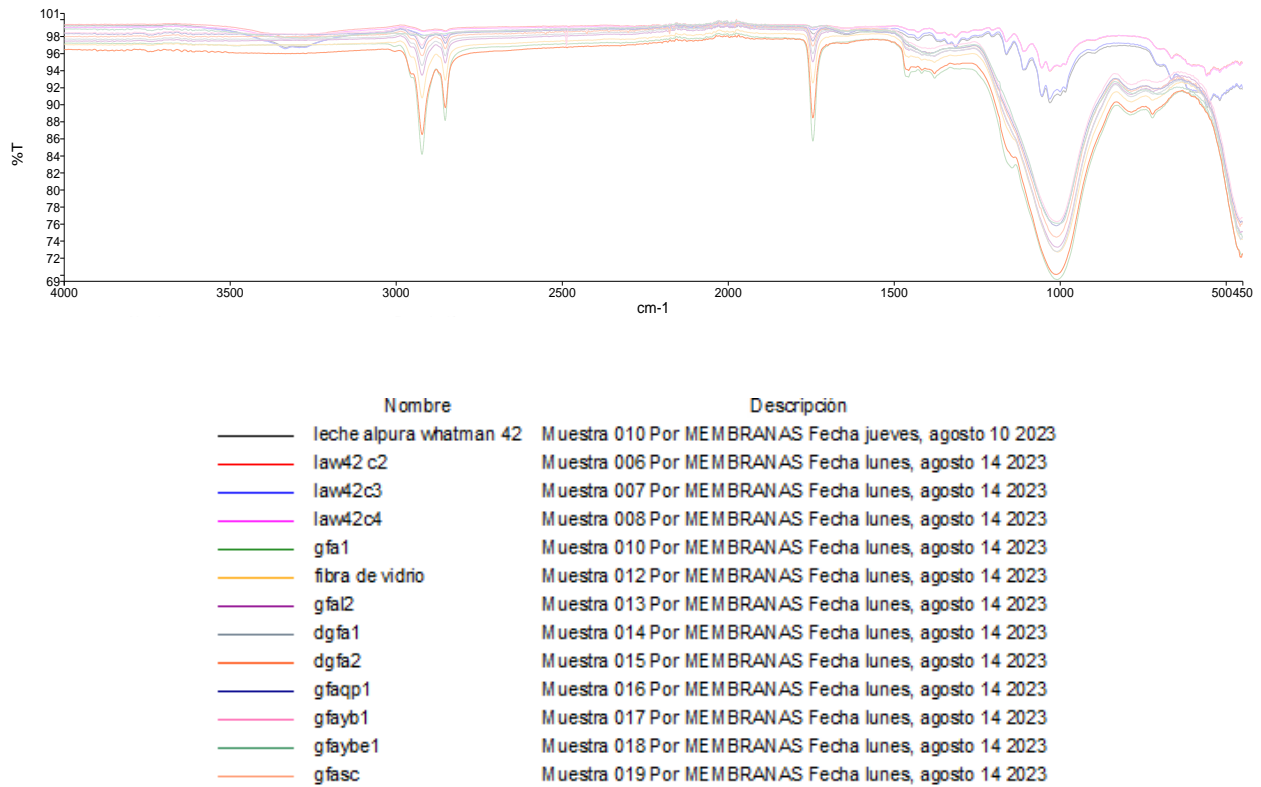


Figura 19. Graficas obtenida mediante FT-IR de membrana GF/A con y sin muestra láctea.

Se repitió esta técnica en el laboratorio de análisis instrumental de la Facultad de Química, Colón en el equipo VERTEX 70/80 con la técnica ATR, sin embargo, se descartó también debido a que la prensa del ATR perforo las membranas GF/A, obteniéndose graficas con demasiado ruido sin poder discernir para poder identificar con alguna biblioteca de espectros de polímeros. Aunado a que de igual forma el área de la membrana es mayor al lector del ATR con lo cual es casi imposible poder capturar algún microplástico.



Figura 20. Equipo utilizado
Fuente: Elaboración propia



Figura 21. ATR del equipo VERTEX 70/80.
Fuente: Elaboración propia



Figura 22. Rotura de la membrana GF/A.

Fuente: Elaboración propia

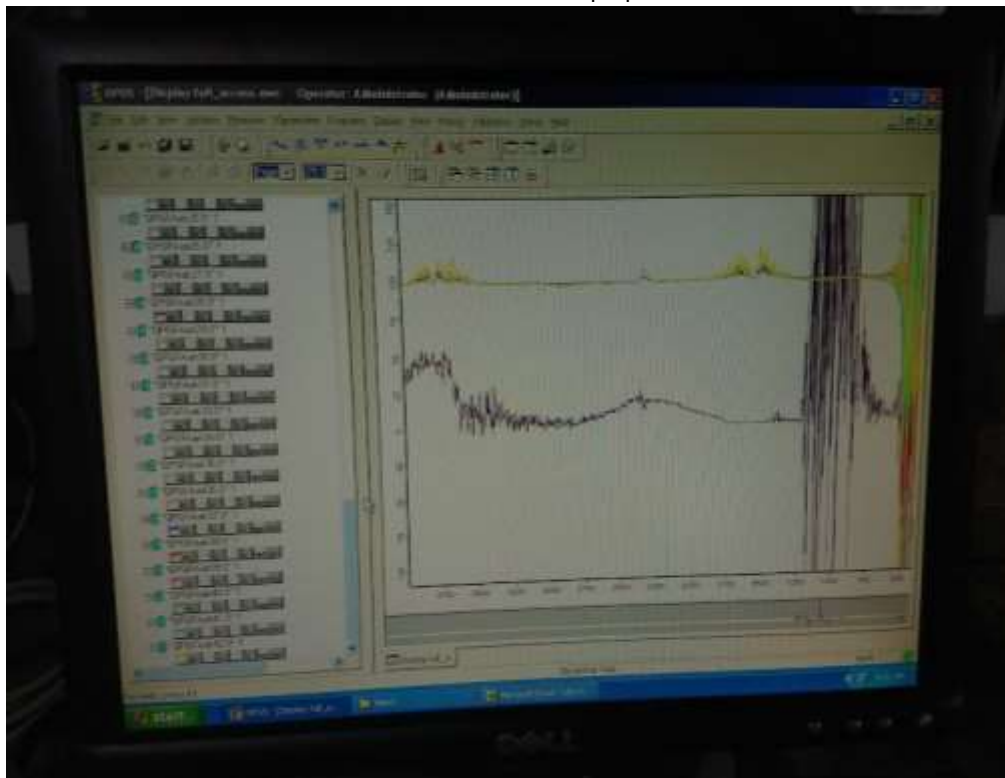


Figura 23. Gráficos obtenidos con el software OPUS.

Fuente: Elaboración propia

La caracterización mediante la espectroscopia infrarroja se vio impedido debido a la imposibilidad de separar los microplásticos de las membranas grado 42 y GF/A por el tamaño de estos para poder ser visualizados en el equipo. Así como también lo menciona Zhang et al. (2020) desaconsejan el uso de filtros de plástico con materiales como el policarbonato, PTFE, etc. para la caracterización en FTIR justificando que en la transmitancia la luz debe pasar a través del filtro y que cuando se acerca a los límites de detección la luz del láser Raman se pierde obteniendo la señal del filtro oscureciendo así la señal de la partícula objetivo. Tampoco recomiendan el uso de filtros de material celulósico debido a que cuando se secan tienden a deformarse y de esta forma dificulta el enfoque del láser. En vista de esta limitación, se optó por explorar alternativas para la confirmación de presencia de microplásticos y tras la revisión de literatura bibliográfica y científica se encontró con una propuesta por el autor Hidalgo et al. (2012) los investigadores realizaron comparación de metodologías utilizadas en la identificación y cuantificación de microplásticos en el medio marino, sin embargo los microplásticos son expulsados de diversas fuentes de contaminación que los encontrados en animales marinos también pueden ser encontrados en el cuerpo humano por medio de la cadena trófica, con lo cual este artículo "*Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification*" es válido para la confirmación de presencia de microplásticos en lácteos (Hidalgo et al., 2012).

Los métodos que pusieron a prueba tienen la cronología y procedimiento similar a mi proceso de extracción de microplásticos, siendo el de ellos la separación por densidad, filtración, tamizado y clasificación visual de microplásticos y siendo la propia digestión química alcalina, centrifugado retirado de grasa (pasos anteriores necesarios debido a la complejidad de la matriz alimentaria ocupando de un 3% a un 24% de grasa en composición de yogurt, quesos y leche entera), filtrado por densidad, calentamiento, microfiltración al vacío y clasificación visual en microscopio. En el artículo estandarizaron el método aplicado únicamente cuando no se es posible utilizar métodos más precisos como la espectroscopia infrarroja con los siguientes criterios, y en la tabla 37 se verifico que el presente proyecto cumpliera con los criterios establecidos.

- 1- No se ven estructuras celulares u orgánicas.
- 2- Las fibras deben tener el mismo grosor en toda su longitud.
- 3- Deben estar presentes partículas con colores claros y homogéneos.
- 4- Si son transparentes o blancos deberán examinarse con gran aumento y microscopio de fluorescencia.

Tabla 37. Verificación de criterios para la identificación visual de microplásticos

Cumplimiento de criterios con resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación.	
1	Este criterio es cumplido dado que en las imágenes presentadas en la tabla 34 se aprecia con claridad la diferencia entre la composición de la membrana empleada y la fibra del microplástico, encontrándose 123 partículas como total presentes englobando los productos lácteos analizados.
2	Este criterio es cumplido dado que en las imágenes mostradas en la tabla 34 se aprecia que no cuentan con irregularidades en el grosor de cada fibra, únicamente cambian en la longitud.
3	Este criterio es cumplido dado que las partículas de microplásticos se presentan colores sólidos y definidos, tal como se aprecia en la tabla 34.
4	Este criterio se excluye de mi investigación debido a su falta de adecuación, pues durante la visualización en microscopio no se perciben microplásticos de color blanco y esta exclusión se justifica porque la luz del condensador del microscopio es de tono amarillento, así también las membranas empleadas presentan tonalidad amarillenta por la reacción de digestión química alcalina de los lácteos y por ello se apreciaría a simple inspección visual el color blanco.

Fuente: Elaboración propia.

Como procedimiento subsiguiente para validar visualmente la presencia de microplásticos, en el artículo “*Atmospheric Microplastics: A review on current status and perspectives*” del autor Zhang et al. (2020) se mencionan las características que debe tener la partícula del microplástico en cuanto a forma, color y componentes, tales son:

3.3.1 Forma

Con frecuencia se encuentran clasificadas las formas en las que se presentan los microplásticos que son esferas, films, fibras y fragmentos, presentados en la figura 27.



Figura 24. Clasificación estandarizada de microplásticos para su identificación.

Fuente: (Zhang et al. 2020)

Formas encontradas



Figura 25. Compilación de las cuatro formas encontradas en el proyecto.

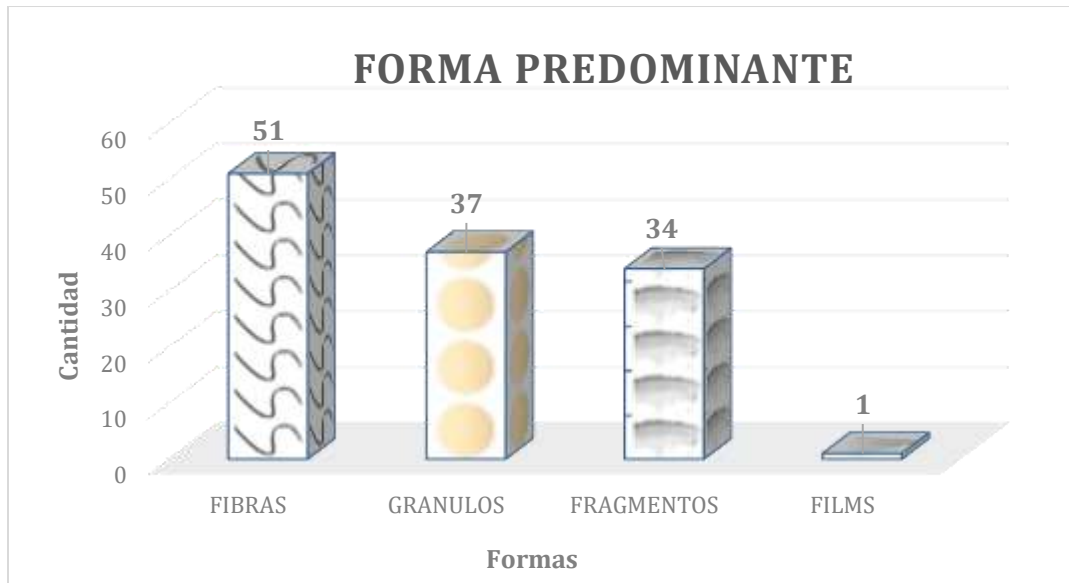
Fuente. Elaboración propia.

Zhang et al. (2020) sugiere que las formas también van a depender del proceso de degradación y erosión que ya presentan las partículas por el tiempo de permanencia en el medio ambiente, se podría calcular la edad de los microplásticos con su forma, por ejemplo, si la partícula presenta bordes afilados indica que ha tenido una introducción reciente al medio ambiente, contrario de los bordes alisados presentados en las partículas se asocian a un largo tiempo de residencia en el medio ambiente. Menciona también el autor que en Hamburgo (lugar de estudio) la forma predominante de microplásticos presentes en el aire fue de fragmentos con un 95% de presencia mientras que el 5% estaba compuesto por fibras. Sin embargo, también contrasta que en la zona urbana de Shanghái la deposición atmosférica estaba mayormente compuesta por fibras, esto se tiene con relación a la gran demanda de producción de fibras sintéticas de diferente uso y que los microplásticos de forma fragmentada podrían ser el resultado de la exposición de artículos plásticos a la fatiga, luz ultravioleta y tensión.

En el presente estudio se obtuvo que las fibras con un 41% de presencia fueron la forma predominante englobando todos los productos analizados y la de menor cantidad han sido los films con un 1% de presencia, señalado en la gráfica 9, obteniéndose un total global de 123 microplásticos en 516.2 g (menos merma) contemplando todas las cantidades empleadas de

producto lácteo (descritas en la tabla 25) la cual es una cifra cercana al estudio realizado en México aplicado únicamente a leche entera de 23 marcas obteniendo un total de 150 microplásticos oscilando entre 3 y 11 partículas por litro, también cifra cercana a la obtenida en un estudio Indu en el cual analizaron 16 marcas de leche entera con 164 partículas por litro.

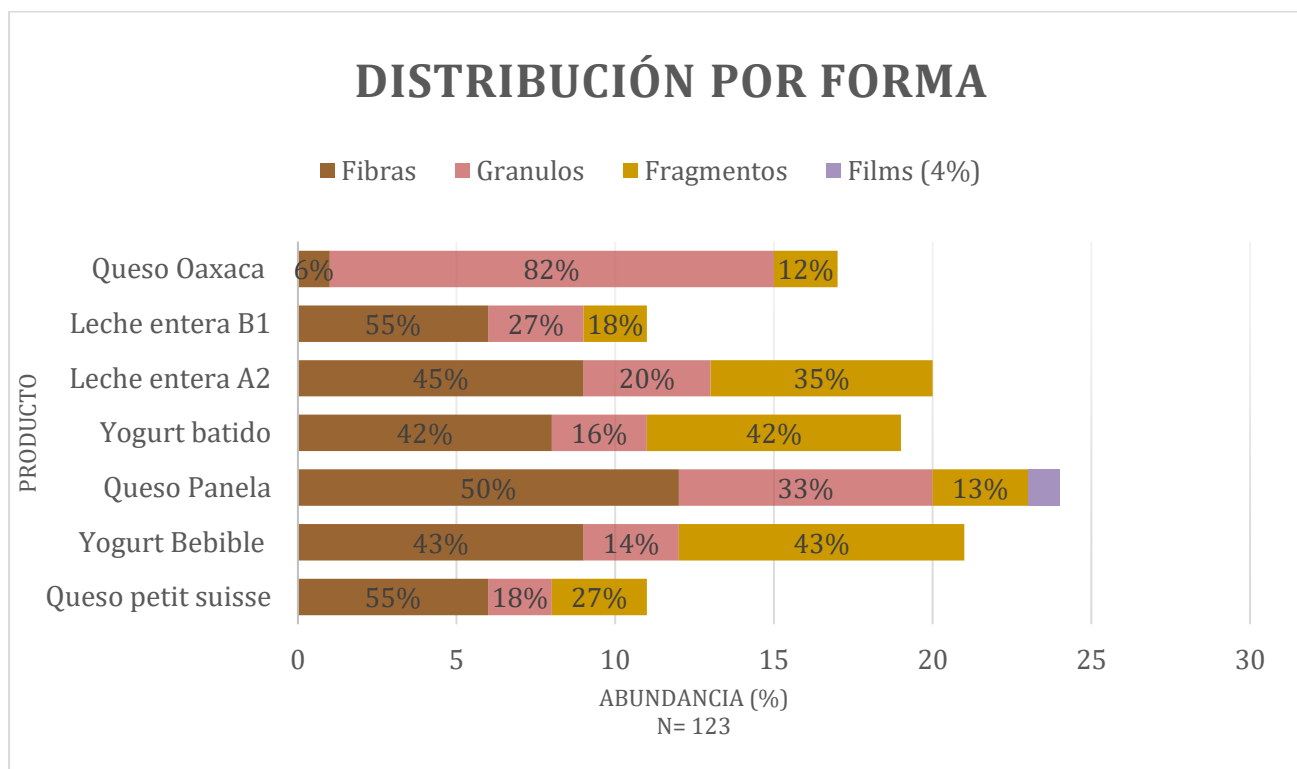
Gráfica 9. Predominancia de microplásticos en la presente investigación



Fuente: Elaboración propia

Se realizó también una distribución por forma para cada producto lácteo analizado, ubicado en la gráfica 10.

Gráfica 10. Distribución por forma de microplásticos hallados en la presente investigación.



Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia en la gráfica 10 de barras apiladas que el producto que presentó mayor presencia de partículas fue el queso panela con 24 microplásticos confirmados mediante los criterios de los autores Hidalgo et al. (2012); Zhang et al. (2020) en cuanto a forma e inspección visual. De este producto lácteo 12 partículas corresponden a fibras, 8 a gránulos, 3 fragmentos y 1 film, todos estos mostrados en imágenes en la tabla 34.

Se presentó un empate en la clasificación menor cantidad de microplásticos entre el queso petit suisse y la leche entera B1 con 11 partículas cada uno, la similitud radica en la forma que predominó en cada una de estas, pues en el queso predominaron las fibras con 6 partículas y en la leche B1 también 6.



Figura 26. Observación en el microscopio con objetivo 10x de microplástico obtenido en muestra de yogurt batido.

Fuente: Elaboración propia.

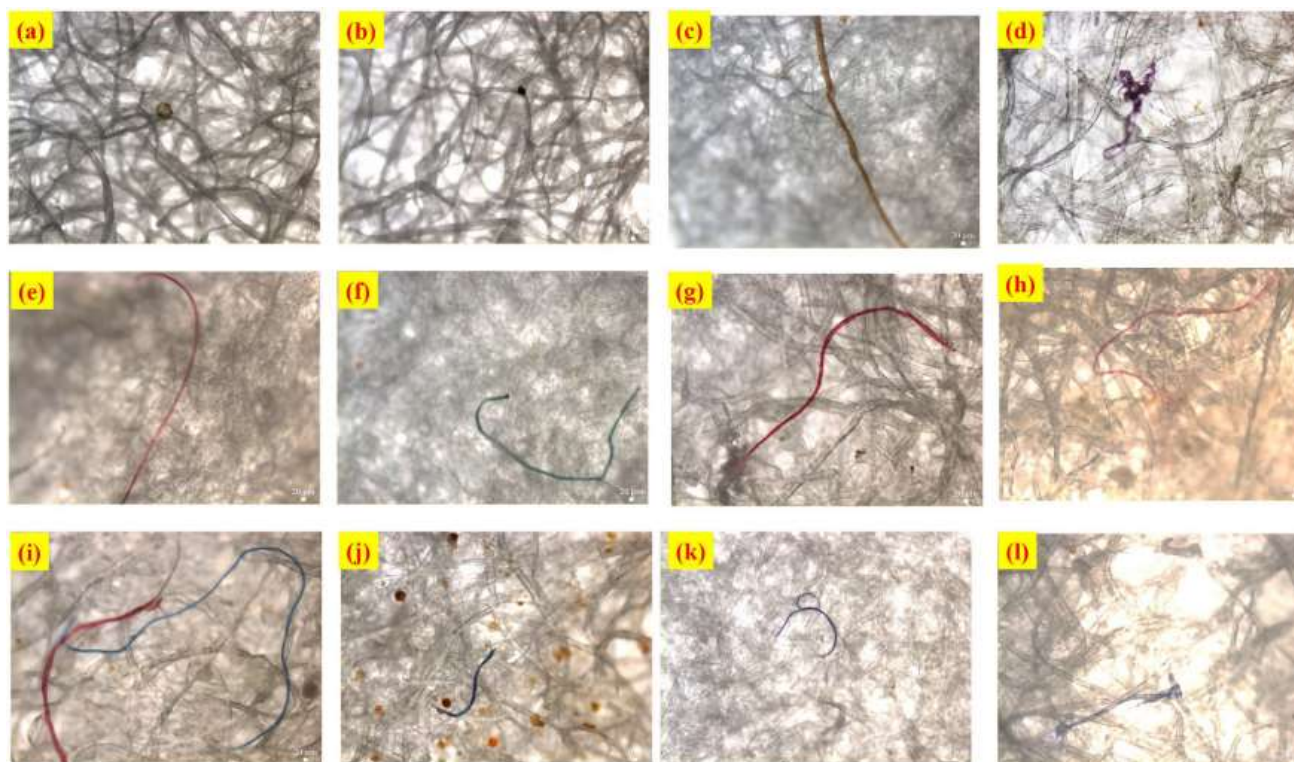


Figura 27. Microplásticos encontrados en muestras de leche de 23 marcas por Kutralam-Muniasamy (2020).

Fuente: (Kutralam-Muniasamy et al., 2020b).

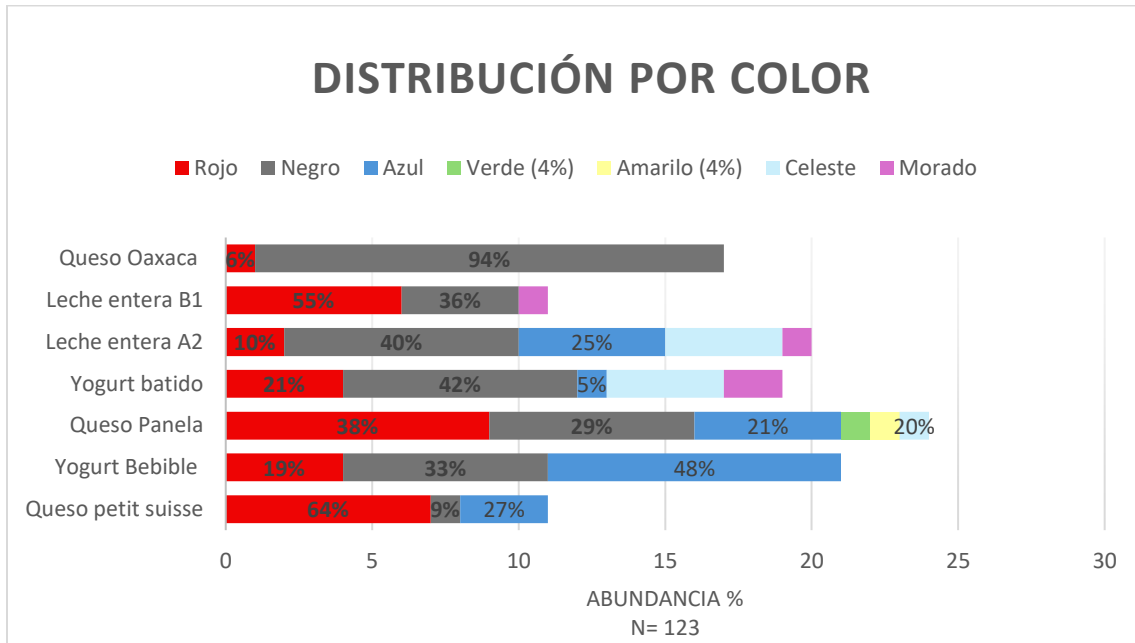
Se analizaron las imágenes del Kutralam-Muniasamy et al. (2020b) (figura 30) y se compararon con las obtenidas en el microscopio de la Facultad de Química, UAEMéx (figura 28 y tabla 34), resultando en que son similares o iguales a las obtenidas por el autor con lo cual se puede asegurar de que las formas extrañas encontradas en los productos lácteos se tratan de Microplásticos.

3.3.2 Color

En cuanto al color se tiene registro de una gran variedad, incluyendo colores como el rojo, naranja, amarillo, café, blanco, gris, azul, verde, etc. De acuerdo con Zhang et al. (2020) los predominantes son las fibras azules y rojas. El color es de utilidad pues los elementos claros y transparentes se atribuyen al polipropileno, el blanco al poliestireno y los colores opacos al LDPE. Siguiendo el ejemplo que colocan los autores en la ciudad de Shanghái los microplásticos presentes en la atmosfera presentaban colores diferentes tales como los colores negros, azules, rojos, transparentes, marrones, verdes, amarillos y grises, predominando las de color azul y negro.

En la presente investigación se halló que el color más abundante englobando a los 7 productos lácteos analizados fue el color negro con 51 partículas contadas, lo que representa el 41%, seguido del color rojo con 33 partículas representando el 27% y de menor cantidad existe igualdad entre verde y amarillo, ambos con 1%, representado en la gráfica 11.

Gráfica 11. Distribución por color de microplásticos.



Fuente: Elaboración propia.

El color negro tuvo más abundancia en el queso Oaxaca pues represento un 94% de sus microplásticos encontrados, seguido de la leche entera A1 con una relevancia del 40% de sus microplásticos y en el queso petit suisse fue el alimento donde menos presencia tuvo el color negro en los microplásticos con un 9% de relevancia.

Recordado que el queso panela fue el alimento con mayor presencia de microplásticos (ubicado en la gráfica 10) se aprecia que el color que predomino fue el color rojo, seguido del negro y el menor fue el verde-amarillo. La razón del porque no se hayan encontrado microplásticos de color blanco o transparente es debido a la sugerencia realizada por Basaran et al. (2023) sugiriendo que la contaminación por microplásticos en la leche probablemente ocurre durante el procesamiento de la leche y no a través del empaque.

3.3.3 Componentes

De acuerdo con Zhang et al. (2020) la composición química es el criterio de mayor relevancia para poder definir el tipo de contaminación plástica pues la estructura del polímero puede definir las propiedades físicas y químicas de este, clasificándolos en termoplásticos y termoestables (punto 1.1.1). El polímero que presenta mayor producción es el propileno (PP), polietileno de baja

densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), el cloruro de polivinilo (PVC) y el tereftalato de polietileno (PET). En el mar el polímero de mayor abundancia es el polietileno, seguido del polipropileno y el poliestireno.

En este contexto se buscó clasificar los microplásticos en torno a su coloración para poder apreciar la abundancia de este y también de poder identificar si existe alguna relación entre tipo de polímero y color de este, así es como Hidalgo et al. (2012) menciona que en su investigación el color abundante fue el color blanco y variantes en intensidad como el amarillo y el beige, menciona también que el color facilita su separación de demás desechos. La tabla 38 hace referencia a la relación que encontró dicho autor entre color y tipo de polímero de solo algunos microplásticos.

Tabla 38. Relación entre color y tipo de polímero de microplásticos.

Color	Polímero
Claros / transparentes	Polipropileno (PP)
Blanco	Polietileno (PE)
Opaco	HDPE
Negro	Poliestireno (PS) y Polipropileno (PP)

Fuente: (Hidalgo et al., 2012).

Sin embargo, aún no se tiene registro de más investigaciones sobre la extensa variedad de colores encontrados en microplásticos. En las siguientes imágenes se muestran las bandas obtenidas por el espectrofotómetro del empaque de las muestras lácteas, realizadas en el laboratorio de la Facultad de Química de la UAEMéx. La forma en la que se prepararon dos muestras por su dificultad para atravesar el láser por su naturalidad fueron las de yogurt batido y yogurt bebible pesando 50 mg de KBr, rallando el empaque con un *rallador* hasta obtener virutas muy diminutas. Se pesaron 5 mg de esta viruta y se mezclaron con los 50 mg de KBr para pasarlo a la prensa a 1.9 t durante 5 minutos. Posteriormente reservar esta pastilla en papel aluminio para su visualización en el espectrofotómetro; las restantes Queso petit suisse, canastas y tapas de queso panela y queso Oaxaca, plástico del envase de leche entera A1 y B1 fueron colocados directamente en el infrarrojo.

Una vez que se obtuvo el infrarrojo del empaque desde el equipo VERTEX 70/80 se hicieron las lecturas del polímero mediante el software KnowitAll Informatics System por Wiley el cual entre sus características tiene una biblioteca de infrarrojos y ayuda a determinar mediante un score

cual es el polímero que mayormente encaja con el analizado, de tal forma que se obtuvo lo siguiente

Yogurt Bebible (HDPE)

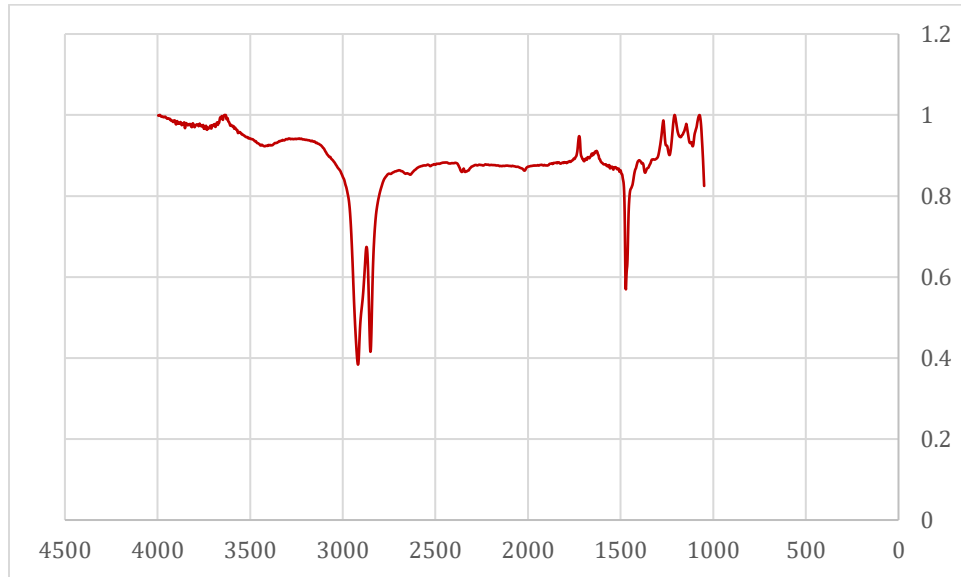


Figura 28. Infrarrojo obtenido en equipo VERTEX 70/80.

Fuente: Elaboración propia.

Los colores de microplásticos encontrados en el alimento y colores del empaque son los siguientes, presencia de 4 partículas de color rojo representando el 19%, 7 partículas de color negro representando el 33%, 10 partículas de color azul representando el 48% dando un total de 21 partículas.

Los colores del empaque están conformados por azul, blanco, rojo, verde, azul cielo y amarillo, existencia solo relación entre los colores azul y rojo; si bien el empaque esta visualmente mayormente compuesto de un aditivo color blanco es posible que este no se pudo haber percibido con el análisis visual debido a que el color de la membrana también es blanca, por otro lado el color azul y rojo también esta presentes en el empaque pero en menor medida existiendo cierta relación como la posible causa de contaminación por degradación del empaque y el color negro proveniente de los filtros empelados durante su fabricación (Basaran et al., 2023).

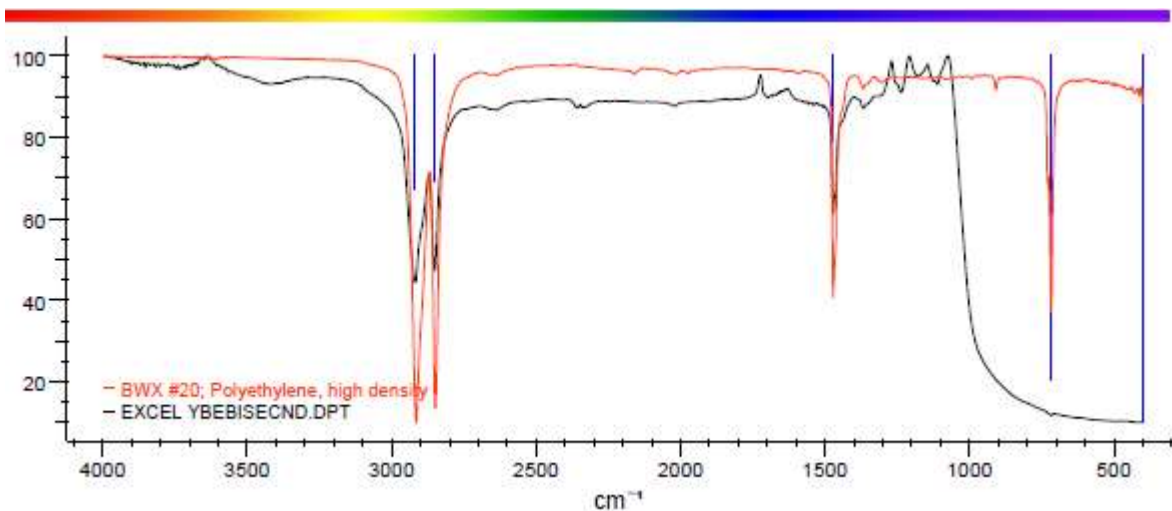


Figura 29. Análisis de espectro en Knowit All Informatics System (polietileno de alta densidad, HDPE).
Fuente: (Wiley, 2024)

Se aprecia la coincidencia con el espectro señalado en la base de datos KnowIt All Informatics System (línea naranja), hay similitud en las bandas de 1800 y 1900, así como también la de 1500, la de 700 no se aprecia en el espectro arrojado por el espectrofotómetro (línea negra) debido a una falla que presentaba el equipo, sin embargo se aprecia ligeramente un pico en la curva de la línea en 700, con lo cual confirma el polímero empleado en el envase *polietileno de alta densidad*; así mismo este está señalado en la base del envase.

Yogurt Batido (PP)

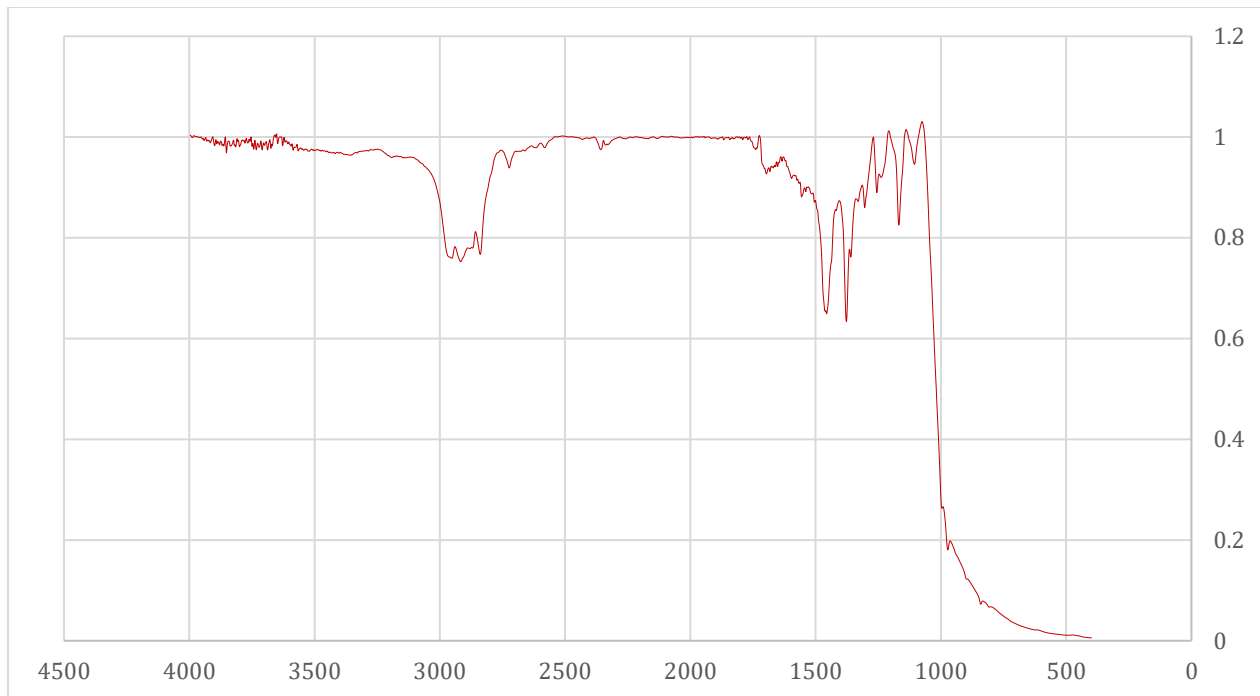


Figura 30. Infrarrojo obtenido en equipo Vertex 70/80.

Fuente: Elaboración propia.

Los colores de microplásticos encontrados en el alimento y colores del empaque son los siguientes: presencia de 4 partículas de color rojo representando el 21%, 8 partículas de color negro representando el 42%, 1 partícula de color azul representando el 5%, 4 partículas de color celeste representado un 21% y 2 partículas de color morado representando el 11%, dando un total de 19 partículas.

Los colores del empaque están conformados por rosa, blanco, azul, verde, amarillo, rojo, café y negro existiendo solo relación entre los colores rojo, negro azul; en su mayoría compuesto de aditivo color blanco, es posible que este no se haya podido haber percibido con el análisis visual debido a que el color de la membrana también es blanca; por otro lado los colores rosa, verde, amarillo y café también están presentes en el empaque pero en menor medida, existiendo cierta relación como la posible causa de contaminación por degradación del empaque o bien desde la elaboración del envase.

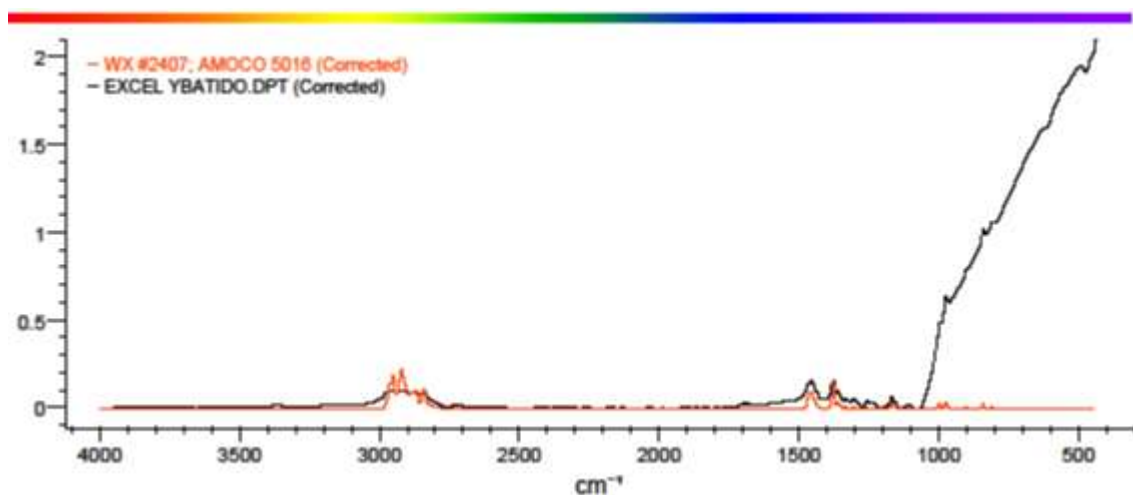


Figura 31. Análisis del yogurt batido, (polipropileno PP)
Fuente: (Wiley, 2024).

Se aprecia visualmente la coincidencia con el espectro encontrado en la base de datos (línea naranja) y el obtenido en el laboratorio (línea negra), sin embargo, los grupos metilo no se muestran en el espectro realizado en la Facultad de Química debido a que el equipo presentaba falla en las corridas de espectroscopia; sin embargo en el software (base de datos) detectó la presencia del polipropileno el cual también está marcado en la base del envase, lo cual confirma el polímero de origen de este envase.

Tetra Pak de leche Entera A1 Y B1 (LDPE)

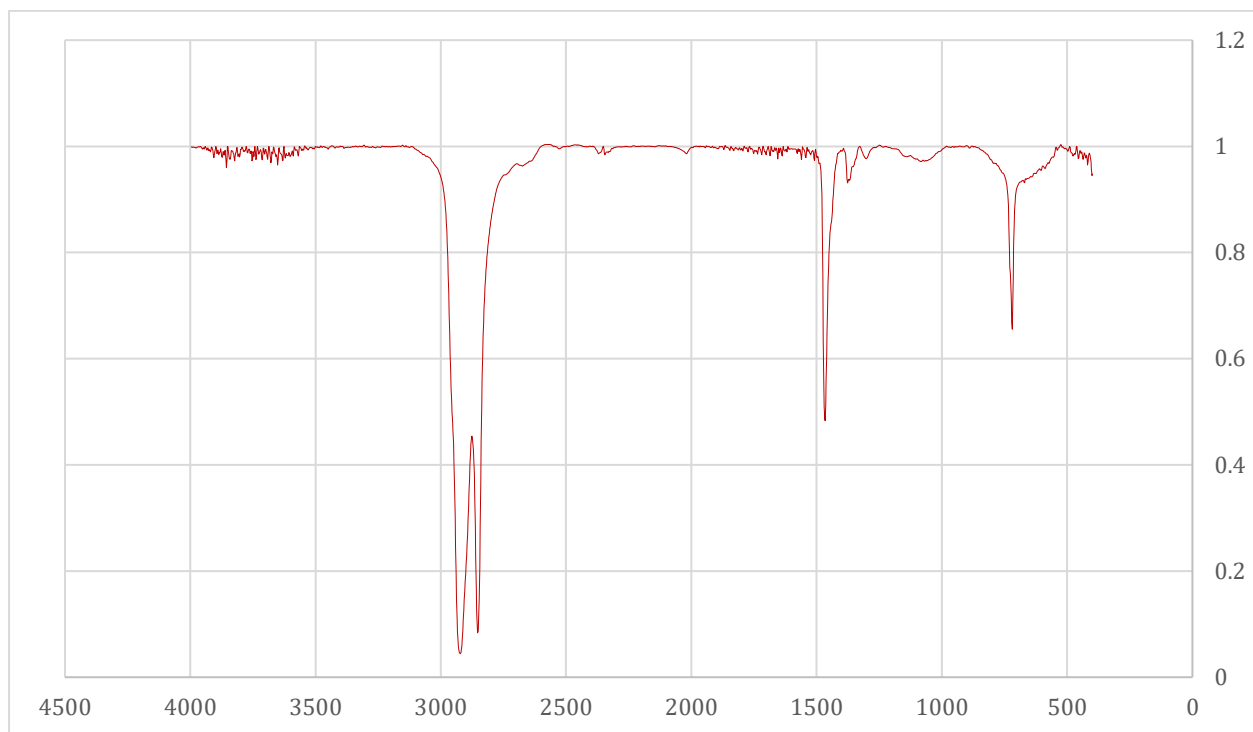


Figura 32. Infrarrojo obtenido de equipo Vertex 70/80.

Fuente: Elaboración propia.

Los colores de microplásticos encontrados en el alimento y colores del empaque son los siguientes, presencia de 2 partículas de color rojo lo cual representa un el 10%, 8 partículas de color negro representando el 40%, 5 partículas de color azul representando el 25%, 4 partículas de color celeste que representa el 20% y 1 partícula de color morado que representa el 5%, dando un total de 20 partículas.

Los colores del empaque están conformados por azul, negro, blanco, celeste, y rosa, existiendo solo relación entre los colores negro, azul y celeste; el empaque esta visualmente en su mayoría compuesto de aditivo color blanco y azul, existe la posibilidad de que el color blanco no se haya podido haber percibido con el análisis visual debido a que el color de la membrana también es blanca, por otro lado el color celeste está presente en el empaque pero en menor medida existiendo cierta relación como la posible causa de contaminación por degradación del empaque o bien desde la elaboración del envase.

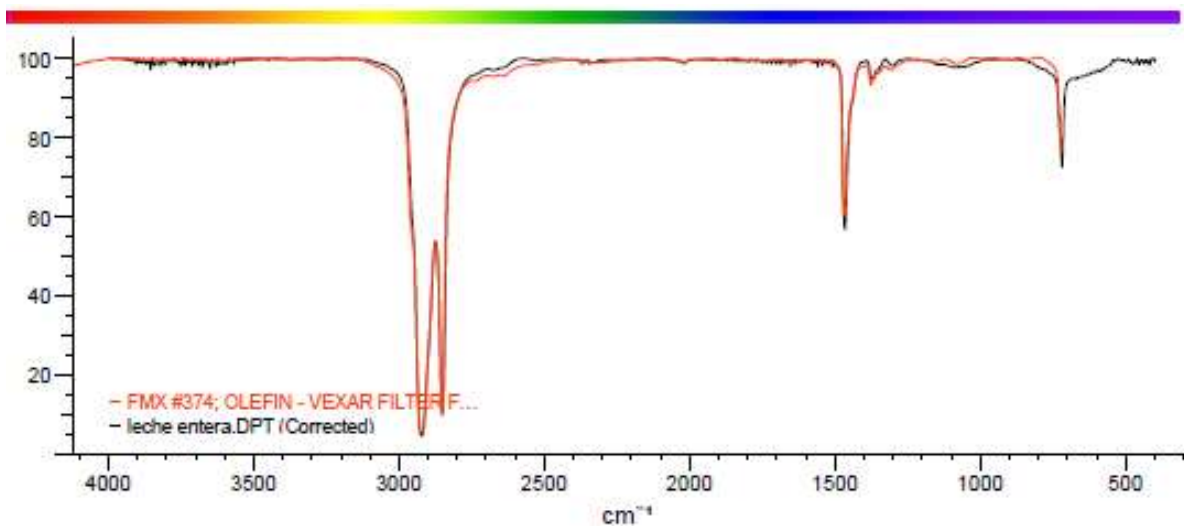


Figura 33. Analisis del espectro en KnowIt All Informatics System de TetraPak (LDPE).

Fuente: (Wiley, 2024).

Se aprecia visualmente la coincidencia con el espectro encontrado en la base de datos (línea naranja) y el obtenido en el laboratorio (línea negra), demostrando tratarse del mismo compuesto polietileno de baja densidad.

Queso Petit Suisse

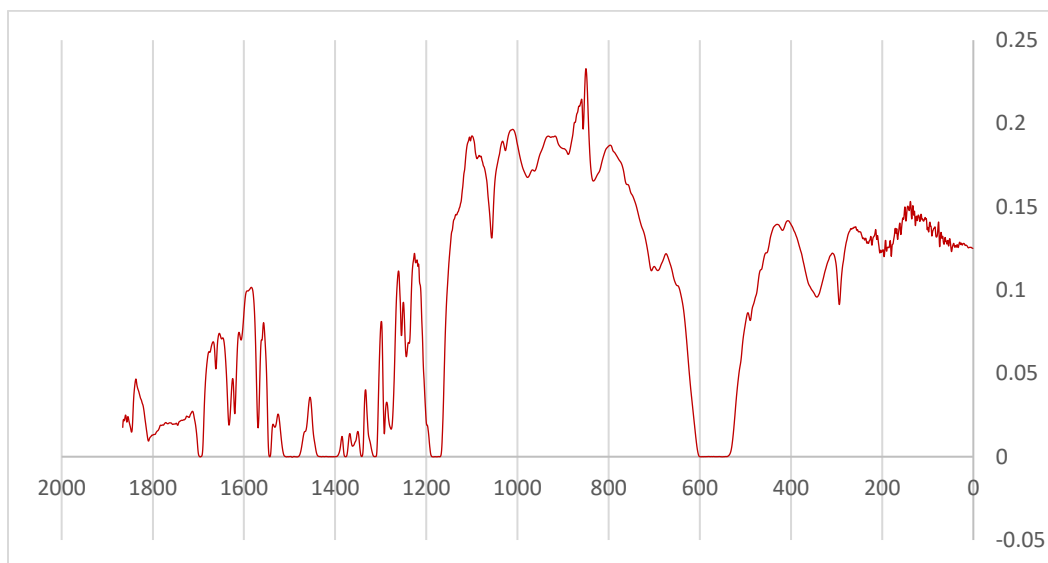


Figura 34. Espectro obtenido de equipo Vertex 70/80 (queso petit suisse).

Fuente: Elaboración propia.

De este envase se comenta que está compuesto por varios polímeros que le brindan flexibilidad y resistencia, estos podrían ser polietileno, polipropileno y polietileno tereftalato (SIG, 2024).

Los colores de microplásticos encontrados en el alimento y colores del empaque son los siguientes, presencia de 6 partículas de color rojo representando el 55%, 4 partículas de color negro representando el 36% y una partícula morada que representa el 9% del total encontrado en el alimento que fueron 11 partículas.

Los colores del empaque están conformados rojo, blanco, negro, café y plateado, existiendo solo relación entre los colores negro y rojo; el empaque esta visualmente en su mayoría compuesto de aditivo color blanco. Existe la posibilidad de que el color blanco no se haya podido haber percibido con el análisis visual debido a que el color de la membrana también es blanco; por otro lado, el color negro está presente en el empaque, pero en menor medida pues solo está presente en las letras con lo cual da indicios de contaminación por los filtros en el envasado de este alimento (Basaran et al., 2023).

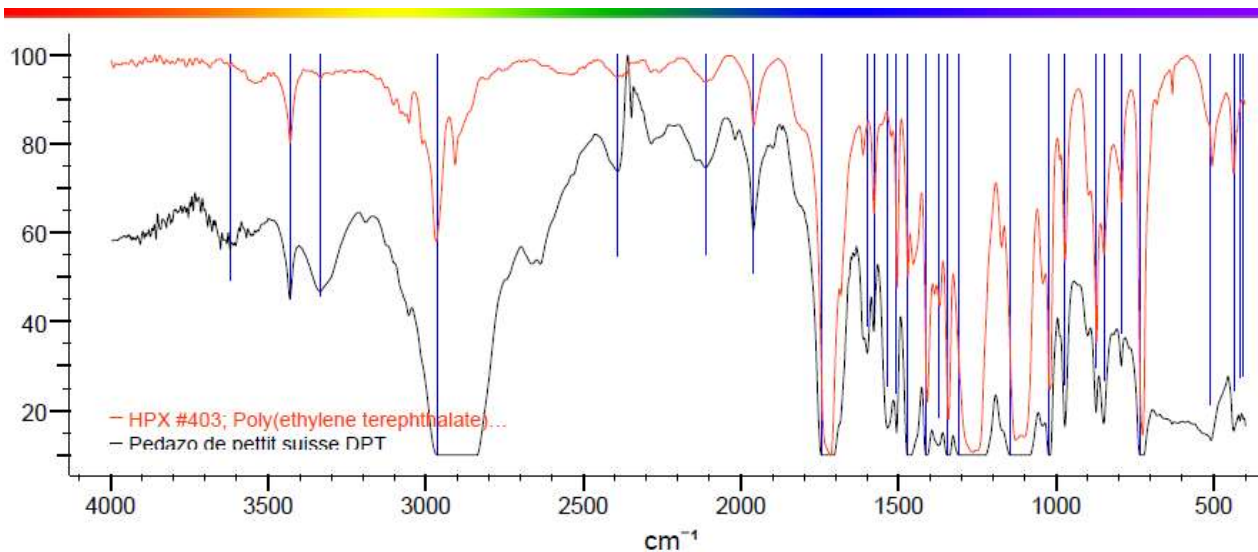


Figura 35. Espectro obtenido de KnowIt All Informatics System del envase de Petit Suisse (PET siliconado).
Fuente: (Wiley, 2024).

Se aprecia visualmente la coincidencia con el espectro encontrado en la base de datos (línea naranja) y el obtenido en el laboratorio (línea negra) y el resultado es en un 69% el PET siliconado como el polímero del material del envase de este alimento. El que este siliconado le confiere al polímero flexibilidad, no adherencia y la resistencia a cambios bruscos de temperatura.

Este empaque tuvo un poco más de complejidad al analizar pues no contiene ninguna señalización de procedencia en el mismo, así que este análisis es importante en futuras investigaciones para constatar, al identificar el polímero del microplástico encontrado en el alimento, si corresponde con este analizado.

Tapa del envase de queso oaxaca y queso panela.

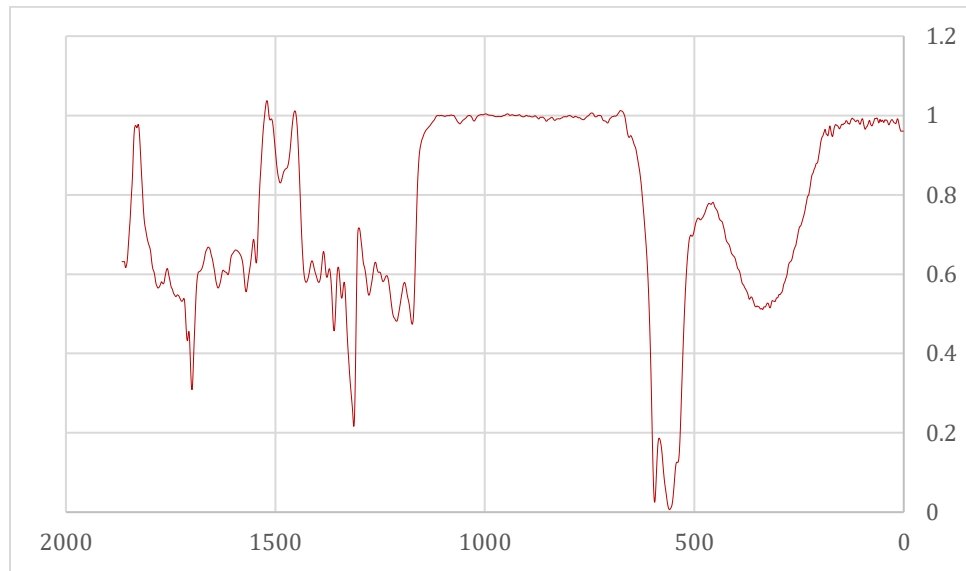


Figura 36. Infrarrojo obtenido de equipo Vertex 70/80 (queso oaxaca y panela).

Fuente: Elaboración propia.

De estos envases se comenta que están compuestos por varios polímeros que le brindan flexibilidad y resistencia; los colores de microplásticos encontrados en la etiqueta adhesiva (tapa) del queso Oaxaca son azul, blanco, rojo, negro, verde, amarillo y café; los colores encontrados en la etiqueta adhesiva del queso panela son amarillo, rojo, verde, rosa, blanco, café, negro y azul. En el análisis se descubrió que ambas etiquetas pertenecen al mismo compuesto.

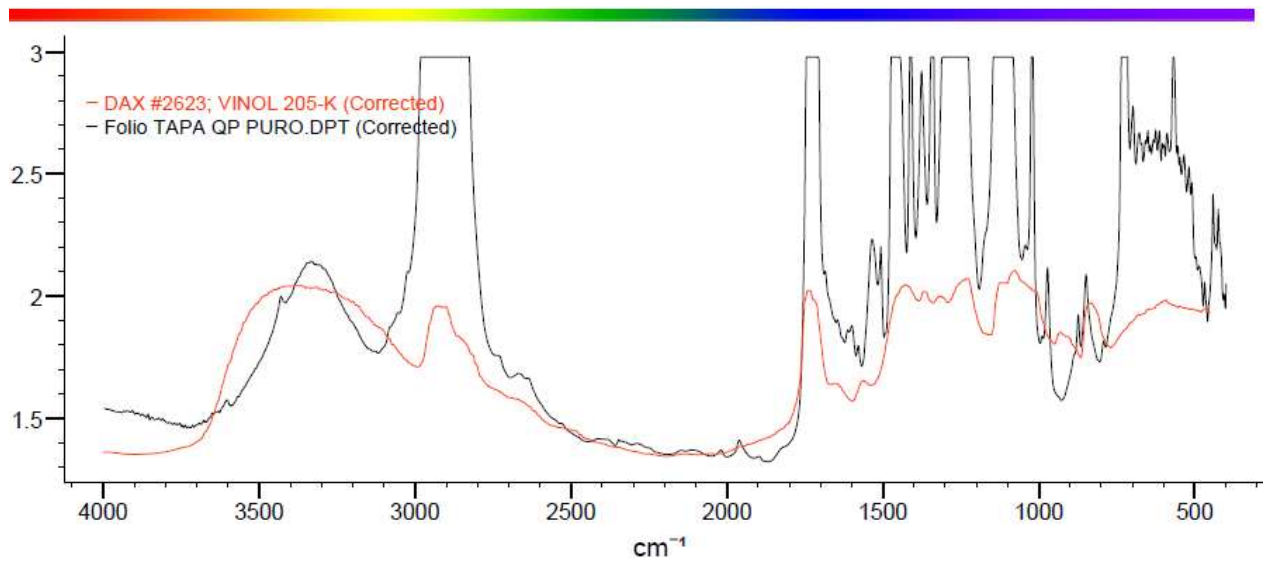


Figura 37. Espectro obtenido de KnowIt All Informatics System de la etiqueta adhesiva de quesos panela y oaxaca (Polivinil alcohol parcialmente acetilado, PVOH).

Fuente: (Wiley, 2024).

Se aprecia visualmente la coincidencia con el espectro encontrado en la base de datos (línea naranja) y el obtenido en el equipo del laboratorio (línea negra) con un score de similitud de 80.91% con el Polivinil alcohol parcialmente acetilado; este empaque nuevamente forma parte de los empaques analizados que no poseen información de polímero de procedencia por lo tanto es de gran apoyo el que el software arroje un resultado sobre la información de este empaque. La única información que posee el empaque es que es biodegradable y el PVOH lo es lo cual confirma lo arrojado en el software (Green Eco Dreams, 2023).

Envase canastilla de queso Oaxaca y queso panela

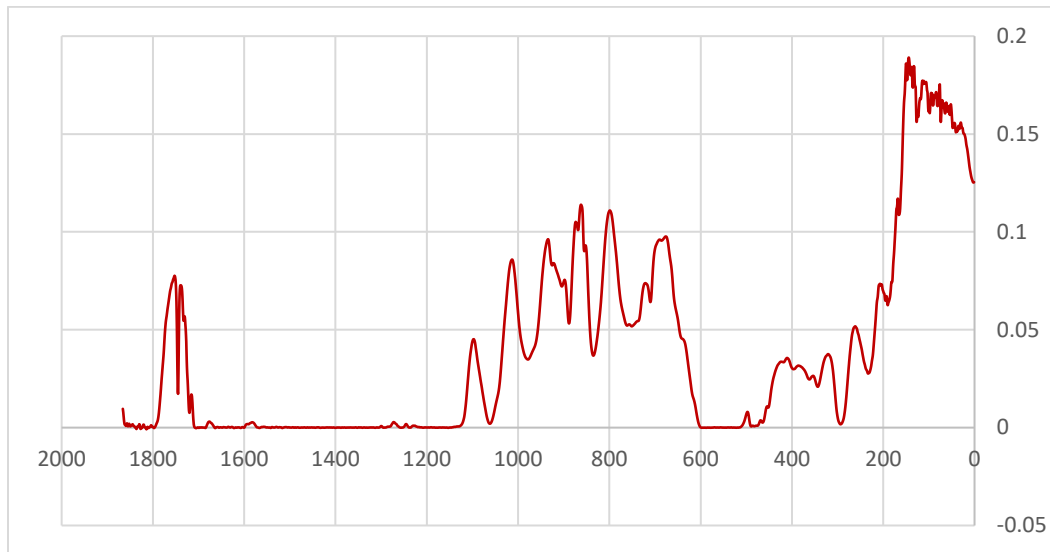


Figura 38. Infrarrojo obtenido de equipo Vertex 70/80.

Fuente: Elaboración propia.

Los colores de microplásticos encontrados en el queso panela fueron 9 partículas de color rojo representando el 38%, 7 partículas de color negro lo cual representa el 29%, 5 partículas de color azul representando el 21%, 1 de color verde lo cual representa el 4%, 1 partícula de color amarillo lo cual representa el 4% y 1 partícula de color celeste representando el 4% de un total de 24 partículas; el color de la canasta del queso panela es de color blanco.

Los colores de microplásticos encontrados en el queso Oaxaca fueron 1 partícula de color rojo representando el 6% y 16 de color negro lo cual representa el 94% de las 17 encontradas, el color de la canasta es transparente.



Figura 39. Espectro obtenido de Knowlt All Informatics System de las canastillas del queso panela y queso Oaxaca (PET siliconizado).

Fuente: Wiley (2024).

Se aprecia la similitud entre el espectro arrojado por la base de datos (línea naranja) y el obtenido en el equipo del laboratorio Vertex (línea negra) obteniendo un score de similitud del 82.23% con el polímero tereftalato de polietileno siliconizado, así como los demás empaques de quesos, las canastillas no presentan información de procedencia por lo tanto el software de Wiley fue muy importante para la determinación de este polímero y ser retomado en investigaciones futuras. Muestra también la similitud con el empaque del queso petit suisse.

3.3.4 Características de los envases de muestras empleadas.

Queso Petit suisse

Se encontró que es un empaque tipo Pouch el cual es un sistema formado por una bolsa flexible y un grifo que dispensa el alimento, los hay de distintas capacidades y materiales como el polietileno de baja densidad y el PVA los cuales permiten dicha flexibilidad evitando el contacto del producto con el aire (Wineintube, 2022).



Figura 40. Envase tipo Pouch.

Fuente: (Wineintube, 2022).

Yogurt bebible sabor manzana

El empaque de este alimento proviene de distintos proveedores, entre los encontrados están Mypsa y Plasal. Sobre Mypsa no se encontró información sobre proceso de fabricación, sin embargo, en Plasal sí, ellos utilizan un proceso de termoconformado y específicamente para el envase de yogurt bebible utilizan el polímero HDPE señalado en la figura 44 (Plasal, 2021).



Figura 41. Polímero de tipo 2 en envase de yogurt bebible.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 42. Maquinaria de termoconformado bobina.

Fuente: (Plasal, 2021).

La figura 45 muestra la maquinaria que ocupa Plasal para la elaboración del envase, aquí también mencionan que cuentan con centros de mecanizado CNC, máquinas de corte, tornos, fresadoras y rectificadoras, lo cual muestra indicios de posibles rutas de contaminación (Plasal, 2021).

Queso panela y queso Oaxaca

En el empaque de estos quesos no poseen información impresa en el plástico, sin embargo, en la superficie colocan un código QR el cual redirecciona a una página con información sobre su elaboración en la que comunican su compromiso con la naturaleza colocando que los empaques tienen un origen bioamigable, sin embargo, no se conoce más allá del proceso de fabricación o del tipo de polímero empleado; por otra parte se sospecha de contaminación de microplásticos en la etapa de salación en la producción del queso, puesto que en la sal se han reportado presencia de grandes cantidades de microplásticos (Droege, 2023).



Figura 43. Empaque queso panela.

Fuente: Elaboración propia.

Yogurt batido sabor manzana

El envase de este producto lácteo contiene el código de resina 5 el cual indica que es de polipropileno (PP), el distribuidor de este envase al igual que el yogurt bebible es de Plasal, utilizan un proceso de termoconformado este proceso consiste en que la lámina del polímero se calienta hasta que se hace maleable y luego se enfría para poder mantener la forma del molde

de tal forma que no solo sucede una vez y este ciclo puede resultar en la formación y liberación de posibles microplástico (Plastics Technology, 2023).



Figura 44. Envase de yogurt batido
Fuente: Elaboración propia.

Leche entera de vaca A1

En el envase de este producto se encontró información sobre su procedencia, como que Tetra Pak de tipo Tetra Brik Aseptic, así como el tipo de cartón utilizado el cual es de tipo mixto con una certificación FSC C014047, por sus siglas Forest Stewardship Council lo que quiere decir que este cartón se obtiene de bosques certificados por la FSC. En la elaboración de este envase conllevan altas temperaturas y presiones para poder sellar las capas desgastando el poliestireno presente en las mismas visualizados en la figura 48 (FSC, s/f).



Figura 45. Certificaciones de envase de leche entera

Fuente: Elaboración propia.

Leche entera de vaca B1

En el envase de este producto se muestra un código QR que redirecciona a una página de SIG donde se menciona que en su mayoría los envases solo conforman el 6% de todo el producto por que el 94% restante es el alimento. Este envase contiene la certificación FSC C020428 también es mixto lo que significa que es procedente de fuentes responsables con bosques certificados. De forma similar, SIG realiza sus envases como Tetra Pak, difieren en forma y tamaño de envase y al igual que el empaque de leche de vaca A1 en la elaboración de este envase conllevan altas temperaturas y presiones para poder sellar las capas desgastando el poliestireno (FSC, s/f).



Figura 46. Especificaciones de envase lácteo.

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN FINAL

- Existe la presencia de microplásticos en 7 de 7 muestras lácteas consumidas mayormente por niños en edad escolar de 3 a 12 años, analizadas mediante la observación en el microscopio y con la conformación en base a los criterios descritos por el autor Zhang et al. (2020a) y con los microplásticos de referencia por el autor Kutralam-Muniasamy et al. (2020).
- Se identificaron mediante una extensa búsqueda bibliográfica diversas metodologías para la separación y cuantificación de microplásticos en alimentos. Se evaluaron las metodologías pertinentes y adecuadas a alimentos lácteos. Dentro de estas metodologías se trabajaron técnicas de filtración, microfiltración, centrifugación para extraer los microplásticos.
- Debido a la naturaleza del alimento y contener grasa en su composición se ocupó en promedio de una semana para la digestión alcalina de cada producto lácteo. Y se hicieron 3 pruebas para mejorar y seleccionar según metodologías planteadas los cambios pertinentes.
- Se determina que el alimento lácteo con mayor número de microplásticos es el queso panela con un total de 24 microplásticos cuantificados visualmente mediante microscopio, así como también se concluye que en este alimento se encontraron los 4 tipos de formas, todas con distintos colores entre ellos rojo, negro, azul, verde, amarillo y celeste.
- Se reportó el total en el estudio por 123 microplásticos contabilizados visualmente, un promedio de 17.5 partículas por cada producto lácteo.
- No fue factible la medición de los microplásticos a través del microscopio binocular debido a que en pasadas investigaciones se ha requerido del equipo llamado microscopio invertido trinocular Amscope el cual tiene la bondad de medir micras, así como tampoco ha sido factible la caracterización en virtud de las técnicas espectroscópicas a los microplásticos debido a que se utilizaron membranas Whatman grado 42 de diámetro de 6 cm y membranas Whatman GF/A de diámetro de 4 cm siendo casi imposible de

visualizar a través de espectroscopia Raman y técnicas ATR pues presentaban roturas las membranas y ruido en sus resultados.

- Se realizó un muestreo de un fragmento del empaque que contenía el alimento lácteo para su análisis mediante FTIR con lo cual se pudo relacionar si el polímero declarado en el envase si correspondía con el analizado en FTIR y solo en algunos empaques se logró identificar; de tal forma que en futuras investigaciones que conlleven la caracterización del microplástico se pueda corroborar si estos provienen del empaque o de alguna fuente externa.

CONCLUSIONES

1. Se observaron microplásticos en 7 / 7 muestras lácteas consumidas por niños en edad escolar de 3 a 12 años.
2. En 7 muestras de lácteos se encontraron 123 microplásticos.
3. Se identificaron partículas de distintas formas y colores, las cuales se caracterizaron según la metodología de Zhang et al. (2020a) como fibra, fragmento, espuma/granulo y película de plástico.
4. Se identificaron mediante una extensa búsqueda bibliográfica diversas metodologías para la separación y cuantificación de microplásticos en alimento, la metodología presentada en el apartado 2.1 fue adaptada para los lácteos analizados.
5. El alimento lácteo de mayor consumo y con mayor número de microplásticos es el queso panela con un total de 24 microplásticos cuantificados visualmente mediante microscopio Zeiss AxioStar Plus Binocular, con 4 tipos de formas y colores entre ellos rojo, negro, azul, verde amarillo y celeste, lo que sugiere que el origen de estos microplásticos proviene de una fuente externa como lo puede ser la sal en la etapa de salación.
6. Se emplearon técnicas de filtración, microfiltración y centrifugación; la microfiltración se modificó para emplear fibras de vidrio y optimizar el proceso.
7. Para identificar los microplásticos obtenidos, se empleó una visualización en microscopio binocular Zeiss AxioStar Plus Binocular.
8. Se determinó que la microfiltración en membranas de polietileno y celulosa causan interferencia en las lecturas de FTIR y por ello se recomienda el uso de membrana Anodisc de óxido de aluminio.

RECOMENDACIONES

- Para futuros estudios se recomienda continuar con el estudio de microplásticos en lácteos aplicando la metodología propuesta en este proyecto, con modificaciones necesarias para su matriz, complementando la investigación con la caracterización de estos mediante MicroFTIR.
- Se recomienda utilizar la metodología propuesta en esta investigación, siendo la metodología adaptada que mayor facilidad de digestión se tuvo con las muestras lácteas.
- Se recomienda utilizar otras opciones de microscopía para mejores resultados.
- Se sugiere no utilizar membranas Whatman GF/A para la caracterización del microplástico bajo FTIR, únicamente si su caracterización será bajo los criterios visuales de Zhang et al. (2020b); pero sí se requiere de FTIR, utilizar filtros Anodisc de óxido de aluminio con tamaño de poro de 0.2 μm y diámetros de 13 mm o 25 mm.
- Se recomienda la realización de un estudio de campo aplicado a quesos comerciales consumidos por niños.

REFERENCIAS

- Acevedo Quilis, S., & Hernandez Martínez, A. (2020). Metodologías de extracción de microplásticos en tractos gastrointestinales de *Scyliorhinus canicula*. *Facultad de Veterinaria y Ciencias Experimentales*.
- ANIPAC. (2021). *Informe del acuerdo nacional para la nueva economía*.
- Aparna, K. (2019). *Microplastics in Food Chain*.
- Arriaza, J. M. (2019, mayo). *Un Mar de Micro Plásticos en Chile: Propuestas para minimizar sus efectos en Salud y el Medioambiente*. <https://fit.uss.cl/content/uploads/2019/05/Un-Mar-de-Micro-Plasticos.pdf>
- Arvanitoyannis, I., & Bosnea, L. (2004). Migration of Substances from Food Packaging Materials to Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(2), 63–76. <https://doi.org/10.1080/10408690490424621>
- Basaran, B., Özçifçi, Z., Akcay, H. T., & Aytan, Ü. (2023). Microplastics in branded milk: Dietary exposure and risk assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105611>
- Bocci, D., & Casas, M. (2013). *Producción de Leche en Polvo Entera, Parcialmente Descremada y Descremada*. Universidad Nacional de Cuyo.
- Cáceres, C. (2018). *Diseño de un sistema de calidad para la producción de envases plásticos de HDPE para yogurt de la empresa Plastimet*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Chavarrías, M. (2013). *Eroski Consumer*.
- Chemical Safety Facts. (2023). *Tipos de envases de plástico para alimentos y seguridad: Una mirada de cerca*. <https://es.chemicalsafetyfacts.org/es/tipos-de-envases-de-plastico-para-alimentos-y-seguridad-una-mirada-de-cerca/>
- Colebolsa. (s/f). *La contribución de los plásticos en la conservación de alimentos*. Recuperado el 22 de enero de 2024, de <https://www.colebolsa.es/beneficios-de-los-plasticos-y-su-aporte-para-conservar-alimentos/>
- Consejo Agroalimentario de Aguascalientes. (2024). *Conagroags.com*. <https://conagroags.com/publicaciones/nuevas-botellas-de-leche-reutilizables-de-pp-como-alternativa-al-vidrio?id=796>
- Cytiva. (2024). *Papeles de filtro cuantitativo de Whatman, grados sin ceniza (ceniza 0,007 %), grado 42*.
- Da Costa Filho, P. A., Andrey, D., Eriksen, B., Peixoto, R. P., Carreres, B. M., Ambühl, M. E., Descarrega, J. B., Dubascoux, S., Zbinden, P., Panchaud, A., & Poitevin, E. (2021). Detection and characterization of small-sized microplastics ($\geq 5 \mu\text{m}$) in milk products. *Scientific Reports 2021 11:1*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03458-7>
- Demeneix, B. (2019). *Endocrine Disruptors: from Scientific Evidence to Human Health Protection*.
- De-Titto, E., De Titto, G., & Savino, A. (2022). Plásticos: un mundo en expansión que requiere atención. *iSalud*, 1–12. https://www.researchgate.net/profile/Ernesto-De-Titto/publication/363661412_Plasticos_un_mundo_en_expansion/links/6328993370cc936cd31db49e/Plasticos-un-mundo-en-expansion.pdf

- Díaz-Basantes, M. F., Conesa, J. A., & Fullana, A. (2020). Microplastics in Honey, Beer, Milk and Refreshments in Ecuador as Emerging Contaminants. *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 5514, 12(14), 5514. <https://doi.org/10.3390/SU12145514>
- Droege Romero, A. L. I. (2017). *Extracción E Identificación De Microplásticos En Sal Común Proveniente De Salineras Con Procesos De Bombeo De Agua Y Saturación De Manto Freático En La Costa Del Pacífico De Guatemala*. Repositorio USAC. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/18598/1/Ana%20Luisa%20Isabel%20Droege%20ORomero.pdf>
- Eco-Healthy Child Care. (2020). ENVASES DE ALIMENTOS MÁS SEGUROS: PVC/PHTHALATES. *Pediatric Environmental Health Specialty Unit*.
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, & Universidad de Sevilla. (2020). *Materiales II*. <https://asignatura.us.es/materialesII/>
- Espinosa, A. (2022). Los Plásticos. *Apuntes, Tecnologías I*.
- Fabara, E. (2020). *Propuesta de un protocolo para la extracción e identificación de la presencia de microplásticos en Lycopersicon esculentum var. cerasiforme (tomate cherry) convencional y orgánico comercializados en la ciudad de Quito, Ecuador* [Universidad Central del Ecuador]. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/29ff737e-7143-4b2d-a06a-ba9b78f38eaf/content>
- Ferloni, A., Aragona, S., & Pereiro, N. (2013). Una aproximación a los Disruptores Endócrinos. *Hospital Italiano*.
- Fernandez, E., Mier, M., & Villar, A. (2020). *¿Por qué consumir leche pasteurizada?*
- Fernández, L. (2021). *Ftalatos: qué son, efectos y productos*. <https://www.ecologiaverde.com/ftalatos-que-son-efectos-y-productos-2393.html>
- Flaws, J., Damdimopoulou, P., Patisaul, H., Gore, A., Raetzman, L., & Vandenberg, L. (2020). *PLÁSTICOS, SALUD, Y PERTURBADORES ENDOCRINOS*.
- Food & Drug Administration. (2023). *CFR - Code of Federal Regulations Title 21*. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=175.300>
- FSC. (s/f). *Etiquetas FSC mixto y madera controlada*. Recuperado el 23 de enero de 2024, de <https://mx.fsc.org/mx-es/productos-certificados>
- FSSC 22000. (2021). *FSSC 22000 sistema de gestión de inocuidad*.
- García, J., & Gallego, C. (2015). *Toxicidad del Bisfenol A: Revisión*. 32, 144–160.
- García, M., & Chávez, F. (2022). *Metodología microplásticos en leche*.
- García-Fabila, M. M., Chávez, A. A., Meza, J. C. S., Montes, L. P. B., & García, A. R. (2020). Phthalates in the diet of Mexican children of school age. Risk analysis. *Toxicology Reports*, 7(October), 1487–1494. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.10.020>
- Gaur, V., Schalk, J., & Anema, S. G. (2018). Sedimentation in UHT milk. *International Dairy Journal*, 78, 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.11.003>
- Ghassabian, A., & Trasande, L. (2018). Disruption in thyroid signaling pathway: A mechanism for the effect of endocrine-disrupting chemicals on child neurodevelopment. *Frontiers in Endocrinology*, 9(APR). <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00204>
- Gómez, J., Timoner, I., Castell, V., Salas-Salvadó, J., Sanchís, V., & Nadal, M. (2019). Microplásticos y nanoplásticos en la cadena. Situación actual. *Informe aprobado por el Comité Científico Asesor de Seguridad Alimentaria*, 33.
- Góngora Pérez, J. P. (2014). La industria del plástico en México y el mundo. *Comercio Exterior*.

- González, M. I. (s/f). Envases plásticos para alimentos y sus efectos sobre la salud. *Ciencia y Desarrollo, CONACYT*.
- Google Maps. (2023). <https://www.google.com.mx/maps/@19.2681179,-99.6552134,16z>
- Green Eco Dreams. (2023). *What is PVA (Polyvinyl alcohol)? it is eco-friendly?* <https://www.greenecodream.com/blogs/blog/what-is-pva-polyvinyl-alcohol-is-it-eco-friendly>
- Greenpeace. (2018). *Datos sobre la producción de plásticos*. <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>
- Guallasamín, C., & Estefanía, K. (2019). *Determinación de la presencia de microplásticos en leche descremada*. Quito: UCE.
- Hidalgo, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science and Technology*, 46(6), 3060–3075. https://doi.org/10.1021/ES2031505/ASSET/IMAGES/MEDIUM/ES-2011-031505_0006.GIF
- Hollóczki, O., & Gehrke, S. (2020). Can Nanoplastics Alter Cell Membranes? *Chemphyschem: A European journal of chemical physics and physical chemistry*, 21(1), 9–12. <https://doi.org/10.1002/cphc.201900481>
- Iberdrola. (2012). *Microplásticos: definición, riesgos y medidas*. <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/microplasticos-amenaza-para-la-salud>
- INEGI. (2018). *Alumnos inscritos y personal docente en educación básica y media superior de la modalidad escolarizada a inicio de cursos por municipio y nivel educativo según sexo*. https://www.inegi.org.mx/app/cuadroentidad/Mex/2018/06/6_9
- Interempresas. (2018, octubre 15). *Pasteurizar para garantizar la seguridad alimentaria*. <https://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/227016-Pasteurizar-para-garantizar-la-seguridad-alimentaria.html>
- Karami, A., Golieskardi, A., Choo, C. K., Romano, N., Ho, Y. Bin, & Salamatinia, B. (2017). A high-performance protocol for extraction of microplastics in fish. *Science of the Total Environment*, 578, 485–494. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.213>
- Kutralam-Muniasamy, G., Pérez-Guevara, F., Elizalde-Martínez, I., & Shruti, V. C. (2020a). Branded milks – Are they immune from microplastics contamination? *Science of The Total Environment*, 714, 136823. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.136823>
- Liconsá, Segalmex, & Agricultura. (2020). *Manual de Normas de Calidad de Insumos y Productos Elaborados por Liconsá*.
- Lino, J. G. (2019). *Microplásticos en el tracto digestivo de *Scomber japonicus*, *Opisthonema libertate* Y *Auxis thazard*, Comercializados en el Puerto pesquero de Santa Rosa, provincia de Santa Elena Ecuador*. [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5246/1/UPSE-TBM-2020-0003.pdf>
- López-Vázquez, J., Rodil, R., Trujillo-Rodríguez, M. J., Quintana, J. B., Cela, R., & Miró, M. (2022). Mimicking human ingestion of microplastics: Oral bioaccessibility tests of bisphenol A and phthalate esters under fed and fasted states. *Science of the Total Environment*, 826. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154027>
- Magyp. (s/f). *Diagrama de Proceso Industrial del yogurt*. Recuperado el 24 de enero de 2024, de https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/sectores/lacteos/productos/14yogur/DPI_Yogur.htm

- Mas, S., Egido, J., González-Parra, E., Mas, S., Egido, J., & González-Parra, E. (2017). Importancia del bisfenol A, una toxina urémica de origen exógeno, en el paciente en hemodiálisis. *Nefrología (Madrid)*, 37(3), 229–234. <https://doi.org/10.1016/J.NEFRO.2017.01.011>
- MERCOSUR. (2015). *Reglamento Técnico Para La Fijación De Identidad Y Calidad De La Leche En Polvo*.
- Moya Loya, J. M. (2022). *Extracción y detección de microplásticos en alimentos hidrosolubles de uso común*. Universidad Central del Ecuador.
- Mühlschlegel, P., Hauk, A., Walter, U., & Sieber, R. (2017). Lack of evidence for microplastic contamination in honey. *Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment*, 34(11), 1982–1989. <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1347281>
- Multiplastics. (2024). *Botellas*. <https://www.multiplastic.com.mx/>
- MYPASA. (2024). *Mypsa Moldes y Plásticos S.A. de C.V.* <https://mysaplasticos.com/#1461328919259-f69cd27c-5029>
- Nava, A., El Colegio De La Frontera Sur, & CONACYT. (2022). *Microplásticos contaminan el alimento de los mexicanos*. <https://centrosconacyt.mx/objeto/microplasticos-contaminan-alimento-los-mexicanos/>
- Navia, P., P, D., Ayala, A., A, A., Villada, S., & C, H. (2014). Interacciones empaque-alimento: migración. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16.
- ONU. (2018). *Sólo 9 por ciento del plástico usado en el mundo se recicla*. <https://www.dw.com/es/onu-sólo-9-por-ciento-del-plástico-usado-en-el-mundo-se-recicla/a-44077167>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Preguntas y respuestas sobre inocuidad alimentaria | Inocuidad y calidad de los alimentos | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/food-safety/background/preguntas-y-respuestas-sobre-inocuidad-alimentaria/es/>
- Ortega, J. A., Aguilar-Ros, E., Ares-Segura, S., Agüera-Arenas, J. J., Pernas-Barahona, A., Sáenz de Pipaón, M., Campillo i López, F., & Ferrís i Tortajada, J. (2021). Occupational exposures, diet and storing: Recommendations to reduce environmental pollutants in breastfeeding. *Anales de Pediatría (English Edition)*, 94(4), 261.e1-261.e9. <https://doi.org/10.1016/J.ANPEDE.2021.01.005>
- Ospina, S., & Cartagena, J. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 112–123. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492008000200014&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Pablos, V. (2022). *Microplásticos en alimentos*. <https://www.traza.net/2022/05/24/microplasticos-en-alimentos/>
- Parker, L. (2022). *¿Qué daños producen los microplásticos para el ser humano? | National Geographic*. *¿Qué daños producen los microplásticos para el ser humano?* <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2022/04/que-danos-producen-los-microplasticos-para-el-ser-humano>

- Parra Montesdeoca, K. V. (2022). *Desarrollo de la metodología para la extracción y detección de la presencia de microplásticos en panela molida artesanal e industrial comercializadas en Ecuador*. Universidad Central del Ecuador.
- Pérez, M., Maza, M., Legorreta, P., & Moncada, A. (2011). *El libro blanco de la leche y los productos lácteos*. (CANILEC, Ed.; 1a ed., Vol. 1).
- Plasal. (2021). *Plásticos termoconformados*. PLASAL. <https://plasal.es/proyectos/#embalaje>
- Plastics Technology. (2023). *¿Qué es el termoformado de plástico?* <https://www.pt-mexico.com/articulos/que-es-el-termoformado-de-plastico-proceso-maquinaria-y-aplicaciones>
- Ragusa, A., Notarstefano, V., Svelato, A., Belloni, A., Gioacchini, G., Blondeel, C., Zucchelli, E., De Luca, C., D'avino, S., Gulotta, A., Carnevali, O., & Giorgini, E. (2022a). Raman Microspectroscopy Detection and Characterisation of Microplastics in Human Breastmilk. *Polymers*, 14(13), 1–14. <https://doi.org/10.3390/polym14132700>
- Ragusa, A., Notarstefano, V., Svelato, A., Belloni, A., Gioacchini, G., Blondeel, C., Zucchelli, E., De Luca, C., D'avino, S., Gulotta, A., Carnevali, O., & Giorgini, E. (2022b). Raman Microspectroscopy Detection and Characterisation of Microplastics in Human Breastmilk. *Polymers* 2022, Vol. 14, Page 2700, 14(13), 2700. <https://doi.org/10.3390/POLYM14132700>
- Rodríguez, I. (2013). *Fichas Técnicas de Empaque, Envase y Embalaje*.
- Santillan, N., Ponce, J., & Roldan, J. (2022). Impacto de los materiales poliméricos en el medio ambiente. *Polo del Conocimiento*, 7(9), 1082–1092. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i8>
- Sarkar, S. (2015). Microbiological considerations: Pasteurized milk. *International Journal of Dairy Science*, 10(5), 206–218. <https://doi.org/10.3923/ijds.2015.206.218>
- Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8, 21–27. <https://jci.uniautonoma.edu.co/2016/2016-3.pdf>
- SC Johnson. (2024). *Ziploc Almacenamiento*. <https://ziplocmexico.com.mx/es-mx/products/bags/storage-bags/storage-qt-25ct>
- SIG. (2024). *Pouch Packaging*. <https://www.scholleipn.com/pouches/>
- Tetra Pak. (s/f). *Envases de cartón para alimentos y bebidas*. Recuperado el 28 de febrero de 2023, de <https://www.tetrapak.com/es-mx/solutions/packaging#packaging-food-packages>
- The Guardian. (2018). *Legal plastic content in animal feed could harm human health, experts warn*.
- Torres, N. (2019). *Informalidad en manufactura de envases, un riesgo para todos*.
- UDOE. (2024). *¿Qué tipo de plástico son las bolsas Ziploc?* <https://udoe.es/que-tipo-de-plastico-son-las-bolsas-ziploc/>
- Universidad Veracruzana. (s/f). *Introducción a la Investigación: guía interactiva*. Recuperado el 27 de febrero de 2023, de <https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html>
- Velandia Cabra, J. R. (2018). Identificación de polímeros por espectroscopía infrarroja. *Revista Ontare*, 5. <https://doi.org/10.21158/23823399.v5.n0.2017.2005>
- Walmart. (2023). *Lácteos en Walmart tu supermercado a domicilio*. <https://super.walmart.com.mx/content/lacteos/120006>
- Wiley. (2024). *Knowlt All Informatics System* (2024).
- Wineintube. (2022). *Wineintube Pouch*. <https://www.wineintube.com/formatos-especiales-productos/formato->

ANEXOS

CUESTIONARIO

Este ha sido tomado con la autorización de la autora del estudio la Dra. En C. A. María Magdalena García Fabila “*Phtalates in the diet of Mexican children of school age. Risk*” publicado en Science Direct en el 2020. Con las adecuaciones pertinentes a la investigación y con la autorización correspondiente.

5.- Mencione las enfermedades que ha padecido el niño/a

II. ALIMENTACIÓN

6. ¿Qué desayunó el (la) niño (a) el día de ayer? (Favor de colocar las porciones)

7. ¿Qué tomó como colación antes de la comida? (Favor de colocar las porciones)

8. ¿Qué cenó el (la) niño (a) del día de ayer? (Favor de colocar las porciones)

11.- ¿Con qué frecuencia consume los siguientes alimentos?

Alimento	Frecuencia de consumo (X)								Tamaño de la porción
	Nunca	1/mes	c/15 días	1/semana	2-3 semana	4-6 semana	Diario	Varias veces al día	

1. Yogurt batido Marca: Tipo (ej. natural, con frutas, etc):									
2. Yogurt bebible Marca: Tipo (ej. natural, sabor):									
3. Leche entera Marca:									
4. Leche ultrapasteurizada Marca:									
5. Leche Liconsa Marca:									
6. Leche light Marca:									
7. Leche semidescremada Marca:									
8. Leche deslactosada Marca:									
9. Leche saborizada Marca:									
10. Leche condensada Marca:									
11. Leche en polvo Marca:									
12. Leche evaporada Marca:									

13. Leche ultrapasteurizada Marca:										
14. Leche bronca ¿Qué envase utiliza?										
15. Crema de leche Marca: Tipo (ej. entera, deslactosada, etc):										
16. Danonino Presentación (vasito, bolsita):										
17. Mantequilla Marca:										
18. Queso fresco Marca:										
19. Queso Oaxaca Marca:										
20. Queso tipo americano Marca:										
21. Queso philadelphia Marca:										
22. Queso manchego Marca:										

23. Queso crema Marca:												
24. Queso panela Marca:												

ANEXO 2:

Hábitos de consumo de lácteos en niños de la ZMVT (código QR que se colocó en escuelas para su difusión)

Objetivo: identificar el lácteo de mayor consumo en niños para determinar la presencia de microplásticos contenidos en el alimento.

Le agradecería escanear el código QR con la cámara de su celular para poder acceder a la encuesta.

En caso de presentarse problemas, favor de intentar digitar la siguiente liga. Muchas gracias por su valiosa participación.



<https://forms.gle/hAt4BScYcx7ciFmM9>

