



Estudios 2023 sobre

- **Impacto Ambiental del uso de Bolsas de Polietileno versus Papel (UAMA).**
- **Estudios microbiológicos comparando jamón y queso, contenidos en bolsas de papel Kraft y PEBD (CIEMAD/IPN).**
- **Reciclaje de polietileno de alta densidad, baja densidad y lineal de baja densidad (UNAM).**
- **Esquemas para reducir microplásticos en diferentes efluentes.**





2023. Año de Francisco Villa
30 Aniversario de la Declaración sobre
la Eliminación de la Violencia contra la Mujer (ONU)
60 Aniversario del CECyT 7 "Cauhtémoc" y del CENAC
90 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil
40 Aniversario del CIIDIR, Unidad Oaxaca

Ciudad de México, a 17 de octubre de 2023

SR. JORGE EDWARDS CHAHIN SILHY
ORGANIZACIÓN EN FAVOR DE LA ECONOMÍA CIRCULAR A.C.
P R E S E N T E

Estimado Sr. Chahin:

Nos sorprende la sustitución de las bolsas de polietileno de baja densidad (PEBD) por las bolsas de papel Kraft en el acarreo de alimentos, la decisión es un tanto contradictoria pues el costo y la calidad de esta sustitución nos parece que es equivocada.

Lo que estamos adjuntando son:

- a) Estudios microbiológicos comparando dos alimentos, jamón y queso, contenidos en bolsas de papel Kraft y PEBD (CIEMAD/IPN);
- b) Estudios de análisis del ciclo de vida de ambas bolsas (UAMA);
- c) Reciclaje de polietileno de alta densidad, baja densidad y lineal de baja densidad (UNAM);
- d) Esquemas para reducir microplásticos en diferentes efluentes;
- e) Fotografías que soportan los estudios realizados.

Nos parece que el uso del PEBD en las bolsas de plástico de un solo uso debe estar soportado con enfoques que incrementen seriamente su reciclaje y que estos niveles de reciclaje sean medibles en el tiempo, así como tecnologías que reduzcan los microplásticos una vez generados.

Le envío un cordial saludo.

DR. LUIS RAÚL TOVAR GÁLVEZ
PROFESOR INVESTIGADOR



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

Centro Interdisciplinario de
Investigaciones y Estudios sobre
Medio Ambiente y Desarrollo

2023. Año de Francisco Villa
30 Aniversario de la Declaración sobre
la Eliminación de la Violencia contra la Mujer (ONU)
60 Aniversario del CECyT 7 "Cauhtémoc" y del CENAC
90 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil
40 Aniversario del CIIDIR, Unidad Oaxaca

Ciudad de México, a 16 de octubre de 2023

DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS AEROBIOS MESÓFILOS EN MUESTRAS DE JAMÓN Y QUESO CONTENIDAS EN BOLSAS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD Y EN BOLSAS DE PAPEL KRAFT



2023
AÑO DE
**Francisco
VILLA**
EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO



Introducción

Los microorganismos aerobios mesófilos en cuenta total (AMCT) pueden vincularse a la inocuidad alimentaria acorde las condiciones de manejo y almacenaje; por ejemplo, si los envases no son herméticos o permiten el ingreso de aire, los microorganismos aerobios pueden crecer siendo un factor relevante en el manejo seguro de los alimentos y afectar la calidad y seguridad alimentaria. Los AMCT comprenden una variedad de bacterias, hongos y levaduras que crecen a temperatura ambiente y oxígeno. Se encuentran en diversos entornos, como alimentos, suelos y agua. Algunos microorganismos mesófilos contribuyen a la fermentación y maduración de queso, influyendo en su sabor y textura. No obstante, un aumento excesivo de estos microorganismos o la introducción de cepas indeseadas pueden resultar en la degradación de los alimentos y la formación de compuestos no deseados.

La técnica de microorganismos aerobios mesófilos estima la cantidad de microorganismos presentes, reflejando el manejo sanitario.

La NOM-092-SSA-1994 establece un método para estimar la cantidad de microorganismos viables en alimentos, lo que ayuda a evaluar su calidad y seguridad. Define procedimientos para contar microorganismos aerobios mesófilos y otros grupos relacionados con las condiciones de almacenamiento. El cumplimiento de esta normativa es esencial para garantizar la inocuidad alimentaria y la gestión sanitaria adecuada.

Para llevar a cabo una investigación más detallada sobre la generación de contaminación en alimentos y su relación con los envases, es fundamental realizar análisis microbiológicos específicos como la cuantificación de microorganismos aerobios mesófilos. Esto permite evaluar la calidad y seguridad de los productos y determinar si los envases desempeñan un papel en la proliferación de estos microorganismos.

Metodología

Recolección de muestras

El 22 de septiembre 2023, se compró a granel 200 g de queso panela "La Villita" y 200 g de jamón de pierna "El patrón", ambos se encontraban en empaques de plástico y refrigerados al momento de su compra.



También se compraron 5 bolsas de papel Kraft y 5 bolsas de asa de polietileno de baja densidad, las cuales fueron utilizadas como embalaje en el experimento.

Las muestras de queso y jamón, así como las bolsas de papel y plástico fueron llevadas al laboratorio de Monitoreo y Análisis Ambiental del CIEMAD-IPN.

Para la determinación de microorganismos aerobios mesófilos cuenta total se utilizaron placas de Compac Dry Recuento total y mini flip top de 9 ml de buffer de fosfato de Butterfield.

Preparación de las muestras (Figura 1).

Para la preparación de las muestras se realizó el siguiente diseño experimental.

Bolsa de papel Kraft (5 bolsas): Bolsa 1 se tomó como blanco de bolsa de papel Kraft (1 g) por duplicado, bolsa 2 y 3 fueron utilizadas para las muestras de jamón y bolsas 4 y 5 para las muestras de queso.

Bolsa de asa de plástico de polietileno de baja densidad verde (5 bolsas): Bolsa 1 se tomó como blanco de la bolsa de asa de plástico (1 g) por duplicado, bolsa 2 y 3 fueron utilizadas para las muestras de jamón y bolsas 4 y 5 para las muestras de queso.

Jamón, de los 200 g de jamón se dividió de la siguiente forma: 1 g de muestra de jamón día cero
20 g de muestra de jamón en bolsa de papel Kraft (duplicado); 20 g de muestra de jamón en bolsa de asa de polietileno de baja densidad (duplicado)

Queso, de los 200 g de queso se dividió de la siguiente forma: 1 g de muestra de queso día cero;
20 g de muestra de queso en bolsa de papel Kraft (duplicado); 20 g de muestra de queso en bolsa de asa de polietileno de baja densidad (duplicado)

Los análisis microbiológicos para determinación de microorganismos aerobios mesófilos cuenta total se realizaron por duplicado los días 0, 3, 5 y 7



2023. Año de Francisco Villa
30 Aniversario de la Declaración sobre
la Eliminación de la Violencia contra la Mujer (ONU)
60 Aniversario del CECyT 7 "Cauhtémoc" y del CENAC
90 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil
40 Aniversario del CIIDIR, Unidad Oaxaca

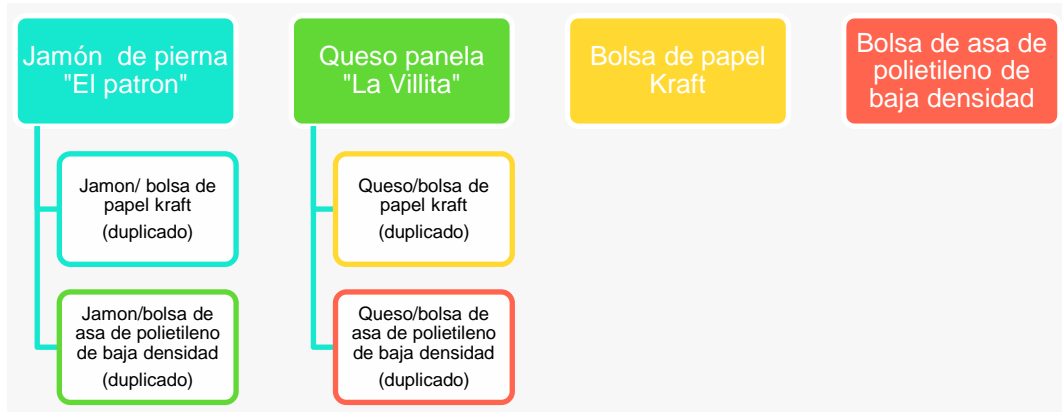


Figura 1. Diagrama de diseño experimental

Análisis de las muestras

Para el análisis de microorganismos aerobios mesófilos cuenta total se pesó 1 g de muestra (jamón, papel, queso y bolsa de asa) en un recipiente estéril, la muestra pesada se adicionó al mini flip top de buffer y se homogenizó, se dejó que las partículas más grandes sedimenten, durante 15 minutos. Con una micro pipeta se midió 1 ml de la suspensión y se dispersó la muestra diluida en el medio de la placa CompactDry y se tapó. Se invierte e incuban las placas en condiciones específicas de $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 48 ± 3 horas (Figura 2).

Este procedimiento se repitió para los días 3, 5 y 7. Todos los análisis se realizaron por duplicado.

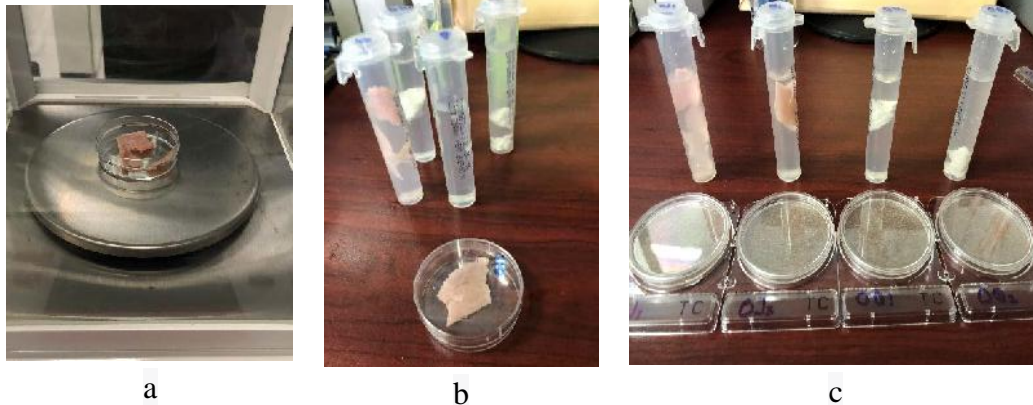


Figura 2. Secuencia de preparación de las muestras a) pesado b) muestras en el miniflip top c) inoculado de placas

Resultados

Los resultados de la prueba al día 0, 3, 5, y 7 de observan en la Tabla 1.

Tabla 1. Promedio de los duplicados de las unidades formadoras de colonias (UFC/g) de bacterias aerobias mesófilas en placas CompactDry, incubadas a 35±2°C durante 48±3 horas

Muestra	0	3	5	7
Bolsa de papel Kraft	39			
Bolsa de asa de polietileno de baja densidad 1	115			
Jamón 1	108			
Queso 1	48			
Jamón/ bolsa papel Kraft		20	6	8
Jamón/ bolsa asa de polietileno de baja densidad		22	13	14
Queso/ bolsa papel Kraft		177	225	242
Queso/ bolsa asa de polietileno de baja densidad		45	76	11

En general, la cantidad de mesófilos aerobios cambió con el tiempo en todas las muestras y tratamientos.



Las bolsas de papel Kraft y de asa de polietileno de baja densidad (Blancos) mostraron diferentes concentraciones iniciales de mesófilos aerobios en el día cero, esto se relaciona con las características de los materiales de las bolsas el cual afecta el crecimiento microbiano.

Las muestras de queso en bolsa de papel Kraft mostraron un aumento significativo en la concentración de mesófilos aerobios durante los días 3, 5 y 7. Sin embargo, algunos microorganismos mesófilos contribuyen a la fermentación y maduración de queso (bacterias ácido lácticas) (Parra, 2010), influyendo en su sabor y textura.

Las muestras de jamón en bolsa de papel Kraft y en bolsa de asa de polietileno de baja densidad también experimentaron cambios en la concentración de mesófilos aerobios, aunque los valores fueron menores en comparación con las muestras de queso.

También se logró observar cambios significativos en las características de la muestra, es decir las muestras que fueron almacenadas en la bolsa de papel Kraft se secaron al día 3 sin producir olor, lo que también se relaciona con la baja cantidad de mesófilos aerobios.

Lo contrario sucedió en las muestras almacenadas en las bolsas de polietileno, durante el experimento se mantuvieron con suficiente humedad y con olores desagradables.

Estos datos representan cambios en la concentración de mesófilos aerobios en diferentes tratamientos y muestras a lo largo del tiempo. Pueden ser útiles para evaluar la efectividad de los envases y el impacto en la microbiología de los alimentos. Es importante considerar estos cambios al evaluar la calidad y la seguridad de los productos alimentarios.

En este experimento se observó que la bolsa de asa de polietileno de baja densidad protege las condiciones del jamón y queso de influencias externas y ayuda a minimizar la interacción entre el envase y el jamón o queso. El papel Kraft puede ser menos eficaz que el plástico, tiene limitaciones en términos de su capacidad para bloquear la interacción entre los alimentos y el envase, cuando la muestra va perdiendo humedad esta se va pegando al papel, su efectividad podría mejorar en la medida de si se utiliza con recubrimientos específicos (cera) y de la naturaleza de los alimentos que tienen contacto. Las bolsas de plástico, diseñadas para alimentos, pueden brindar una mejor barrera y sellado hermético, prolongando las características de los alimentos.



Conclusiones

- Se observaron cambios en la concentración de mesófilos aerobios a lo largo del tiempo en todas las muestras y tratamientos.
- Las bolsas de papel Kraft y de asa de polietileno de baja densidad mostraron diferentes concentraciones iniciales de mesófilos aerobios debido a las propiedades de los materiales de las bolsas.
- Las muestras de queso en bolsa de papel Kraft experimentaron un aumento significativo en la concentración de mesófilos aerobios durante los días 3, 5 y 7.
- Las muestras de jamón en bolsa de papel Kraft y en bolsa de asa de polietileno de baja densidad también experimentaron cambios en la concentración de mesófilos aerobios, aunque en menor medida que las muestras de queso.
- Se observaron cambios en las características de las muestras, con las almacenadas en bolsas de papel Kraft secándose y sin olores, relacionados con la baja cantidad de mesófilos aerobios. En cambio, las muestras en bolsas de polietileno se mantuvieron húmedas y desarrollaron olores desagradables.
- Estos datos son útiles para evaluar la efectividad de los envases y su impacto en la microbiología de los alimentos.
- La bolsa de asa de polietileno de baja densidad protege las condiciones del jamón y queso y minimiza la interacción con el envase.
- El papel Kraft, aunque biodegradable, puede ser menos efectivo que el plástico y ciertamente mejorarse con recubrimientos específicos con un aumento en su costo.
- Las bolsas de plástico diseñadas para alimentos ofrecen una mejor barrera y sellado hermético, prolongando la frescura de los alimentos.

Recomendaciones

Con la finalidad de fortalecer este estudio se recomienda:

- Evaluar la permeabilidad al oxígeno y la humedad de ambas bolsas para garantizar que proporcionen la barrera adecuada.
- Considerar el uso de recubrimientos específicos, como cera en las bolsas de papel Kraft, para mejorar su capacidad de bloquear la interacción entre los alimentos y el envase.
- Realizar pruebas de calidad en productos alimentarios envasados en ambas bolsas, como pruebas de sabor, textura y aroma, para asegurarse de que se mantenga la calidad deseada.
- Realizar esta prueba por una semana, pero manteniendo las muestras de jamón y queso a 4°C.





2023. Año de Francisco Villa
30 Aniversario de la Declaración sobre
la Eliminación de la Violencia contra la Mujer (ONU)
60 Aniversario del CECyT 7 "Cuahtémoc" y del CENAC
90 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil
40 Aniversario del CIIDIR, Unidad Oaxaca

Bibliografía

- NOM-092-SSA1-1994, "Bienes y Servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales y sanitarias. Etiquetado." Secretaría de Salud de México, 14 de julio de 1995.
- Compact Dry. <https://compact-dry.com/>, recuperado 22 de septiembre de 2023.
- Parra Huertas, Ricardo Adolfo. (2010). Review. Bacterias ácido lácticas: papel funcional en los alimentos. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 8(1), 93-105. Retrieved october 09, 2023, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1692-35612010000100012&lng=en&tlng=es

DR. LUIS RAÚL TOVAR GÁLVEZ
PROFESOR INVESTIGADOR

M. EN C. CLAUDIA RODRÍGUEZ TAPIA
PROFESORA INVESTIGADORA



IMPACTO AMBIENTAL DEL USO DE BOLSAS DE POLIETILENO USANDO INFORMACIÓN DEL CICLO DE VIDA DEL POLETILENO VERSUS EL CICLO DE VIDA DEL PAPEL

Dr. Alfonso Espitia Cabrera
Departamento de Energía
UAM-Azcapotzalco

1. INTRODUCCIÓN

El análisis que se presenta en este documento se basa en información publicada en diversas publicaciones que analizan los impactos ambientales del uso del polietileno para la fabricación de bolsas para el transporte de alimentos reemplazando el uso de papel para el mismo efecto, utilizando el análisis del ciclo de vida comparado de estos materiales.

En la Ciudad de México, el Poder Legislativo local reformó la Ley de Residuos Sólidos, por lo que a partir de diciembre del año 2020- quedó prohibida la comercialización, distribución y entrega de bolsas de plástico al consumidor, salvo que sean compostables y posteriormente el 18 de noviembre de 2021 el Senado de la República aprobó un dictamen que reforma la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) en el tema de plásticos de un solo uso y los recipientes o envases descartables. Que busca reducir la producción y consumo de plásticos de un solo uso, por esta Ley, además las bolsas de plástico dejaron de ser gratuitas en los supermercados de Ciudad de México.

Históricamente, Bangladesh fue el primer país en prohibir las bolsas de plástico en 2020, actualmente más de 100 países prohíben total o parcialmente las bolsas de plástico de un solo uso. Las prohibiciones suelen aplicarse sólo a las bolsas de plástico finas, mientras que las más gruesas y reutilizables siguen estando a la venta (Elton Ch., 2023)

En Europa, 18 países han prohibido las bolsas de plástico finas, entre ellos Francia, Alemania, Italia, Islandia y Albania. Y una decena de países del Caribe, como Jamaica, Trinidad y Tobago , y Bahamas han prohibido plásticos de un solo uso.

El plástico que es un polímero con moléculas orgánicas enlazadas en forma lineal ó en ramal, se desarrolló hace más de 170 años y fue patentado en 1907 por primera vez como baquelita, ó primer plástico comercial completamente sintético, moldeable en caliente y que una vez enfriado produce un material duro y resistente al calor, a la electricidad y a los solventes. Los plásticos de uso reciente se crearon o patentaron en el caso del poliestireno en 1925 (Alemania), polietileno en 1933 (Inglaterra), el tereftalato de polietileno (PET) en 1941 (Inglaterra) y el polipropileno en 1950 (Italia).

Los contenedores y bolsas de papel y de plástico se usan intensivamente en la industria alimentaria para transportar y servir comida y bebidas. El plástico se usa también en otras aplicaciones, como contenedor de medicamentos y aún nuevas aplicaciones, tanto en el hogar como en los negocios, al ser barato, irrompible, liviano, impermeable, indeformable ante el calor en algunas presentaciones y reciclable, reemplazando frecuentemente al papel estraza y encerado en el manejo de alimentos.

El plástico funciona como componente principal y como aditivo que forma parte de muchos objetos o materiales de uso diario. Cada material polimérico tiene una amplia gama de aplicaciones que están estrechamente relacionadas con sus propiedades., los plásticos más utilizados son los siguientes:

1. Tereftalato de Polietileno (PET o PETE)
2. Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
3. Policloruro de Vinilo (PVC)
4. Polietileno de Baja Densidad (LDPE)
5. Polipropileno (PP)
6. Poliestireno (PS)
7. Otros **Plásticos** (policarbonato, estireno, nylon, etc)

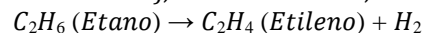
BOLSAS DE PLÁSTICO

Las bolsas de plástico en 1970 eran una novedad, actualmente se fabrican un billón cada año (ONU, 2021). La bolsa de polietileno de una sola pieza es patentada por la empresa sueca Celloplast en 1965 y la bolsa de plástico comienza a reemplazar rápidamente la tela y el plástico en Europa, comercializando las empresa de plástico las bolsas como un producto superior al papel toda vez que puede transportar 2500 veces su propio peso (Marienberg, 2023) y mantenerse integra aun cuando esté mojada y además de ser reutilizables.

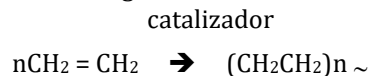
En México se generan al día poco más de 15 mil toneladas de desechos plásticos –casi 500 millones son botellas de poli etilen tereftalato (PET)– de los cuales se calcula que entre 15 y 20 por ciento provienen de habitantes de ciudades y el resto de actividades productivas que aumentaron durante la pandemia.

POLIETILENO

Actualmente, el polietileno es el plástico más usado al ser el polímero menos costoso, generado a partir de la polimerización de la olefina más simple ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$), obtenida como uno de los productos de la parte superior de la torre de destilación del petróleo o por ruptura térmica de gas natural, en donde también se generan cantidades significativas de otros productos, (productos secundarios) tales como hidrógeno, metano y fracciones C_4 entre otros, utilizando el proceso una gran cantidad de energía y agua de enfriamiento (040501-fabric-etileno tcm30-502316), consultado 3 Oct,2023) como se muestra en la reacción:



Una vez obtenido el etileno, la reacción se lleva a cabo a través de la acción de iniciadores (peróxidos orgánicos) y catálisis con metales de transición que por selección pueden producir diferentes propiedades, resumiendo la obtención del polietileno, en **UNA SOLA REACCIÓN** a partir del etileno como materia prima de acuerdo con la siguiente reacción:



El polietileno tiene una excelente resistencia química, puede ser procesado de muchas maneras, a partir de ser un polvo blanco a la salida del reactor, que se puede transformar en pellets y moldear como película por soplado, extruido como tubería y moldeado de diversas formas por inyección y con diversos colores al añadir aditivos y pigmentos. La peletización incrementa la densidad de la resina y facilita su manejo.

El polietileno es **Termo plástico**, por lo que puede ser reciclado al fundirse muchas veces y volver a moldearse, se ha reportado que se puede reusar 10 veces en promedio, sin perder sus propiedades.

Existen varias versiones del polietileno y las más utilizadas son:

El Polietileno de alta densidad (o HDPE). El que resiste bien la humedad pero contiene antimonio. Lo utilizan empresas de los sectores farmacéutico o de fabricación de bebidas.

El Polietileno de baja densidad (LPDE). Que es flexible y aguanta bien el calor. Se utiliza para producir artículos de consumo habitual como las bolsas.

El reciclaje mecánico del Polietileno de alta densidad consiste en la recepción y almacenaje de los materiales, selección del plástico, triturado a modo que el producto quede en forma de mortero, para poder incorporarlo de nuevo a la cadena productiva, cerrando el círculo de producción limpia.

El Polietileno de Baja Densidad se recicla mecánicamente con un guillotinado para convertirlo en un aglomerado con densificadores, en donde las hojuelas plásticas aumentan su densidad aparente.

El análisis del ciclo de vida de las bolsas de plástico incluye los impactos ambientales asociados con la extracción de petróleo, la separación de productos en el proceso de refinación y la fabricación de plásticos.

BOLSAS DE PAPEL:

Una bolsa de papel necesita más de cuatro veces de energía para fabricarse que la necesaria para fabricar una bolsa de plástico. La obtención de la pulpa de celulosa como materia prima para la fabricación de bolsas de papel, requiere talar árboles, en general coníferas o de fibra larga adecuada para la fabricación de papel, triturar la madera y someterla a cocimiento con productos químicos (álcalis) en reactores (digestores) presurizados y con alta temperatura, seguido de procesos de refinado para la obtención de la pulpa.

La madera esta constituida de lignina y hemicelulosas o polisacáridos y fibras de celulosa y para obtener la pulpa de celulosa en el 85 % del papel producido a nivel mundial se usa el Proceso Kraft o pulpeo al sulfato que se describe con los siguientes pasos:

- Extracción de la celulosa por eliminación de la lignina y hemicelulosas con hidróxido de sodio (NaOH) y sulfuro de sodio (Na₂S) por cocimiento (digestión) en recipientes o digestores con alta temperatura
- Separación del liquido de cocción o licor negro
- Concentración del liquido de cocción por evaporación y quema en una caldera para generación de vapor a alta presión para uso en el proceso o generación de energía eléctrica con emisiones de compuestos sulfurados
- Regeneración del hidróxido de sodio y el sulfito de sodio de la porción inorgánica del licor negro para su reúso en el proceso de cocción
- Blanqueo con cloro, ozono o dióxido de cloro si se requiere el blanqueo en algunos aplicaciones
- Producción de papel con la pulpa de celulosa con ajuste de color y las fibras de celulosa -vírgenes o recicladas- que se mezclan con agua y se colocan en bandas conducidas por rodillos calientes que eliminan la humedad hasta un valor de diseño
- Tamizado de la solución resultante
- Prensado y secado para obtener el papel del espesor requerido

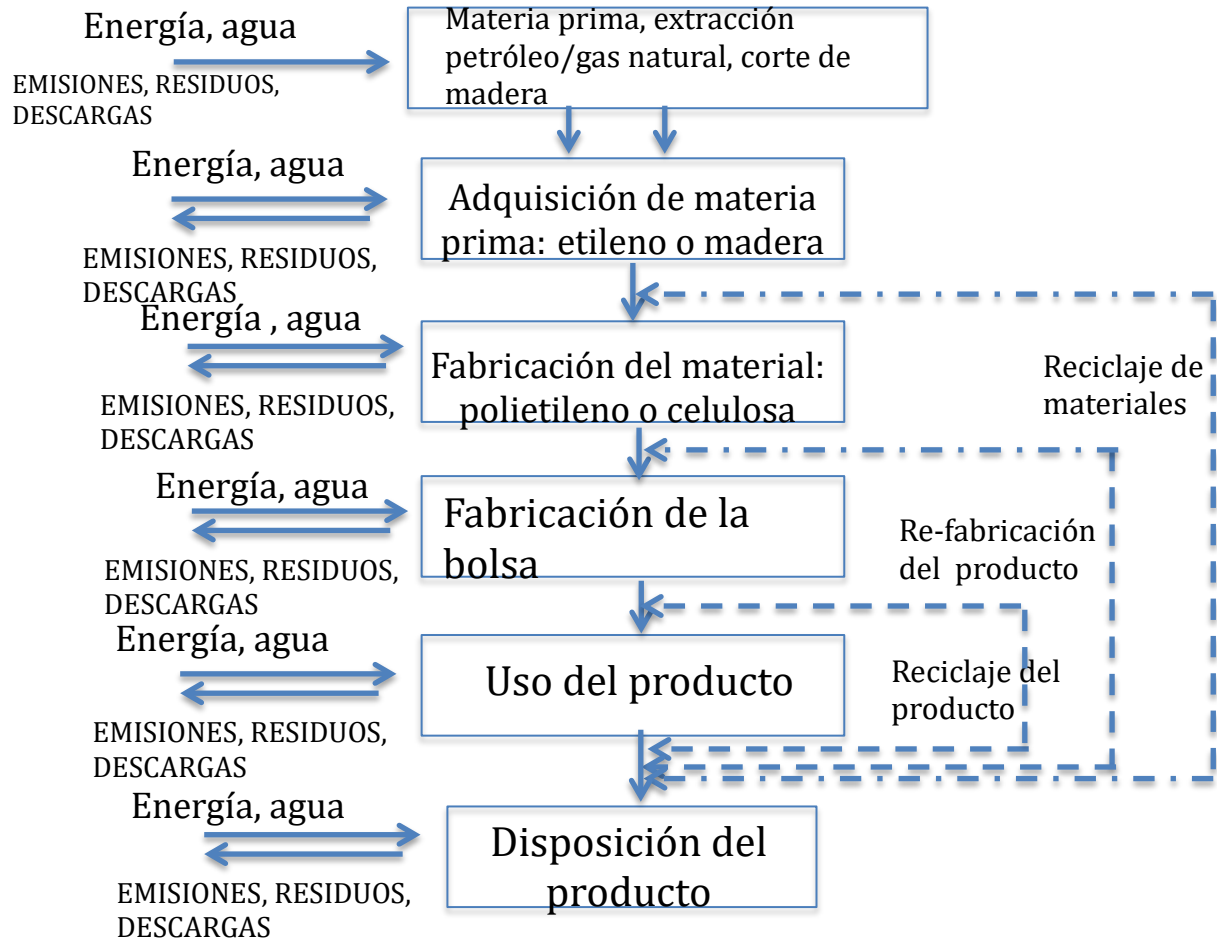
El proceso global involucra **MÁS DE UN PASO** con emisiones a la atmósfera de compuestos sulfurados como mercaptanos, ácido sulfhídrico y dióxido de sodio, así como descargas de aguas residuales con compuestos clorados y dioxinas y con un alto consumo de energía.

2. CICLO DE VIDA

EL ciclo de vida se puede esquematizar de la siguiente manera

1. Cada proceso requiere energía, la fabricación del papel requiere más energía por todos los pasos involucrados;
2. Se emiten contaminantes atmosféricos. El polietileno genera trazas de vapores de hidrocarburos, el papel emite mercaptanos, ácido sulfhídrico y dióxido de carbono.
3. Ambos procesos generan residuos de las bolsas gastadas;
4. El proceso de papel genera descargas de agua dado que se requiere agua para la fabricación de una tonelada de papel 4,500 galones de agua.

ESQUEMA DEL CICLO DE VIDA



Asimismo, para fines de impactos por el ciclo de vida, se tomarán los siguientes:

- Cambio climático
- Degradación de la capa de ozono
- Toxicidad humana, efectos carcinógenos
- Toxicidad humana, efectos no carcinógenos
- Formación de ozono fotoquímico
- Radiaciones ionizantes
- Partículas
- Acidificación terrestre y acuática
- Acidificación agua fresca
- Eutrofización terrestre y acuática y marina
- Toxicidad a los ecosistemas
- Agotamiento de recursos fósiles
- Agotamiento de recursos bióticos
- Agotamiento de recursos abióticos

La siguiente tabla muestra las diferencias entre las dos bolsas, en relación a la materia prima requerida, la energía consumida, los contaminantes a las matrices de aire y agua, la generación de residuos y el potencial de reciclaje, entre otros aspectos.

Tabla 1. Inventario de materia y energía requerido y emisiones y contaminación generada por bolsa

CONCEPTO	BOLSA DE PAPEL	BOLSA DE POLIETILENO
Materia prima		
Madera, gr	50-100	0
Fracción de petróleo, gr	2.5 -5.5	3-7
Otras sustancias, químicas, gr	1.8	0.005
Agua gr	50	10
Vapor, kg	9,000-12,000	5,000
Energía, KWh	980	120-180
Agua de enfriamiento, m ³	50	154
Descarga agua residual, m ³	2-15	0.5-2
DBO, Kg	950 (papelera)	365
Emisiones		
Dióxido de Cloro, Kg	0.2	0
sulfitos reducidos, kg	2.0	0
Partículas, kg	5-15	0.1
Hidrocarburos, ppm	0	35-50
NO'xs kg	Si, variable	989
Gases efecto invernadero (CO ₂)	Si variable	Si variable
Contaminantes orgánicos persistentes en aire y agua: dioxinas, poliaromáticos,	Si Trazas	NO
Potencial de reciclamiento		
Para uso primario	Posible con uso de agua	Fácil Uso de agua mínimo
Para uso secundario	Bajo, por dificultad de adhesivos, tintas o recubrimientos	Alto con reúso de las resinas en otras aplicaciones
Disposición final		
Incineración apropiada	Si	Si
Recuperación de calor	20	40
Relleno sanitario g/bolsa	10	1.5
Biodegradable	Si, con emisión de metano potencial	No, inerte
Transporte	Se necesitan 7 camiones para transportar cantidades similares	1 camión

Fuentes: AICHE, 1992, Garain D, 2023, Greenteam, consultado 02 Oct,2023 Letters to Science June 7, 1991040501-fabric-etileno_tcm30-502316.pdf, consultado 3 Oct,2023, Biona, J.B, 2015, Santos W, 2007

De la tabla 1, se resalta que el polietileno presenta las siguientes **ventajas**:

- Requiere menos materia prima por bolsa
- Requiere menos energía
- Consume menos agua como recurso y como materia de proceso
- Descarga menos contaminantes al agua
- Genera menos contaminantes atmosféricos en número y en masa
- **NO** genera contaminantes emergentes o persistentes

- Tiene mayor potencial de reciclaje
- Tiene mayor potencial de recuperación de energía
- Requiere menos recursos para su distribución
- Tiene una peor imagen ante la opinión pública como material contaminante

Como desventajas con relación a la bolsa de papel, el polietileno::

- Como residuo no es compostable
- No puede generar biogás
- Tiene una peor imagen ante la opinión pública como material contaminante

3. COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LAS BOLSAS PARTIR DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA, ACV

Se ha reportado en dos ACV específicos sobre el uso de polietileno y papel para la fabricación, uso y disposición final de bolsas, el desempeño que tienen sobre los indicadores ambientales que maneja su modelo de ACV , señalando cual material tiene el menor impacto

La siguiente tabla muestra cual bolsa tiene el mejor desempeño en los indicadores ambientales del modelo de ACV que manejo el Ministerio del Ambiente del Gobierno de Dinamarca, con el modelo EASTECH LCA desarrollado por DTU Environment, en octubre-diciembre de 2017, el estudio se condujo para evaluar y comparar los impactos ambientales asociados con la bolsa de mandado que se usa en los supermercados daneses, sobre la base de que el polietileno es el mejor plástico:

Tabla 2. Material de la bolsa con el menor impacto ambiental sobre las categorías ambientales de los modelos que se usan en el Análisis del Ciclo de Vida

Indicador ambiental	Bolsa que tiene el MENOR IMPACTO sobre el indicador
Cambio Climático	PEBD, papel sin blanqueo, biopolímero
Destrucción de la capa de ozono	Polietileno de baja densidad
Toxicidad humana con efecto cancerígeno	Papel sin blanqueo Polietileno de baja densidad
Toxicidad humana sin efecto cancerígeno	Composite, Polipropileno Polietileno de baja densidad
Formación de ozono fotoquímico	Polietileno de baja densidad
Radiaciones ionizantes	Polietileno de baja densidad
Partículas	Polietileno de baja densidad
Acidificación terrestre	Polietileno de baja densidad
Eutrofización terrestre	Polietileno de baja densidad
Eutrofización de agua fresca	Polietileno de baja densidad
Eutrofización marina	PP, PEBD
Toxicidad ecosistémica	Polietileno de baja densidad
Agotamiento de recursos fósiles	Papel sin blanqueo, Polietileno de baja densidad
Agotamiento de recursos abióticos	Polietileno de baja densidad
Agotamiento del recurso agua	Polietileno de baja densidad

PEBD= polietileno de baja densidad, PP= Polipropileno

Con relación al reciclaje, la siguiente tabla muestra el promedio de veces usada en fila de una bolsa de papel para que tenga el mismo desempeño ambiental que una bolsa de polietileno de baja densidad, con valores de reciclaje de un mínimo de tres veces para igualar el desempeño.

Para la disposición final, las bolsas se reúsan para el manejo de la basura con frecuencia como contenedor de basura antes de enviarla a un relleno sanitario antes explorar la opción de la incineración, como un método para la disposición final de la bolsa

TABLA 3. Efectos del reúso de la bolsa sobre la la disposición final y el reciclaje y sobre los impactos ambientales

Material de la bolsa	Cambio climático	Todos los indicadores
PEBD, simple usado como bolsa de residuos	0	1
PEBD De manejo rígido, reusada como bolsa de basura	0	0
PEBD reciclada reusada como bolsa de basura	1	2
PP, no tejido, reciclado	6	52
PP, Tejido Reciclado	3	45
PET reciclado de reciclaje	8	84
PET poliéster, reciclado	2	35
Biopolímero reusado como bolsa de basura o incinerado	0	42
Papel sin blanqueo, reusado como bolsa de basura o incinerado	2	35
Papel blanqueado, reusado como bolsa de basura o incinerado	1	43
Algodón orgánico, reusado como bolsa de basura o incinerado	149	2000
Algodón convencional, reusado como bolsa de basura o incinerado	52	7100
Composite, reusado como bolsa de basura o incinerado	23	870

PET= Tereftalato de polietileno

El ACV, en base a la sensibilidad resalta la importancia de la selección determinada por el numero calculado de veces de reúso del algodón orgánico, basado en maximizar el volumen y la capacidad de carga , minimizando la cantidad de material necesario y el peso final de la bolsa de carga, recomendando lo siguiente, con relación al polietileno:

La bolsa simple de polietileno de baja densidad puede ser directamente reusada como bolsa de basura para el cambio climático y debería ser reusada al menos una vez para compra de alimentos considerando todos los otros indicadores y finalmente reusada como bolsa de basura

La bolsa con manejo rígido de polietileno de baja densidad, puede ser directamente reusada como bolsas de basura, considerando todos los indicadores y finalmente usada como bolsa de basura

Las bolsas recicladas de polietileno de baja densidad: reusada para compra de alimentos al menos una vez para cambio climático y 52 veces considerando todos los otros indicadores y finalmente usada como bolsa de basura

Con relación al algodón orgánico:

Las bolsas convencionales de algodón orgánico; reusar al menos 149 veces las bolsas para compras de alimentos para combatir el cambio climático y al menos 20,000 veces para los otros indicadores y al final como bolsa de basura o incineración.

Con relación al ACV, desarrollado en Filipinas, utilizando el modelo Environmental Design of Industrial Products (EDIP 97), **PARA COMPARAR LOS IMPACTOS ENTRE LAS BOLSAS DE PLÁSTICO Y PAPEL** con los siguientes indicadores e impactos:

Calentamiento global potencial con CO₂ eq. como indicador

La acidificación con SO₂ eq con incremento en H⁺ y con cambios en pH y daños a materiales orgánicos e inorgánicos

La destrucción de la capa de ozono con el clorofluorocarbono CFCs-11 como indicador

La toxicidad humana con 1,4 diclorobenceno (DCB) como indicador y metales pesados emitidos durante la producción de las bolsas
 La formación de ozono fotoquímico usando NOx's y COV's como emisiones y C₂H₄ eq. como indicador

EL ACV encontró los siguiente resultados con relación a los impactos del uso de las bolsas de polietileno y papel:

Con relación a los impactos se tiene el siguiente resumen

Tabla 4. Impacto del material de la bolsa sobre los indicadores ambientales

Impacto Mayor	Impacto menor	Relación mayor/menor
Cambio climático	Bolsa de plástico	2.48 veces
Acidificación	Bolsa de plástico	2.49 veces (presente en la extracción de materia prima)
Destrucción de la capa de ozono	Bolsa de papel	Ligeramente mejor con cero impacto la bolsa de papel
Toxicidad humana	Bolsa de plástico	2.46 veces (presente en la extracción de materia prima)
Formación de ozono fotoquímico	Bolsa de plástico	2.48 veces

El estudio concluye que en 4 de 5 impactos, la bolsa de plástico es más amigable al ambiente que la de papel, por lo que sugieren que se revise la política del Acta 2011, que prohíbe el uso de bolsa de plástico.

Adicionalmente Marienberg (2023), reporta que

- Las bolsas de papel generan un 70% más de contaminantes del aire y 50 veces más contaminantes del agua que las bolsas de plástico
- El transporte de las bolsas de papel consume más combustible fósil con impactos al cambio climático que las bolsas de plástico
- Dado que el plástico se produce a partir de subproductos del petróleo, en esencia actúa como una recuperación de un recurso que de otra manera sería una pérdida y además se obtiene sin usar agua y recursos agrícolas escasos
- Toda vez que el impacto ambiental depende de la eficiencia de las operaciones involucradas y que en el proceso Kraft ocurren más operaciones que en la producción de polietileno el impacto es menor en el segundo
- Se ha reportado que sólo se necesitan alrededor de 2 mil millones de barriles de petróleo para dar servicio a la industria de las bolsas de plástico, cifra significativa menor al volumen de madera requerido y adicionalmente es un recurso biótico que se puede agotar
- Las bolsa pueden transportar 2500 veces su peso, por lo que se requiere menos bolsas que las de papel para el manejo de carga
- La reutilización de las bolas de plástico es mayor que la de papel reduciendo el impacto global
- Se necesita 91% menos energía para reciclar cantidades similares de bolsas de plástico y papel
- El uso de plástico reciclado genera los siguientes beneficios ambientales:
 - reducción del consumo de energía en dos tercios
 - producción de solo un tercio del dióxido de azufre
 - producción de la mitad del óxido nitroso
 - reducción del uso de agua en casi un 90%
 - reducción de la generación de dióxido de carbono en dos veces y medio

CONCLUSIÓN

El problema no es el plástico, sino lo que hacemos con él (Marienberg, 2023).

Todas las bolsas tienen un impacto.

La mejor solución sería usar una bolsa de algodón varios cientos de veces durante años.

La siguiente mejor opción sería usar una bolsa de polietileno de baja densidad muchas veces y disponer finalmente de la misma como una bolsa de basura

REFERENCIAS:

hola@greenteammx.com

<https://marienberg.cl/sustentabilidad/>

[#CirculaElPlástico](#) [#paiscircular](#) [#LeyREP](#) [#Industria](#) [#reciclaje](#) [#Envases](#) [#hazlocircular](#) [#reciclaelplastico](#)

Garain D. Et al, 2023. [Core.ac.uk/download/pdf/61297553](https://core.ac.uk/download/pdf/61297553), consultado 1 Oct Life Cycle Assessment of grocery carrier bags Environmental Project no. 1985 February 2018, Ministry of Environment and Food of Denmark

Biona J.B.M, Gonzaga, J.A. "A comparative Life Cycle Analysis of Plastic and Paper Packing Bags in the Philippines" 8Th International Conference Humanoid, Nanotechnology, Information, Technology, communication and Control Environment and Management , 9-12, 1915

Santos W. 2007 Tesis "Eliminación de lignina en agua residual de la industria papelera por ozono, IPN



Dr. Alfonso Espitia Cabrera
UAM Azcapotzalco

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CICLO DE VIDA DE UNA BOLSA DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD VERSUS UNA BOLSA DE PAPEL, PARA EL TRANSPORTE DE LA COMPRA DE ALIMENTOS Y BEBIDAS EN TIENDAS DE CONVENIENCIA Y SUPERMERCADOS

Dr. Alfonso Espitia Cabrera
 M. en C Griselda González Cardoso
 Departamento de Energía
 UAM-Azcapotzalco

INTRODUCCIÓN.

EL análisis se realizó a partir de los resultados de la corrida del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de bolsas de papel Kraft y de polietileno de baja densidad para transportar la compra de alimentos y bebidas con una capacidad de carga de 10-12 kg.

El Análisis del ciclo de vida se hizo con la paquetería SIMAPRO 9.5 utilizando la base de datos de COINVENT 3.7.1, que proporciona la información de la extracción de materias primas hasta la obtención del insumo, que en este caso son: papel Kraft y polietileno de baja densidad.

En este análisis, se simuló el ACV, para una bolsa de papel Kraft de 16x16x19 ¼” modelo S7100 con un peso de 93 gramos por bolsa y para una bolsa de polietileno de baja densidad (PEBD) de 7 gramos. Bolsas que pueden soportar la carga de alimentos y bebidas de 10-12 kg.

Se consideró que la bolsa de PEBD se fabrica por extrusión con un consumo de energía 6.56×10^{-3} KWh y la de papel Kraft con 26.24×10^{-3} Kwh.

La simulación se hizo con el modelo RECIPE 2016, que evalúa los siguientes 18 impactos ambientales:

Tabla.1. Categorías de impacto en la metodología ReCiPe

	Categoría de impacto	Definición
1	Calentamiento global (CG)	Indicador de potencial calentamiento global por la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero. Impacto: salud humana, ecosistema terrestre y ecosistema de agua dulce.
2	Agotamiento de la capa de ozono (ACP)	Indicador de emisiones a la atmósfera que causan la destrucción de la capa de ozono estratosférico. Impacto: salud humana
3	Radiación ionizante (RI)	Categoría de impacto correspondiente a efectos nocivos a la salud humana, provocados por las descargas radioactivas. Impacto: salud humana
4	Formación de ozono (FO, SH)	Indicador relacionado con la emisión de gases que afectan la formación de ozono fotoquímico en la capa inferior o smog, que es catalizada por la luz solar y

Tabla.1. Categorías de impacto en la metodología ReCiPe

	Categoría de impacto	Definición
		relacionada con las emisiones de NOx y compuestos orgánicos diferentes al metano. Impacto: salud humana
5	Formación de partículas finas (FPF)	Categoría de impacto correspondiente a los efectos nocivos a la salud humana, asociados a material particulado de diámetro menor a 2.5 µm (PM 2.5) de origen orgánico e inorgánico. Impacto: salud humana
6	Formación de ozono fotoquímico (FOF, ET)	Indicador relacionado con la emisión de gases que afectan la formación de ozono fotoquímico en la capa inferior o smog, que es catalizada por la luz solar y relacionada con las emisiones de NOx y compuestos orgánicos diferentes al metano. Solo se encuentran implicadas sustancias de vida corta, por lo tanto, el horizonte temporal no es importante. Impacto: salud humana y ecosistema terrestre
7	Acidificación terrestre (AT)	Indicador de la potencial acidificación de suelos y agua debido a la liberación de gases tales como óxidos de nitrógeno, amoníaco y óxidos de azufre. Impacto: ecosistema terrestre
8	Eutroficación de agua dulce (EUAD)	Indicador relacionado con el incremento de nutrientes (fósforo y nitrógeno) en los ecosistemas acuáticos, que puede conducir en un caso extremo a la pérdida relativa de especies. Impacto: ecosistemas
9	Eutroficación marina (EUM)	
10	Ecotoxicidad terrestre (ECT)	Impacto generado hacia los organismos terrestres por presencia de sustancias tóxicas emitidas al ambiente. Impacto: ecosistemas terrestres
11	Ecotoxicidad de agua dulce (ECAD)	Impacto de sustancias tóxicas emitidas al medio ambiente en los organismos de agua dulce. Impacto: ecosistemas acuáticos
12	Ecotoxicidad de agua marina (ECAM)	Impacto en el agua de mar de sustancias tóxicas emitidas al ambiente, principalmente los efectos nocivos a causa de metales. Impacto: ecosistemas acuáticos
13	Toxicidad humana cancerígena (THC)	Impacto en los seres humanos a causa de la persistencia ambiental y acumulación en la cadena alimentaria humana de sustancias químicas. Impacto: salud humana
14	Toxicidad humana no cancerígena (THNC)	
15	Uso de suelo (US)	Categoría de impacto correspondiente al uso de una superficie de tierra por actividades tales como la agricultura, carreteras, viviendas y minería, que pudiera provocar pérdidas de soporte de la cadena alimenticia o de la biodiversidad. Impacto: ecosistemas terrestres.
16	Escasez de recursos minerales (ERM)	Indicador del agotamiento de los recursos naturales no fósiles. Impacto: ecosistema terrestre

Tabla.1. Categorías de impacto en la metodología ReCiPe

	Categoría de impacto	Definición
17	Escasez de recursos fósiles (ERF)	Indicador del agotamiento de los recursos naturales de combustibles fósiles. Impacto: ecosistema terrestre
18	Consumo de agua (CA)	Consumo de recursos hídricos. Impacto: salud humana, ecosistema terrestre y ecosistema acuático

Para la simulación se construyó el siguiente inventario utilizando el conjunto de datos de ECOINVENT 3.7.1.

BOLSA DE PAPEL (93 gramos con capacidad 12 kg un solo uso)

Producto	Cantidad	Unidad
Bolsa de papel	1	pieza

Entrada conocida desde la tecnosfera

Conjunto de datos	Cantidad	Unidad	Fuente
Kraft paper {RoW} market for Kraft paper Cut-off, S	93	g	Ecoinvent 3.7
Electricity, high voltage {MX} market for electricity, high voltage Cut-off, S	2.62E-02	KWh	Ecoinvent 3.7

BOLSA DE PLÁSTICO (7 gramos con capacidad 12 kg un solo uso)

Producto	Cantidad	Unidad
Bolsa de polietileno	1	pieza

Entrada conocida desde la tecnosfera

Conjunto de datos	Cantidad	Unidad	Fuente
Polyethylene, low density, granulate {GLO} market for polyethylene, low density, granulate Cut-off, S	7	g	Ecoinvent 3.0
Electricity, high voltage {MX} market for electricity, high voltage Cut-off, S	6.56E-03	kwh	Ecoinvent 3.0

RESULTADOS

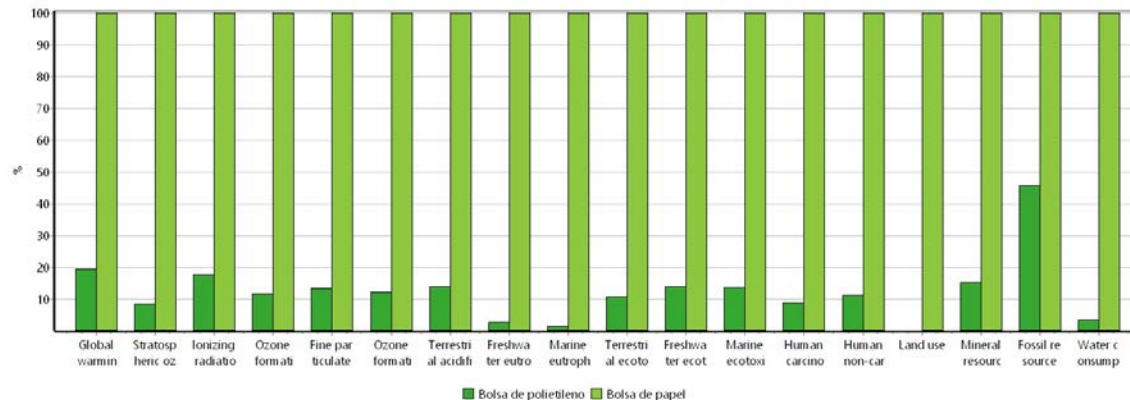
La siguiente tabla muestra los resultados de la simulación.

Tabla 1. Comparación de impactos de bolsa de Polietileno vs bolsa de Papel

Categoría de impacto	Unidad	Bolsa de polietileno	Bolsa de papel
Global warming	kg CO2 eq.	0.022139431	0.113525977
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq.	7.52538E-09	8.80633E-08
Ionizing radiation	kBq Co-60 eq.	0.000927372	0.005259902
Ozone formation, Human health	kg NOx eq.	5.07135E-05	0.00043392
Fine particulate matter formation	kg PM2.5 eq.	2.74819E-05	0.000205327
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NOx eq.	5.56013E-05	0.000453453
Terrestrial acidification	kg SO ₂ eq.	6.16774E-05	0.000438119
Freshwater eutrophication	kg P eq.	5.03032E-06	0.000191502
Marine eutrophication	kg N eq.	4.30533E-07	2.80012E-05
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.039517846	0.370271643
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.000455132	0.003278099
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.000607658	0.004429621
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	0.000754128	0.008279946
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	0.010965751	0.098072351
Land use	m ² a crop eq.	0.000192583	0.19616509
Mineral resource scarcity	kg Cu eq.	3.22473E-05	0.000210537
Fossil resource scarcity	kg oil eq.	0.013257609	0.028925176
Water consumption	m ³	4.08917E-05	0.00120761

La siguiente gráfica muestra la comparación en porcentaje en las diferentes categorías de impacto de los dos materiales de bolsas.

Grafica 1. Comparación del impacto de la bolsa de polietileno VS la bolsa de papel en las diferentes Categorías de impacto.



Comparando 1 p 'Bolsa de polietileno' con 1 p 'Bolsa de papel'; Metodo: ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.08 / World (2010) H / Caracterización

Es importante resaltar que en este análisis no se incluyeron los escenarios de uso de las bolsas ni el de fin de vida, solo se incluyó la producción de las bolsas.

Para el escenario de fin de vida, se considera que las bolsas, especialmente la de plástico, se usan como bolsas de basura y como disposición final se envía a un relleno sanitario o a la incineración.

Para la producción de las bolsas, que fue la consideración de este análisis, la materia prima, el consumo de energía y el proceso de producción fueron los parámetros que se alimentaron a la simulación.

CONCLUSIONES

En la gráfica 1, se observa que el impacto de la producción de la bolsa de papel fue mayor en todas las categorías del modelo RECIPE 2016.

Dada la importancia del cambio climático y los compromisos que tiene el país con relación a esta problemática, resaltamos que el impacto como generación de Kg de CO₂ eq. la bolsa de papel contribuye 5.13 veces más que la bolsa de polietileno.

La siguiente tabla muestra la relación de los impactos entre la bolsa de Papel y la bolsa de polietileno de baja densidad en todas las categorías de impacto.

Tabla 2. Comparación de Impactos entre bolsas de Papel y Polietileno

Categoría de impacto	Relación de impactos Papel /PEBD
Global warming	5.127
Stratospheric ozone depletion	11.702
Ionizing radiation	5.6714
Ozone formation, Human health	8.556
Fine particulate matter formation	7.471
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	8.155
Terrestrial acidification	7.103
Freshwater eutrophication	38.069
Marine eutrophication	65.03
Terrestrial ecotoxicity	9.369
Freshwater ecotoxicity	7.202
Marine ecotoxicity	7.289
Human carcinogenic toxicity	10.979
Human non-carcinogenic toxicity	8.943
Land use	1018.598
Mineral resource scarcity	6.528
Fossil resource scarcity	2.181
Water consumption	29.5314

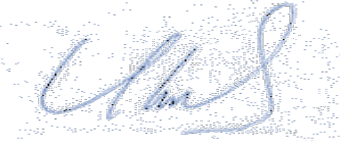
El impacto de la producción de las bolsas sobre los cuerpos de agua superficial y marina es 38 y 65 veces mayor el del papel sobre el polietileno.

Este estudio no incluye el escenario de fin de vida, sin embargo, es conocido que el problema ambiental del uso del plástico consiste en que los usuarios de las bolsas no las reúsan o reciclan, es conocido que si la bolsa de papel se recicla tres veces el impacto es inferior al del uso de las bolsas de polietileno y que este último requiere un reúso de 4 veces para reducir significativamente el impacto (BBC.com/mundo/noticias-50208501).

RECOMENDACIONES

Se recomienda que se proporcione esta información al Poder Legislativo Local y Federal, para que enriquezca la normatividad que ha promulgado con relación a las bolsas de plástico de un solo uso.

Asimismo, se sugiere que las autoridades educativas fortalezcan estos conceptos en la elaboración de materiales educativos sobre aspectos ambientales.



Dr. Alfonso Espitia Cabrera
UAM-Azcapotzalco

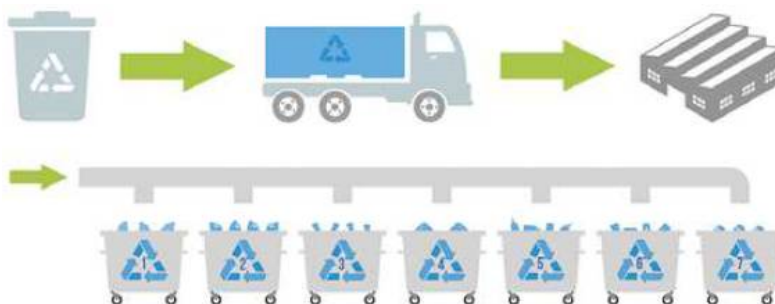


M. en C. Griselda González Cardoso
UAM-Azcapotzalco



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

RECICLAJE DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD, BAJA DENSIDAD Y LINEAL DE BAJA DENSIDAD



Responsable: Dra. Irma Cruz Gavilán García

Octubre 2023

Contenido

1. Antecedentes	3
2. Programas de reciclaje de plásticos en México, estadísticas de generación y reciclaje.....	4
3. Conceptos de reciclar y reusar.....	7
3.1. ¿Todos los plásticos son reciclables?.....	7
3.1.1. Commodities	8
3.1.2. Plásticos de ingeniería	8
3.2. Historia del reciclaje y evolución de la legislación que regula su manejo ..	8
4. Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Polietileno de Baja Densidad (PEBD y Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD)	10
4.1. Propiedades y diferencias entre el PEAD, PEABD y PELBD	11
4.2. Centros de reciclaje y acopio de plásticos en México	11
4.2.1. Nivel de Recuperación del PEAD (R4)	13
4.2.2. Nivel de Recuperación del PEBD	13
5. Proceso general de reciclaje de plásticos	14
5.1. Separación de plásticos.....	15
5.2. Clasificación de los procesos de reciclaje	16
5.2.1. Primario o re-extrusión.....	17
5.2.2. Secundario o mecánico.....	17
5.2.3. Terciario o químico.....	18
5.2.4. Cuaternario o recuperación energética.....	19
5.3. Proceso de reciclaje del Polietileno de Alta Densidad (PEAD), diagramas de flujo y descripción de las diferentes etapas	20
5.3.1. Comportamiento del PEAD en el mercado	23

5.4. Procesos de reciclaje del Polietileno de Baja Densidad (PEBD) y Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD)	24
5.4.1. Comportamiento en el mercado	25
5.5. Interferencia de contaminantes en el proceso de reciclado de PE.....	26
5.5.1. PET en PEAD	27
5.5.2. Celulosa en PEAD	28
5.6. Experiencias tecnológicas	29
6. Microplásticos y nanoplásticos.....	30
6.2. Tipos de microplásticos según su tamaño y fuente.....	31
6.2.1. Microplásticos.....	33
6.2.2. Nanoplásticos.....	34
6.2.3. Fuentes de microplásticos y nanoplásticos.....	34
6.3. Elementos contaminantes y efectos a la salud humana.....	36
6.3.1. Elementos contaminantes en microplásticos y nanoplásticos	36
6.3.2. Efectos de los microplásticos y nanoplásticos en la salud humana	37
6.4. ¿Cómo evitar la formación de micro y nanoplásticos y sus impactos?	38
7. Tecnologías patentadas	39
Referencias.....	48
ANEXO	53

Reciclaje de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) y Polietileno de Baja Densidad (PEBD)

1. Antecedentes

A nivel mundial, se ha producido un aumento exponencial en la cantidad de plásticos producidos para sus diversas aplicaciones industriales; en consecuencia, también hay un aumento igualmente astronómico en los desechos generados a partir de estos polímeros, se reporta que, se producen aproximadamente 300 millones de toneladas de residuos plásticos cada año. De todos los desechos plásticos que se han producido en nuestra historia, solo el 9 % se ha reciclado. La contaminación por plásticos es devastadora para los ecosistemas, debido a que su degradación es un proceso lento y con consecuencias nocivas para el medio ambiente y nuestra salud (INEGI, 2023).

Según Forbes, la Asociación Nacional de Industrias del Plástico A.C. (ANIPAC) asegura que a nivel mundial se producen 400 millones de toneladas de plástico al año y en México cerca de 7 millones de toneladas, de las cuales el 47% está dirigido a empaque, envase y embalaje; el 21% a consumo general; 12% al sector de la construcción; 7% al de electrónica; 6% a la automotriz; el 3% al agrícola; el 2% al médico y un 2% corresponde a otros” [_\(Forbes, 2021\)_](#).

De acuerdo con datos de SEDESOL del 2012, el 10.9% de los residuos sólidos urbanos (RSU) generados en México corresponden a los plásticos, entre los que se encuentran los plásticos de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) y Polietileno de Baja Densidad (PEBAD) [_\(ECOCE, 2015\)_](#).

Si bien se puede decir que, el impacto ambiental producido por la fabricación de plásticos es menor que el producido por otros materiales, debido a que su fabricación requiere menos recursos energéticos, lo cierto es que el reciclaje de estos aporta claras ventajas energéticas, de transporte, consumo de materias

primas y sobre todo en la disminución de la cantidad de residuos_(Lazzari & López-Quintela, 2005).

En las últimas décadas la presencia de plásticos en los residuos sólidos urbanos se ha incrementado de forma continua; se estima que alrededor del 50% de los plásticos que se producen se destina a aplicaciones de un solo uso, entre 20 y 25% se emplean en la construcción y el resto en la fabricación de otros productos, como electrónicos, muebles y vehículos. Los materiales plásticos con mayor presencia en los RSU son el polietileno (PE) y el Tereftalato de Polietileno (PET), debido a que representan la mayor proporción en los envases y embalajes. En México los plásticos constituyen el 12.88 % de los RSU. Su presencia contribuye de manera importante a la saturación de los rellenos sanitarios (Vázquez, *et al.*, 2016).

2. Programas de reciclaje de plásticos en México, estadísticas de generación y reciclaje

Hoy en día, existen una variedad de planes o programas integrales de reciclaje de plásticos que vinculan diferentes actores y sectores involucrados en la segregación y recuperación de plásticos durante el acopio, transporte, reciclaje comercialización y uso de productos reciclados (<https://www.gob.mx/semarnat#367>):

- Responsabilidad Ciudadana Respecto de la Emisión de Gases con Efecto de Invernadero (GEI) Asociada al Manejo de Residuos;
- Mejoremos Nuestra Huella Ecológica,
- Residuos, Desarrollo Humano, Huella Ecológica y Análisis de Ciclo de Vida
- Nuestro Futuro Colectivo: Construcción de una Agenda Ciudadana para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Acorde con estimaciones de la ANIPAC, en el 2019 se estimaba una producción de alrededor de 14.9 millones de toneladas de residuos sólidos con potencial de valorización, de los cuales 39 % corresponde a papel, cartón y similares; 30.7 %, a

plásticos; y 16.6 %, a vidrio; y el nivel de reciclaje era del orden de 56 % del papel y cartón desechado, 50 % en plásticos, y 12 % del vidrio ([Sandolval-García, Ramos & Correa, 2023](#)).

Durante el 2021, la ANIPAC informo que el consumo aparente de resinas en México fue de 6.9 millones de toneladas en el 2020; de estas, el polipropileno (PP) represento 18 % y el PEAD, 17.34 % (1 millón 202 mil toneladas), siendo la producción de resinas con material reciclado del orden de 4.5 millones de toneladas, donde el PET significo 31.34 % y el PEAD, 17.8 % (793 mil toneladas). Respecto a la producción de resinas sin material reciclado (virgen), esta fue de 3.4 millones de toneladas, donde el PET represento 28.5 %; el PEAD, 17 % (580 mil toneladas); y el PP, 13.2 % [_\(Forbes, 2021\)](#).

De acuerdo con datos recopilados por [ECOCE](#) en su plan de manejo del 2015 para la gestión integral de envases post consumo de diferentes tipos de plásticos (PEAD, PVC, PEBD, PEBDL, PP, PS), las cantidades de PEAD, PEBD y PELBD destinadas a envases y su porcentaje acopiado respecto al consumo nacional aparente (CNA) se representan en la tabla 1 del total de los diferentes plásticos estudiados:

Tabla 1. Consumo Nacional Aparente y porcentaje acopiado de plásticos de polietileno en México para 2015.

Miles de Toneladas	PEAD	PEBD	PELBD	Total de plásticos*	%
CNA de resina promedio	820	574	412	4,742*	100%
CNA envases y embalaje	363	254	183	2,233	47%
Residuos acopiados	182	16	146	837	18%
% Residuos acopiados	22%	3%	35%	18%	
% Residuos acopiados respecto al CNA de envases y embalaje	50%	6%	80%		

*Total de plásticos estudiados considerando PEAD, PEBD, PELBD, PP, PS, PVC.

Fuente: Modificado de [ECOCE \(2015\)](#) utilizando datos del PEAD, PEBD y PELBD.

En 2011, se estimó que se reciclaba el 11% (465 Mton) de los residuos plásticos post-consumo, y que un 2% (85 Mton) se destinó a la recuperación de energía. Para 2012, INEGI reportó que existían en México aproximadamente 41,115 centros de acopio para plásticos en general, distribuidos en 195 municipios y delegaciones. Los residuos recuperados permitieron, en 2009, sustituir el 20% de la materia prima virgen en la fabricación de productos de *polietileno* ([Conde, 2012](#); [INEGI, 2013](#)).

La tabla 2 muestra el consumo aparente en México registrado en el 2011 segmentado por tipo de plástico:

Tabla 2. Consumo aparente en México segmentado por tipo de plástico en 2011.

Tipo de plástico	Consumo aparente (Ton/año)
Polipropileno (PP)	1, 102, 000
Polietileno de Alta densidad (PEAD)	836, 000
Polietileno de Baja Densidad (PEBD)	545, 000
Polietileno de Baja Densidad Lineal (PEBDL)	455, 000
Polietilén Tereftalato (PET)	555, 000
Policloruro de Vinilo (PVC)	442, 200
Poliestireno (PS)	356, 000
Copolímeros de estireno (COP. PS)	236, 000
UP	118, 000
PUR	257, 700
Técnicos	348, 000
Total	5, 300, 000

Fuente: [_\(Conde Ortiz, 2012\)_](#)

De acuerdo con el consumo aparente segmentado por tipo de plástico para el año 2011, el polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno de baja densidad (PEBD) y polietileno de baja densidad lineal (PEBDL) tienen diferentes comportamientos en términos de importación, producción y exportación desde el año 2006.

3. Conceptos de reciclar y reusar

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), el término *reciclar* se refiere a la transformación de los residuos o materiales a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos. Por otro lado, *reusar o reutilizar* se refiere a el empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación [_\(DOF, 2018\)_](#).

Es importante reconocer la diferencia entre estos términos, pues uno hace referencia a una transformación y ahorro, sea energética o de materia prima, mientras que el otro término se refiere a una segunda utilización o un nuevo uso diferente al original con un limitado rango de aplicaciones y sin ningún tipo de transformación del material [_\(Perugini, Mastellone, & Arena, 2005\)_](#).

3.1. ¿Todos los plásticos son reciclables?

No todos los plásticos son aptos para un proceso de reciclaje, los aditivos químicos añadidos a para la manufactura de polímeros plásticos, los plásticos hechos de materiales mezclados y los envases contaminados con residuos de alimentos hacen que el proceso de reciclaje sea complejo y costoso [_\(INEGI, 2023\)_](#).

Los plásticos pueden clasificarse en termoplásticos, termofijos y elastómeros, según sea su estructura y su comportamiento al exponerse al calor. Los termoplásticos, al estar compuestos por cadenas lineales y ramificadas, se funden al ser sometidos al calor y pueden adoptar nuevas formas. Esta propiedad es fundamental para el reciclaje, pues permite recuperar el material para volver a ser utilizado mediante procesos físicos simples. Dado que aproximadamente el 80% de los plásticos que se producen son termoplásticos podría afirmarse que este porcentaje aplica para el reciclaje [\(Vázquez, et al., 2016; SEMARNAT e INECC, 2020\)](#).

Los termoplásticos también se pueden clasificar en dos grupos de acuerdo con su costo, vida útil y su composición en los materiales. Estos pueden ser *Commodities* o Plásticos de ingeniería ([Vázquez, et al., 2016](#); [SEMARNAT e INECC, 2020](#)):

3.1.1. Commodities

Son plásticos de bajo costo que se producen en grandes volúmenes, por lo que son ampliamente empleados en aplicaciones de vida útil corta. Aquí se encuentran los polietilenos (PE), polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC), poliestireno (PS), tereftalato de polietileno (PET) y sus copolímeros, los cuales constituye la proporción principal de los plásticos reciclados ([Vázquez, et al., 2020](#)).

3.1.2. Plásticos de ingeniería

Tienen mejores propiedades mecánicas, resistencia al calor y al impacto. Su costo puede ser entre 2 y 20 veces el de los *commodities*, por lo que se usan generalmente en aplicaciones de mayor vida útil, que se ha estimado en al menos 3 años. Su reciclaje es complejo, pues comúnmente se encuentran integrados con otros materiales, por lo que requieren varias etapas previas de separación ([Vázquez, et al., 2016](#)).

3.2. Historia del reciclaje y evolución de la legislación que regula su manejo

En 1988 la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI) desarrollo el Código de Identificación de Resinas para facilitar el reciclaje y en otros países ha sido adoptado con algunas modificaciones, además en Europa recomiendan su uso [_\(SEMARNAT e INECC, 2020\)](#). En la figura 1 se muestran las 7 categorías [_\(Gestores de Residuos, 2020\)](#).



Figura 1. Código Identificación de Resinas, SPI. Fuente: [\(GREENPEACE, 2019\)](#).

Con la llegada de la revolución Industrial, la producción en masa detonó en el embalaje de toda clase de productos nuevos un problema colateral. La historia del reciclaje se desarrolla a lo largo de la innovación y comercialización del plástico, sin embargo, su implementación y aplicación comienza con la participación de las primeras instituciones que querían un mejor control de la producción del plástico.

En 1988, con la promulgación de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su reforma en 1996, se buscaba preservar el medio ambiente y el aprovechamiento sustentable. En 2001, la SEMARNAT lidera la Cruzada por un México limpio, un movimiento creado para fomentar la minimización, recolección, transporte, tratamiento, disposición y reciclaje de los residuos sólidos en todo el país. Con la publicación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en 2003 y en 2011 la Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011 que establece los criterios de clasificación de los residuos de manejo especial, se buscaba tener un plan de manejo a nivel nacional de los residuos plásticos post consumo. En 2016, SEDEMA establece el Registro y Autorización para el Manejo Integral de los Residuos (RAMIR), con el fin de regular establecimientos cuya actividad se relacione con el manejo de residuos para su aprovechamiento y valorización, en este plan ECOCE incluye otros materiales: PEAD, PEBD, polipropileno, aluminio, hojalata de acero, cartón laminado [\(GREENPEACE, 2019\)](#).

La LGPGIR regula la generación y manejo integral de residuos peligrosos, sin embargo, también establece las bases para el manejo de residuos urbanos y de manejo especial donde se encuentran enlistados los residuos plásticos. A través

de la NOM-161-SEMARNAT-2011 establece el manejo de estos residuos plásticos y la formulación de los planes de manejo a los que están sujetos ([DOF, 2018](#); [DOF, 2013](#)).

4. Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Polietileno de Baja Densidad (PEBD y Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD)

El polietileno es elaborado a partir del etileno, el cual es un derivado del petróleo. El etileno se somete a un proceso de polimerización, realizado en presencia de un catalizador, para obtener el producto final en forma de gránulos, denominados pellets.

El PEAD es conocido comúnmente como *soplado o polietileno de baja presión*, tiene un grado de ramificación bajo, entre 1 y 10 ramas por cada 1000 átomos de carbono. Son ramificaciones con cadenas cortas. Lo que le aporta una mayor densidad, mayor resistencia y mejor dureza y es utilizado en envases de detergentes, leche, aceites para motor, tanques, recubrimiento de cables y conos de señalización. Después de un proceso de reciclaje, se utiliza para elaborar macetas, contenedores de basura y botellas de detergente. Por su parte, el PEBD es conocido como *película o polietileno de alta presión* debido a que su obtención proviene de la polimerización de radicales libres de alta presión, tiene un grado de ramificación elevado, entre 20 y 40 ramas por cada 1000 átomos de carbono. Son ramificaciones de cadena corta y/o larga, y es usado para la fabricación de bolsas de basura, laminas adhesivas y contenedores, bolsas de supermercado y de pan, y plástico para envolver. Puede ser reciclado como bolsas de supermercado nuevamente ([SEMARNAT e INECC, 2020](#); [Gómez, 2017](#)).

Por otro lado, el PELBD es un polietileno lineal de baja densidad y es estructuralmente diferente al PEBD por que no contiene ramificaciones de cadena larga. Su linealidad depende de los procesamientos de producción entre estos dos.

La distribución del peso molecular del PELBD producido por copolimerización puede ser más estrecha que la del PEBD y con diferentes propiedades reológicas.

4.1. Propiedades y diferencias entre el PEAD, PEABD y PELBD

Los tres materiales plásticos difieren en propiedades debido a su procesamiento y estructura como ya se mencionó, estas diferencias van desde la flexibilidad, durabilidad, opacidad, color, olor, resistencia, apariencia e incluso en la forma de inflamarse durante su combustión. La tabla 3 presenta algunas diferencias existentes entre las propiedades del PEAD, el PEBD, PELBD:

Tabla 3. Diferencias existentes entre las propiedades del PEAD, PEBD y PELBD.

Propiedades	PEAD	PEBD	PELBD
Apariencia	Polvo granulado	Suave	Polvo granulado
Opacidad	Opaco; con un grado de translucidez en película	Transparencia promedio	Menor transparencia y brillo que el PEBD
Color	Blanco lechoso	Blanco	Transparente y diferentes colores
Olor	-----	Parafina	-----
Combustión	Entre 290 y 350 °C puede liberar butileno	Amarillo y azul al arder, sin humo	Inerte ante reacciones químicas pero puede arder
Resistencia a tracción	24 – 31 MPa	7 – 14 MPa	30 MPa
T funcionamiento	<100 °C	<120 °C	<50 °C
T fusión	135 °C	100 – 115 °C	100 – 125 °C
Dureza	41 - 45	60 - 70	-----

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Centros de reciclaje y acopio de plásticos en México

Los centros de reciclaje en México ofrecen la posibilidad de dar valor agregado a los diferentes subproductos, en este caso al clasificarlos y separarlos en sus diferentes composiciones e incorporarlos a su proceso. De acuerdo con [GREENPEACE \(2019\)](#), la SEMARNAT reportó en 2010 la existencia de 1,466

centros de acopio registrados, entre estos se encuentran muchos no regulados, mientras que la INEGI, en su Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2016, reportó la existencia de 1,060 centros de acopio en el país, de los cuales 887 se encuentran en Ciudad de México y San Luis Potosí. Actualmente el RAMIR tiene registro de 113 empresas resgitradas dedicadas al manejo de los RSU y de manejo especial. Así mismo, la ANIPAC en su directorio de asociados registra varias empresas dedicadas al acopio y reciclaje de materiales plásticos ([Ver Anexo](#)).

En su publicación de 2019, Greenpeace estableció una metodología para clasificar el nivel de recuperación de residuos valorizables, considerando su facilidad de almacenaje, manejo, acondicionamiento y, sobre todo, mercado para el subproducto.

Para los residuos de polietileno se encontró que tienen el siguiente nivel de recuperación según los criterios mencionados para su reciclaje (tabla 4):

Tabla 4. Nivel de recuperación de los residuos plásticos de polietileno.

Producto	Subproducto	Nivel de recuperación	Criterio
Plásticos	Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	R4	No todo se recupera porque requiere cierto acondicionamiento
	Polietileno de Baja Densidad (PEBD)	R2	Se recupera en lugares específicos por el acondicionamiento requerido para su comercialización que solo algunas instalaciones pueden proporcionar como son las plantas de selección

Fuente: Modificado de [GREENPEACE \(2019\)](#).

4.2.1. Nivel de Recuperación del PEAD (R4)

El polietileno de alta densidad, aunque tiene buen precio de venta, \$5.00 por kg, el almacenamiento y acondicionamiento es costoso, ya que debe ser triturado por tipo y color. Actualmente, existe la posibilidad de reciclar polietileno de alta densidad, sin embargo, se debe hacer la separación por el proceso con el que se fabricó la pieza (inyección, extrusión, etc.), por el tipo de producto, por el color y en la selección se debe retirar todo aquello que se considere un contaminante del material ([GREENPEACE, 2019](#)).

4.2.2. Nivel de Recuperación del PEBD

El polietileno de baja densidad tiene buen precio de venta, \$5.00 por kg, siempre y cuando se entregue triturado y aglomerado, esto representa condiciones que pocos recicladores pueden hacer, ya que la inversión que representa es alta. El PEBD tiene que ser almacenado, triturado y aglomerado para poder entregarse a la venta, condiciones que solo recicladores grandes con espacios disponibles y con recursos suficientes para poder almacenar grandes cantidades para que puedan obtener un valor, por lo que las instalaciones como las plantas de selección pueden tener estas condiciones y niveles de recuperación ([GREENPEACE, 2019](#)).

En México existen 345 centros de acopio que reciben PEAD, mientras que para polietileno de baja densidad en la RAMIR hay registrados 213 centros de acopio (figura 2):

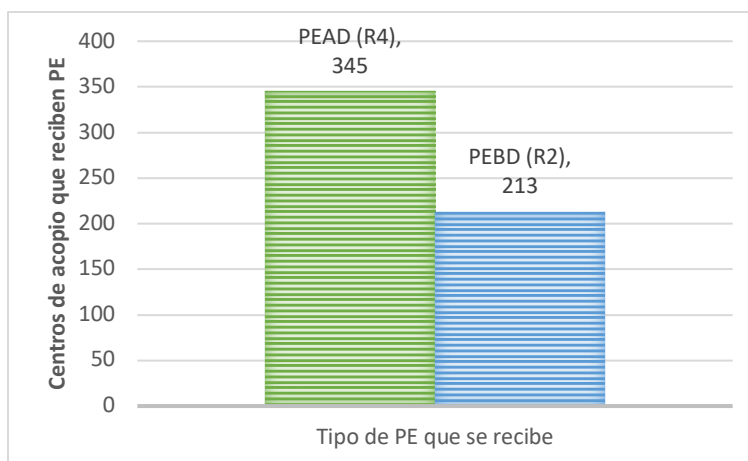


Figura 2. Centros de acopio que reciben PE en México. **Fuente:** Elaboración propia a partir de [GREENPEACE \(2019\)](#).

La investigación realizada por la [ECOCE](#), en su plan de manejo de residuos post-consumo del 2015, también incluye un registro de las organizaciones dedicadas al reciclaje y al acopio de residuos sólidos urbanos en México. En la tabla 5 se presentan las organizaciones dedicadas únicamente al reciclaje y acopio de plásticos de polietileno de alta densidad, de baja densidad y de baja densidad lineal:

Tabla 5. Distribución regional de centros dedicados al reciclaje y acopio de residuos plásticos de PE en México hasta el 2015.

Tipo de residuo	Región						Total
	Noroeste	Noreste	Occidente	Centro	Sur	Sureste	
PEAD	1	12	18	20	3	2	56
PEBD	2	13	12	15	1	1	44
PEBDL	0	0	0	1	0	0	1

Fuente: Modificada de [ECOCE \(2015\)](#).

De acuerdo con este estudio, el porcentaje de recuperación del PEAD mediante los programas de ECOCE respecto al Consumo Nacional Aparente es del 50%.

5. Proceso general de reciclaje de plásticos

El proceso de reciclaje es una estrategia de manejo que, si bien permite reducir los impactos ambientales asociados a estos materiales debe realizarse un estudio del tipo de reciclaje más conveniente. Existe un proceso general para el reciclaje de plásticos, sin embargo, las fases del proceso y/o el tipo de reciclaje dependerá de cada material plástico que se quiere reciclar (figura 3).

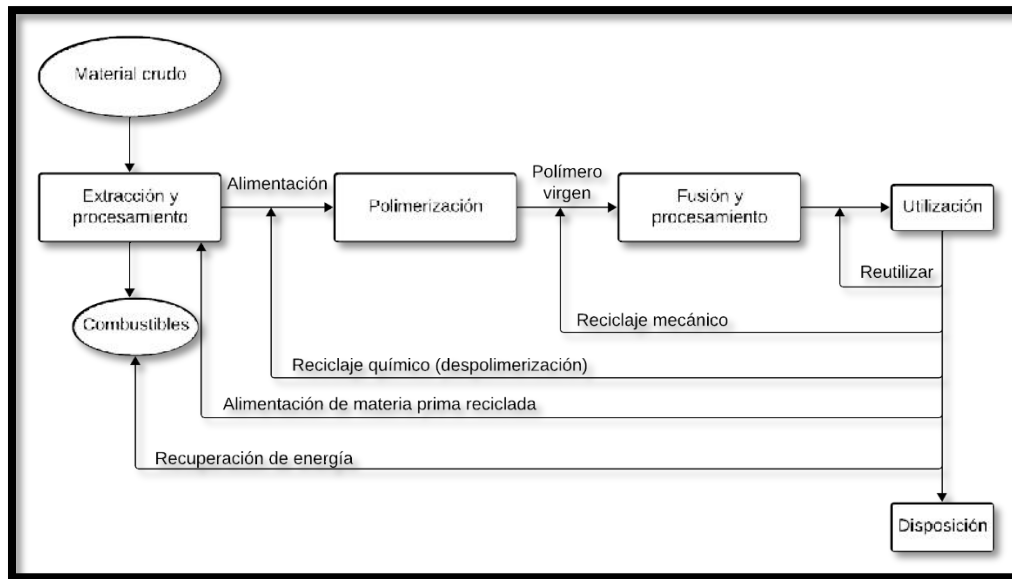


Figura 3. Proceso general de reciclaje de plásticos. Fuente: [_\(Perugini, Mastellone, & Arena, 2005\)_](#)

5.1. Separación de plásticos

La forma más fácil y eficiente de separación de los plásticos es, segregar en la fuente, es decir, directamente por el generador. De esta forma se evita que los plásticos se mezclen y se contaminen con otros materiales, facilitando el proceso posterior de reciclaje.

Cuando los plásticos se colectan ya mezclados entre sí, con otro tipo de materiales reciclables o con el resto de los residuos, es necesario llevarlos a una planta de separación, cuyo diseño depende del tipo y cantidad de residuos que se reciben. Mientras más mezclados se encuentren los residuos, mayor será el costo y la

complejidad de la instalación. Desde el punto de vista económico, estas plantas son atractivas sólo si permiten recuperar grandes volúmenes de materiales reciclables (Al-Salem, Lettieri, & Baeyens, 2009).

En el proceso de separación se eliminan polvos en un cilindro rotatorio (*trommel*) o criba, los metales por medios magnéticos y el papel, dada su ligereza, empleando aire. Una vez que se tiene una mezcla formada sólo por plásticos, estos pueden separarse por distintos métodos como se ve en la figura 4 (Al-Salem, Lettieri, & Baeyens, 2009; Vázquez *et al.*, 2016):

- Separación manual: Realizada por personal entrenado con una alta eficiencia,
- Separación por densidad: Aprovecha la diferencia de densidad de los plásticos, utilizando un tanque que contenga un líquido con una densidad específica. Las poliolefinas (PE, PP) flotan en agua, mientras que el PVC y el PET (figura 4).
- Separación óptica: Aprovecha las estructuras químicas de los materiales, utilizando sistemas que combinan la emisión de una señal que llega a los plásticos, un conjunto de sensores que registra la respuesta de estos y emite una señal a un control que separa los plásticos por inyecciones de aire.

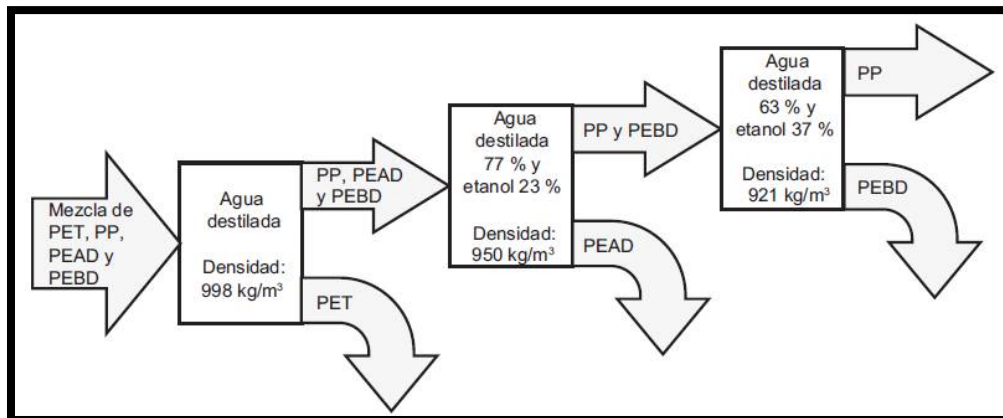


Figura 4. Separación de plásticos por densidad o flotación. Fuente: (Ojeda & Mercante, 2021).

5.2. Clasificación de los procesos de reciclaje

En función de la fuente de generación de los materiales residuales, los residuos plásticos pueden clasificarse en *post-industriales* (o pre-consumo) cuando se generan en las plantas industriales derivados de los procesos de producción o de envase y embalaje, o *post-consumo*, cuando son desechados directamente por los usuarios. También pueden clasificarse con base en los productos que se generan a partir de los materiales que se reciclan, los cuales son denominados, *downcycling* cuando se generan artículos con un valor agregado menor que el de los productos originales, o *upcycling* para los productos que poseen igual o mayor calidad.

A continuación, se describen los procesos más utilizados para reciclar los plásticos ([Arandes, Bilbao, & López Valerio, 2004](#); [Gómez García, 2017](#); [Vázquez, et al., 2016](#); [Briassoulis, Hiskakis, & Babou, 2013](#)):

5.2.1. Primario o re-extrusión

También conocido como reciclaje in situ, de ciclo cerrado o re-procesamiento. Se realiza al reintroducir los residuos, recortes y rebabas (de origen post-industrial), que se generan durante la producción, al proceso de extrusión que se lleva a cabo en el mismo, con el fin de fabricar productos de material similar. Aunque el proceso es simple, para aplicarlo es importante realizar pruebas que permitan definir la proporción adecuada de reciclados, de forma que no se afecten las propiedades del producto final.

5.2.2. Secundario o mecánico

Son procesos físicos de reciclaje, es decir, aquellos en los que no se modifica la estructura química o la composición de los plásticos a partir de residuos post-industriales o post-consumo, que mediante tratamientos térmicos son transformados nuevamente en pellets, perfiles o madera plástica. Generalmente incluyen procesos de corte o molienda, limpieza, extrusión, enfriamiento y almacenaje hasta su posterior comercialización (figura 5).

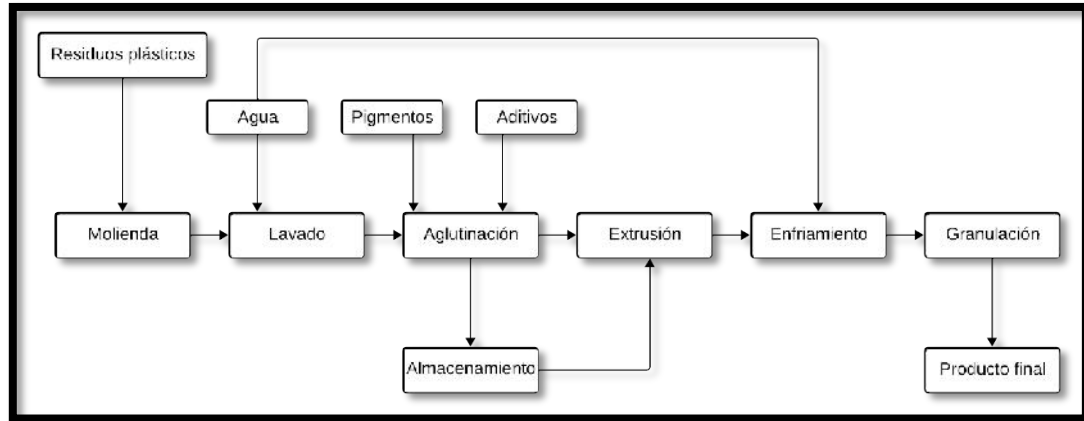


Figura 5. Pasos del proceso de reciclaje mecánico. Fuente: [Perugini, Mastellone, & Arena \(2005\)](#); [Aznar, Caballero, Sancho, & Francés \(2006\)](#).

5.2.3. Terciario o químico.

También se le conoce como despolimerización, que se realiza mediante procesos térmicos en los que se suministra calor a los plásticos y mediante el control en la cantidad de oxígeno y el uso de catalizadores, se logra la fragmentación de las moléculas. Los procesos terciarios más conocidos son procesos de termólisis como la pirólisis, la gasificación, la hidrogenación y el cracking catalítico, que dan como resultado la obtención de un gas con una alta capacidad calorífica, de una fase líquida más pesada y de un residuo sólido (figura 6). Este reciclaje permite tratar plásticos contaminados y mezclados, sin necesidad de un pretratamiento complejo, así como la posibilidad de obtener productos de alto valor agregado.

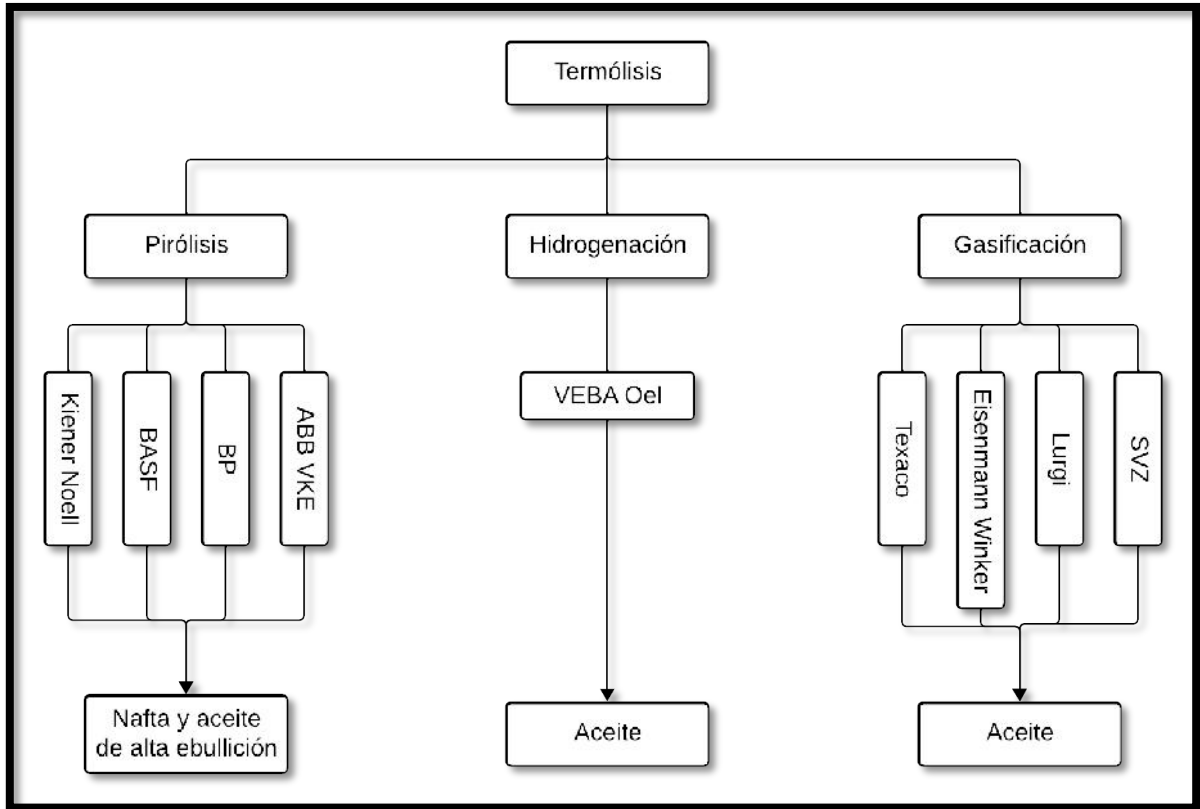


Figura 6. Diferentes esquemas del proceso de reciclaje químico o terciario por termólisis. Fuente: [\(Al-Salem, Lettieri, & Baeyens, 2009\)](#).

5.2.4. Cuaternario o recuperación energética.

Conocido como valorización energética, recupera de forma directa la capacidad calorífica de los residuos plásticos. Los polímeros de los plásticos están compuestos principalmente por carbono e hidrógeno (las poliolefinas principalmente, tabla 6). Estos liberan mucha energía cuando reaccionan con el oxígeno durante la combustión, comparables en algunos casos con otros derivados del petróleo.

Tabla 6. Capacidad calorífica de las poliolefinas.

MJ/kg	42	43	45	46	41
Poliolefina	Petróleo	Gasóleo	Polietileno	Polipropileno	Poliestireno

Existen diversas propuestas en su mayoría destinadas al reciclaje del PET, que a pesar de ser efectivas excluyen a plásticos como el PEAD y PEBD por su fórmula molecular.

5.3. Proceso de reciclaje del Polietileno de Alta Densidad (PEAD), diagramas de flujo y descripción de las diferentes etapas

El reciclaje de plásticos puede ser físico, químico, térmico y en último caso disposición final en un relleno sanitario. La práctica de cualquier tipo de estos depende del resultado de un estudio de Ecobalance (Análisis del Ciclo de Vida de un Producto), que permita determinar qué tipo de reciclaje es el más adecuado medio ambiental.

Para el PEAD, el proceso químico no se recomienda, debido a sus desventajas económicas y medioambientales. Es mucho mejor opción el *reciclaje mecánico y térmico* [_\(Roymaplast, 2023\)](#).

- **Reciclaje mecánico:**

El reciclaje mecánico del PEAD consiste en la recepción y almacenaje de los materiales, selección del plástico o identificación, triturado del mismo a modo que el producto quede en forma de gránulos, para poder incorporarlo de nuevo a la cadena productiva, cerrando el círculo de producción limpia. Se recomienda un lavado del material previo a la selección del plástico con el objeto de eliminar impurezas que puedan afectar de sobremanera las propiedades del PEAD.

La etapa más importante para el reciclaje es la selección del material, así como, la recolección y separación. Este tipo de reciclaje no es destructivo, como caso del reciclaje térmico y debe realizarse cuando el PEAD se encuentra relativamente libre de contaminantes.

- **Reciclaje térmico**

Es un método destructivo que consiste en la combustión del plástico, generando gases, cenizas y escorias. Esto con el objeto de obtener energía, ya que los plásticos son compuestos con un alto poder calorífico. Es preciso realizar estudios de ecobalance, para determinar si este tipo de reciclaje es favorable. Destacando que, es necesario mantener un estricto control de las emisiones de gases contaminantes perjudiciales para la salud.

Existen algunas alternativas para el reciclaje del PEAD como el caso de Ninoslav Pesic, el cual en Reino Unido reforzó las propiedades mecánicas del hormigón con fibras de plástico PEAD, en India se evaluó el comportamiento de tracción y compuestos de matriz de PEAD reciclado virgen de fibra de cáñamo y fue elaborado por Sukhdeep Singh y un método mexicano propuesto para el reciclaje del PEAD sometido a una solvólisis parcial esto para mejorar las propiedades físicas del material ([Pesic, Zivanovic, Reyes García, & Papaster, 2016](#); [Sukhdeep, Dharmpal, Lakshya, & Gupta, 2014](#); [Roben, 2003](#); [Escudero González & Sánchez Cadena, 2017](#)).

Algunos estudios de reciclado de PEAD documentados se presentan a continuación (tabla 7):

Tabla 7. Procesos aplicados durante el proceso de reciclaje de PEAD en diferentes investigaciones.

Investigación	Tipo de PE	Clasificación	Proceso					ΔT
			Trituración	Lavado	Secado	Aditivación	Peletizado	
Rodríguez, Pérez & Velázquez, 2015	PEAD virgen y reciclado (0, 20 y 100 %)	X	X	X	X	X	X	
Ojeda & Mercante, 2021	PEAD 4% y PEBD 1%	X	X					
	PEAD 52% y PEBD 13%).	X	X					
Escudero González & Sánchez Cadena, 2017	PEAD	X	X	X	X			X

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de las investigaciones.

El procedimiento de reciclado de PEAD de [Rodríguez, Pérez y Velázquez \(2015\)](#) demostró que la adición del 20 % de material virgen permite incrementar las propiedades mecánicas del polietileno reciclado, pero para conseguir equipararlas a las de su resina virgen, además, es necesario controlar las condiciones de transformación de forma estricta.

[Perugini, Mastellone y Arena \(2005\)](#) publicaron una evaluación del ciclo de vida del reciclado mecánico de residuos plásticos. El análisis ambiental abarca un amplio conjunto de empresas italianas dedicadas a la mecánica de reciclaje de plástico que han comparado con otras alternativas de tratamiento de residuos como el vertido simple, la *incineración, pirólisis a baja temperatura e hidrogenación a alta presión*.

La figura 7, muestra las etapas del reciclado mecánico de plástico PEAD negro mediante la extrusión o soplado desde las plantas de transformación del termoplástico hasta la planta de reciclaje:

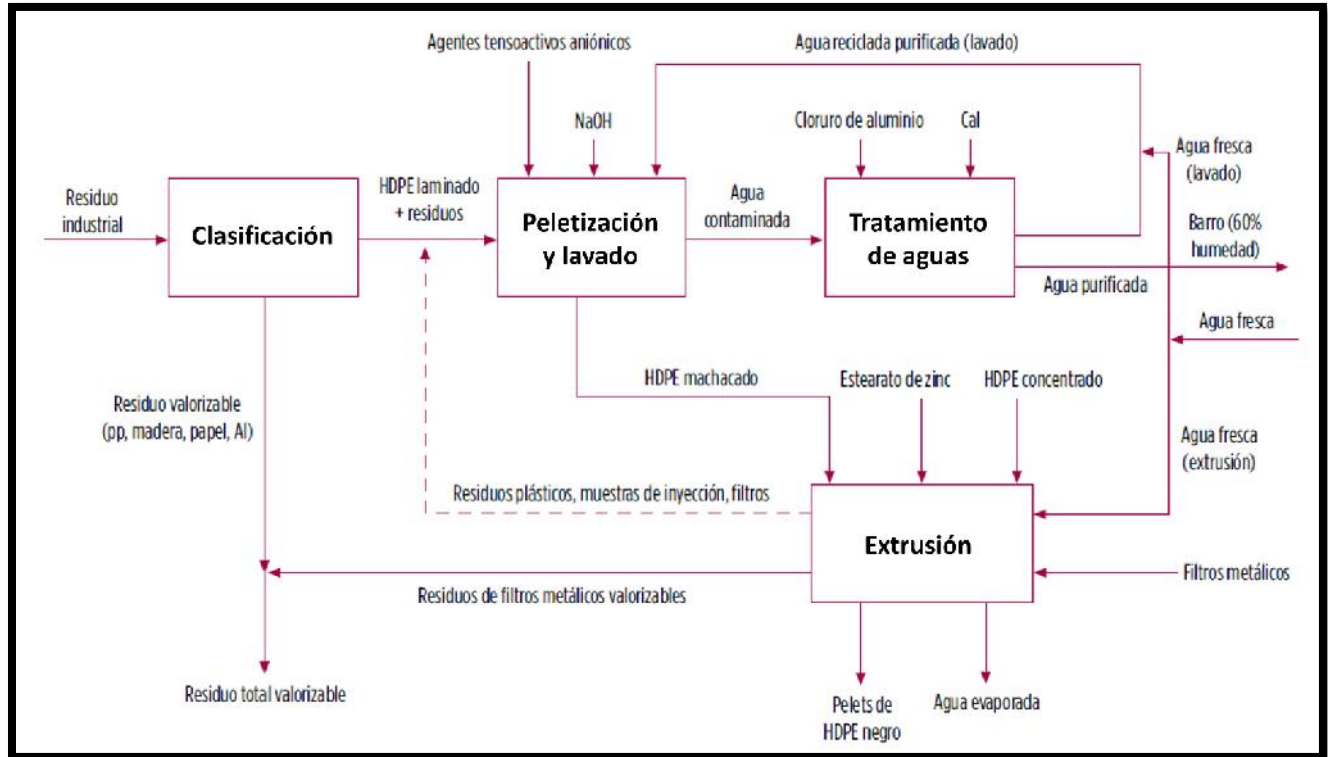


Figura 7. Proceso de reciclaje del PEAD negro.

Fuente: (Garraín, Vidal, Franco, & Martínez, 2008)

5.3.1. Comportamiento del PEAD en el mercado

De acuerdo con el consumo aparente segmentado por tipo de plástico para el año 2011, el polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno de baja densidad (PEBD) y polietileno de baja densidad lineal (PEBDL) tienen diferentes comportamientos en términos de importación, producción y exportación desde el año 2006.

En el caso del polietileno de alta densidad (PEAD), la oferta local fue escasa, la oferta extranjera débil, hubo incremento en la capacidad de producción y el consumo aparente (figura 8):

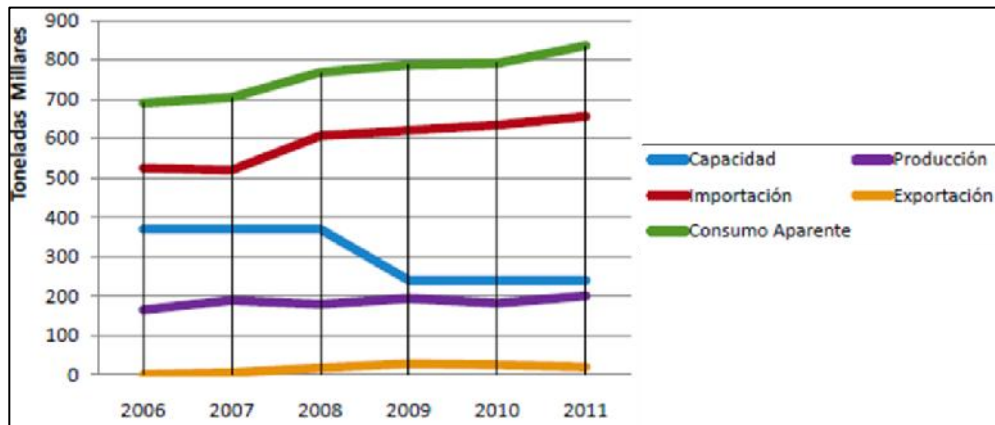


Figura 8. Comportamiento del PEAD en el mercado del 2006 al 2011.

Fuente: [\(Conde Ortiz, 2012\).](#)

5.4. Procesos de reciclaje del Polietileno de Baja Densidad (PEBD) y Polietileno Lineal de Baja Densidad (PELBD)

[Ohemeng y Ekolu \(2019\)](#) produjeron un agregado fino de polietileno de baja densidad (PEBD) para reemplazar arena hasta en un 60 % en volumen. Utilizaron un módulo de fineza similar al de los agregados naturales. Analizaron la densidad y explicaron el proceso de fabricación de los agregados de plástico.

[Ojeda y Mercante \(2021\)](#), realizaron procesos de reciclaje con plásticos diversos en diferentes proporciones y muestras. Las muestras que contenían PEBD o PEAD en alguna proporción fueron la muestra D (PEAD 4% y PEBD 1%), la E (PEBD 75%) y la H (PEAD 52% y PEBD 13%).

El estudio de [González \(2015\)](#) demostró que la rigidez del material compuesto de madera y PEBD aumenta con la adición de porcentajes de hasta 20% de fibras de madera. Por encima de este porcentaje la resistencia y la rigidez comienzan a disminuir.

En la tabla 8 se presentan los procesos que se aplicaron durante el reciclaje de los plásticos:

Tabla 8. Procesos aplicados durante el proceso de reciclaje en diferentes investigaciones

Investigación	Tipo de PE	Proceso						
		Clasificación	Corte, guillotinado o asertado	Trituración	Lavado	ΔT	Extrusión	Tamizado
Ohemeng & Ekolu, 2019	PEBD	X	X	X	X	X		X
Ojeda & Mercante, 2021	PEAD 4% y PEBD 1%	X		X				
	PEBD 75%	X		X				
	PEAD 52% y PEBD 13%.	X		X				
González Mancilla, 2015	PEBD con aserrín (100, 90, 80 y 70%)	X	X	X	X	X	X	

Fuente: Elaboración propia a partir de las investigaciones.

5.4.1. Comportamiento en el mercado

Para el comportamiento del polietileno de baja densidad (PEBD) podemos apreciar en la figura 9 que hubo oferta local escasa, oferta extranjera débil, incremento en la producción, un consumo aparente inconsistente y un aumento en la oferta.

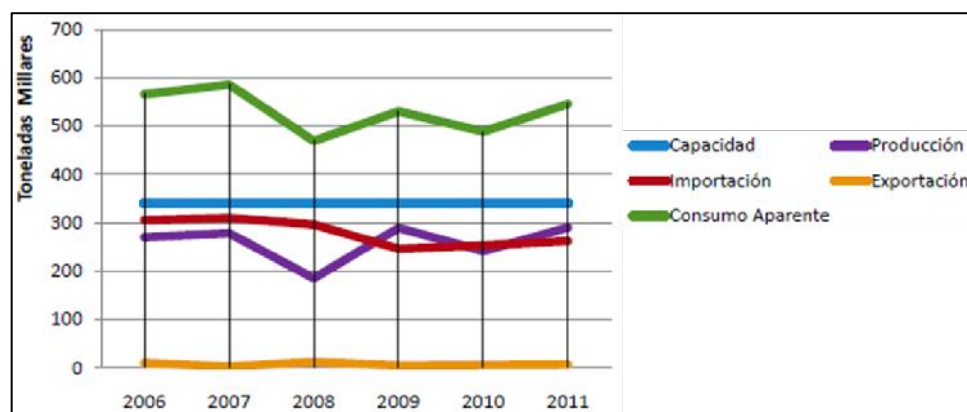


Figura 9. Comportamiento del PEBD en el mercado del 2006 al 2011.

Fuente: [_\(Conde Ortiz, 2012\)_](#)

Por otro lado, el comportamiento del polietileno lineal de baja densidad (PELBD) se percibe con una oferta local insuficiente, una disponibilidad extranjera adecuada, hubo incremento en la capacidad de transformación y el consumo aparente aumentó (figura 10):

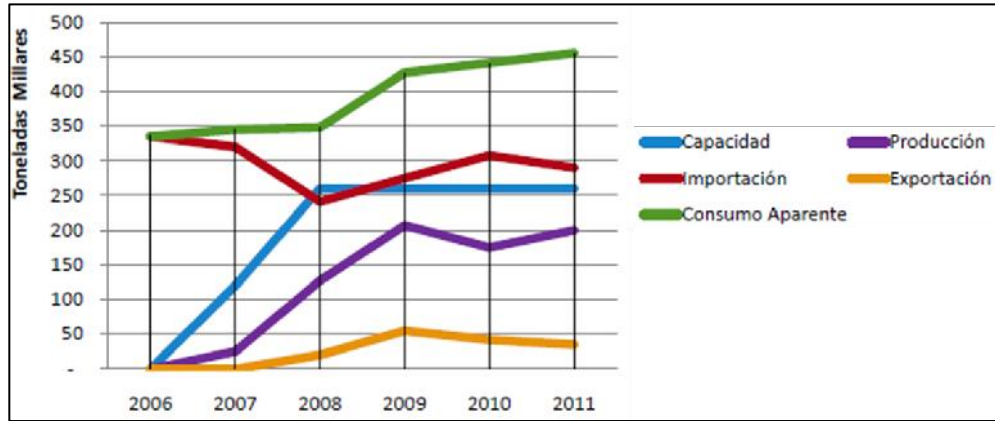


Figura 10. Comportamiento del PELBD en el mercado del 2006 al 2011.

Fuente: [_\(Conde Ortiz, 2012\).](#)

5.5. Interferencia de contaminantes en el proceso de reciclado de PE

La calidad de los plásticos reciclados y los productos obtenidos a partir de estos materiales reciclados dependerá, en gran medida, de la presencia de cuerpos extraños y de la contaminación en estos, por esto es importante la separación y selección de materiales que se tienen por intención reciclar. La tabla 9, muestra un listado de contaminantes comunes en los polímeros de polietileno usados en productos comerciales:

Tabla 9. Contaminantes comunes presentes en el polietileno.

Polietileno (PE)	Origen	Contaminantes
Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	Envases para leche y alimentos	Polipropileno (PP), residuos lácteos, colorantes, pegamentos
Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	Envases para líquidos	Papel, pegamentos, detergentes, leía, gasolina
Polietileno de Baja Densidad (PEBD)	Plásticos agrícolas	Tierra, insecticidas, Níquel, productos de oxidación
Polietileno de Baja Densidad (PEBD)	Bolsas	Pape, tinta, residuos alimentarios
Polietileno de Baja Densidad (PEBD)	Películas multicapa	EVOH (copolímero de etileno-vinil alcohol) y poliamidas

Fuente: Modificado de [Lazzari & López-Quintela \(2005\)](#)

Existen métodos de separación de contaminantes que ayudan a la eliminación de impurezas como lo son la densidad diferencial y la solubilidad en disolventes, aunque este último tiene dificultades en procesos industriales y repercusiones ambientales. Los contaminantes más comunes en el polietileno son [\(Lazzari & López-Quintela, 2005\)](#):

5.5.1. PET en PEAD

Para la producción de envases para líquidos alimentarios se utiliza el PEAD, y es común encontrar en los contenedores de recolección los envases de PET y PEAD mezclados presentando un problema por la incompatibilidad entre estos en los procesos de fusión y solidificación del reciclaje, resultando en zonas mecánicamente débiles. El punto de fusión del PET y el PEAD son diferentes, por lo que el PET permanece sólido al fundirse el PEAD por lo que puede ser un problema para el proceso en los equipos de inyección o transporte de más fundida.

5.5.2. Celulosa en PEAD

Las etiquetas de papel en envases de PEAD pueden representar un problema si no son eliminadas completamente durante el lavado, ya que estos residuales de celulosa no se integran al material fundido y pueden formarse cavidades y defectos superficiales en el material solidificado.

En general, la presencia de poliamidas y copolímeros de etileno-vinil alcohol, debido a la incompatibilidad con las fases del reciclaje de polietileno complica la eficiencia del proceso y la calidad del producto final. Los envases de detergentes, lubricantes y gasolina suelen absorber estos componentes en sus paredes lo que resulta difícil eliminarlos durante el lavado. Los contaminantes pueden afectar o interferir directamente en la calidad de los diferentes tipos de polímeros, como lo son el PEAD y PEBD, sin embargo, también interfieren con los equipos o fases del procedimiento completo del reciclaje como se ejemplifica en la figura 11:



Figura 11. Tipos de interferencia de los contaminantes en las etapas del proceso de reciclaje. **Fuente:** Elaboración propia a partir de [Lazzari y López-Quintela \(2005\)](#).

5.6. Experiencias tecnológicas

En [2005 Perugini, Mastellone, y Arena](#) realizaron un estudio en el cual se plantearon cinco escenarios diferentes para su comparación entre ellos, los cuales fueron:

1. *Vertederos*: Sin reciclaje y eliminación en vertederos de todos los residuos plásticos recogidos.
2. *Combustión con recuperación de energía*: Sin reciclaje y todos los residuos plásticos recogidos se envían a combustión con recuperación de energía.
3. *Reciclaje mecánico*: Reciclaje mecánico de todos los residuos plásticos recogidos y todos los residuos procesados son enviados a combustión con valorización energética.
4. *Pirólisis a baja temperatura + reciclaje mecánico*: Reciclaje mecánico de la fracción PET y pirólisis a baja temperatura de la fracción de poliolefinas (PE).
5. *Reciclaje mecánico + hidrocraqueo*: Reciclaje mecánico de la fracción de PET e hidrocraqueo de la fracción de poliolefinas (PE).

El análisis de ciclo de vida (ACV) de estas cinco alternativas de gestión de residuos plásticos que se utilizan o podrían utilizarse en Italia demuestran que un escenario, completamente centrado en la mecánica reciclaje, es una de las opciones más convenientes. desde la perspectiva energética y medioambiental. El estudio sugiere que:

- La opción de vertido tiene un desempeño pobre,
- La opción de reciclaje mecánico es ambientalmente preferible, con la única excepción del consumo de energía,
- El reciclaje de materias primas (particularmente bajo condiciones del proceso de hidrocraqueo) tiene valiosos índices medioambientales.

Las nuevas tecnologías de reciclaje generan un impacto ambiental, sin embargo, la sostenibilidad de los planes de gestión de residuos plásticos y la combinación de procesos de reciclaje mecánico con el de materia prima pueden ser una opción.

Los diferentes escenarios de reciclaje se representan en la figura 12.

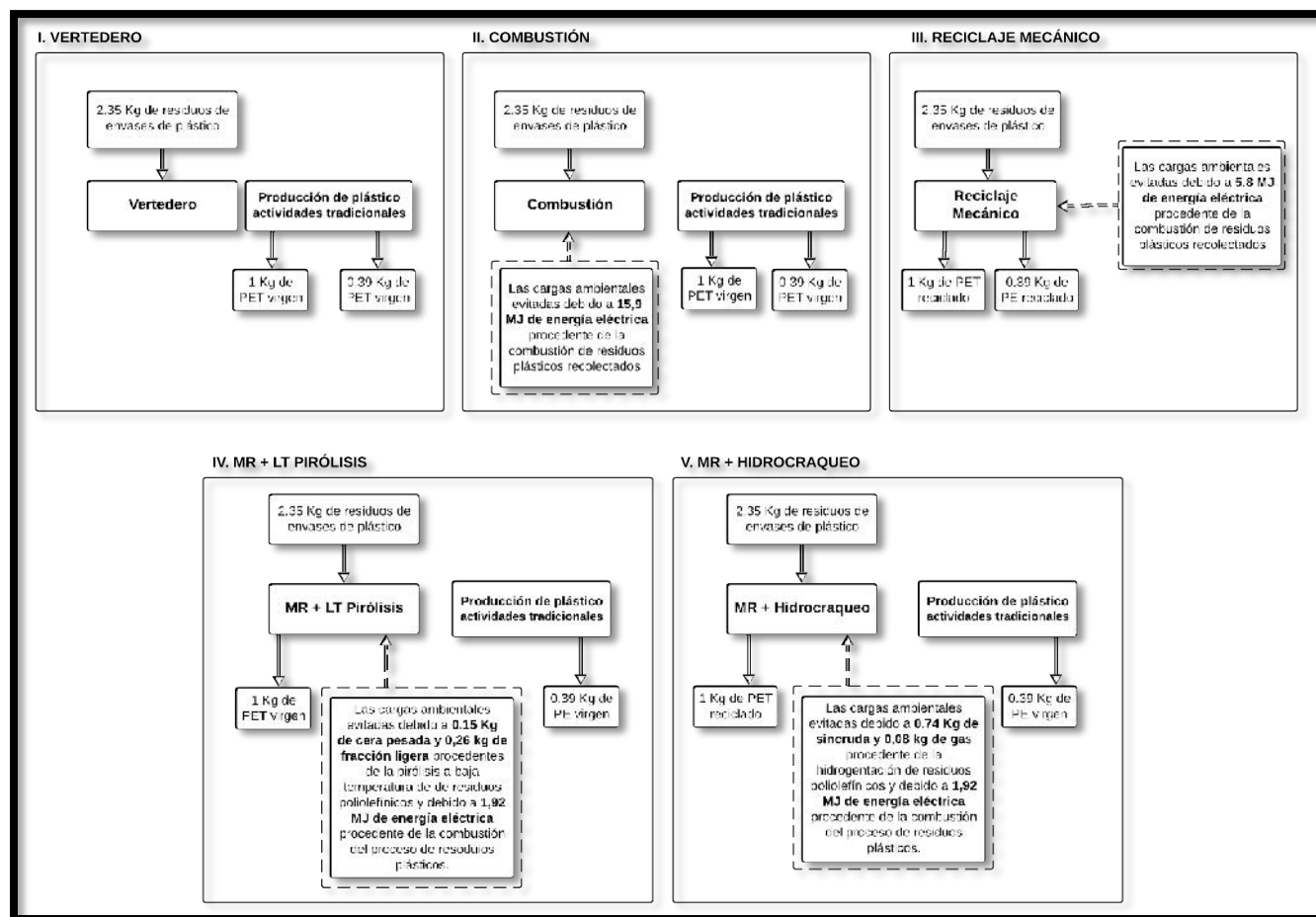


Figura 12. Escenarios de reciclaje aplicados a PE y PET en el estudio de [Perugini, Mastellone, y Arena en 2005](#).

6. Microplásticos y nanoplásticos

Como se mencionó antes, se estima que la fabricación de plástico ha crecido astronómicamente desde unas pocas toneladas a principios de la década de 1950 hasta cerca de 400 millones de toneladas en 2018 ([Syberg, et al., 2021](#)). Desde entonces, se ha reconocido que los desechos plásticos son omnipresentes, relativamente no biodegradables y están ampliamente distribuidos en diferentes ecosistemas de nuestro planeta ([Amobonye, Bhagwat, Singh, & Pillai, 2012](#)). Por lo tanto, se ha convertido en una fuente creciente de preocupación y discurso entre

biólogos, conservacionistas, ambientalistas y el público en general. Además, se ha observado que, con el tiempo, los desechos plásticos eventualmente pierden su integridad mecánica debido a diversos factores ambientales, incluida la abrasión, la fotooxidación, así como diversas vías de degradación biótica ([Wright, et al., 2020](#)). Al paso del tiempo, estos plásticos de desecho se miniaturizan hasta convertirse en partículas diminutas, denominadas microplásticos y nanoplásticos (MNP).

Los rellenos sanitarios almacenan entre el 21% al 42% del plástico total producido a nivel global donde son sometidos a condiciones severas como el contacto con lixiviados, pH, fricción, esfuerzos mecánicos, temperaturas variables, etc. Todo esto puede llevar a la fragmentación del plástico en pequeñas partículas plásticas llamadas *microplásticos* que se pueden transportar a los sistemas por medio de los lixiviados [\(Alegre, 2023\)](#).

La amplia presencia de microplásticos en nuestros entornos y su inclusión desde los océanos hasta nuestros cuerpos, denota la necesidad urgente de abordar los impactos que estos ocasionan. El incremento de los microplásticos debido al uso del plástico ha ocasionado que estos lleguen a cada rincón del planeta, sin mencionar el amplio potencial que tienen como vectores de sustancias tóxicas y biológicas. Este potencial se origina por la facilidad de ingresar a la cadena alimenticia poniendo en riesgo a la biodiversidad y a la salud humana [\(Sánchez Otero, 2023\)](#).

Los microplásticos son partículas de plástico con un tamaño menor a 5 mm en cualquiera de sus dimensiones que se dividen en tamaños microscópicos debido a la descomposición en forma de esferas, fibras, fragmentos irregulares y pellets o producidos intencionadamente.

6.2. Tipos de microplásticos según su tamaño y fuente

Actualmente, se ha observado que la literatura es inconsistente acerca de la categorización de los tamaños de partículas de las MNP, ya que varios autores y

organizaciones han definido sus rangos de tamaño de partículas de manera diferente. Sin embargo, se observó que muchos estudios habían fijado el límite superior para los microplásticos en 5 mm ([Frère, et al., 2018](#); [Cai, et al., 2020](#); [Stock, et al., 2021](#)), mientras que el límite superior para los nanoplasticos se fijó en 100 nm ([Gonçalves & Bebianno, 2019](#)). Además, la Organización Internacional de Normalización también ha definido las nanopartículas como objetos cuyas dimensiones externas existen en la nanoescala (el tamaño oscila entre aproximadamente 1 y 100 nm; [Boverhof, et al., 2015](#)).

Diversos autores consideran como microplásticos a las partículas de plásticos con un tamaño inferior a 5 mm, sin embargo, también lo aplican para partículas de <2 mm, <1 mm, incluso <500 µm por lo que es necesario emplear términos diferentes en función del rango de tamaño y las características físicas y los impactos biológicos que pueden ocasionar. La figura 13 muestra la denominación de términos a las partículas plásticas según su tamaño: se denominan *mesoplásticos* entre el rango de 500 µm – 5 mm, *microplásticos* de 50 – 500 µm y *nanoplasticos* cuando son <50 µm ([Rojo-Nieto & Montoto, 2017](#)).

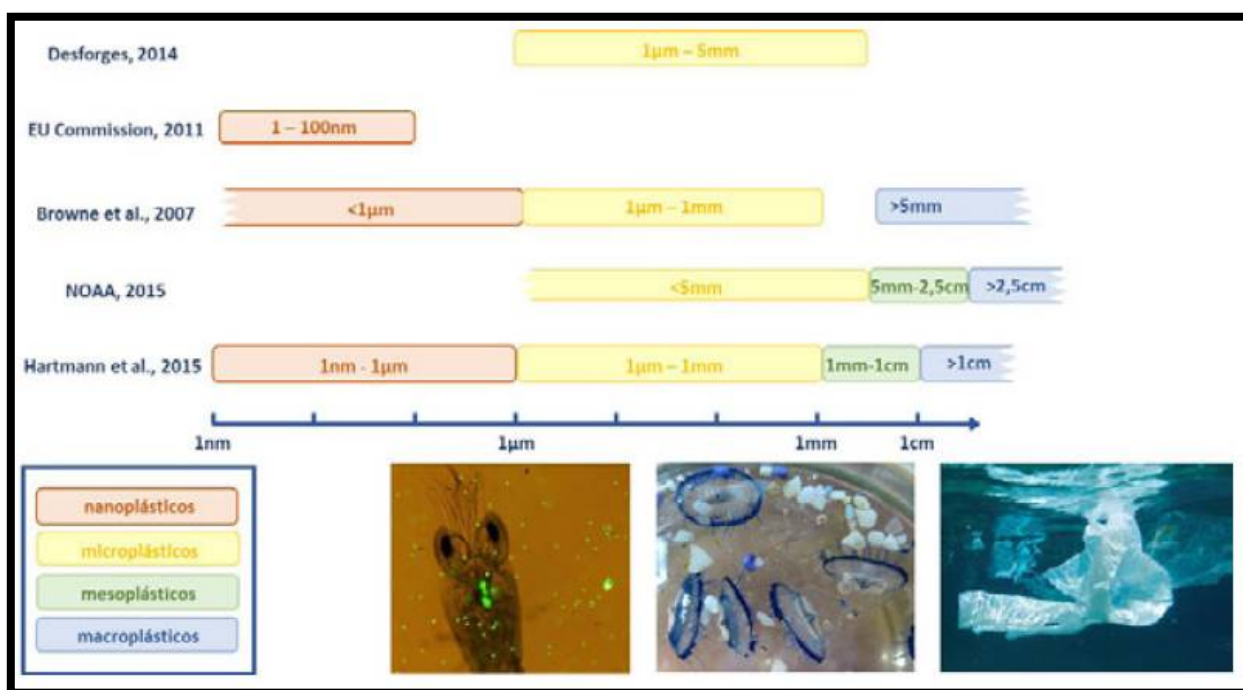


Figura 13. Terminología usada por diversas fuentes de acuerdo con el tamaño de partícula plástica. **Fuente:** [\(Rojo-Nieto & Montoto, 2017\)](#).

6.2.1. Microplásticos

Se llaman *microplásticos primarios* a los que son fabricados en tamaños microscópicos para aplicaciones específicas y fines industriales y pueden ser microperlas o microbeads, provenientes de productos cosméticos y de limpieza, como pasta de dientes, así como, fibras textiles liberadas durante el lavado o secado, y pellets, que son la materia prima de diversos procesos industriales (figura 14).

Por su parte, los *microplásticos secundarios* son el resultado de la degradación o fragmentación de objetos más grandes como envases, bolsas, productos fabricados de plásticos, abrasión de neumáticos, etc. debido a procesos de fotodegradación (degradación por radiación UV), biodegradación, abrasión mecánica u oxidación (figura 14) ([Sánchez Otero, 2023](#); [Vázquez, et al., 2020](#)).

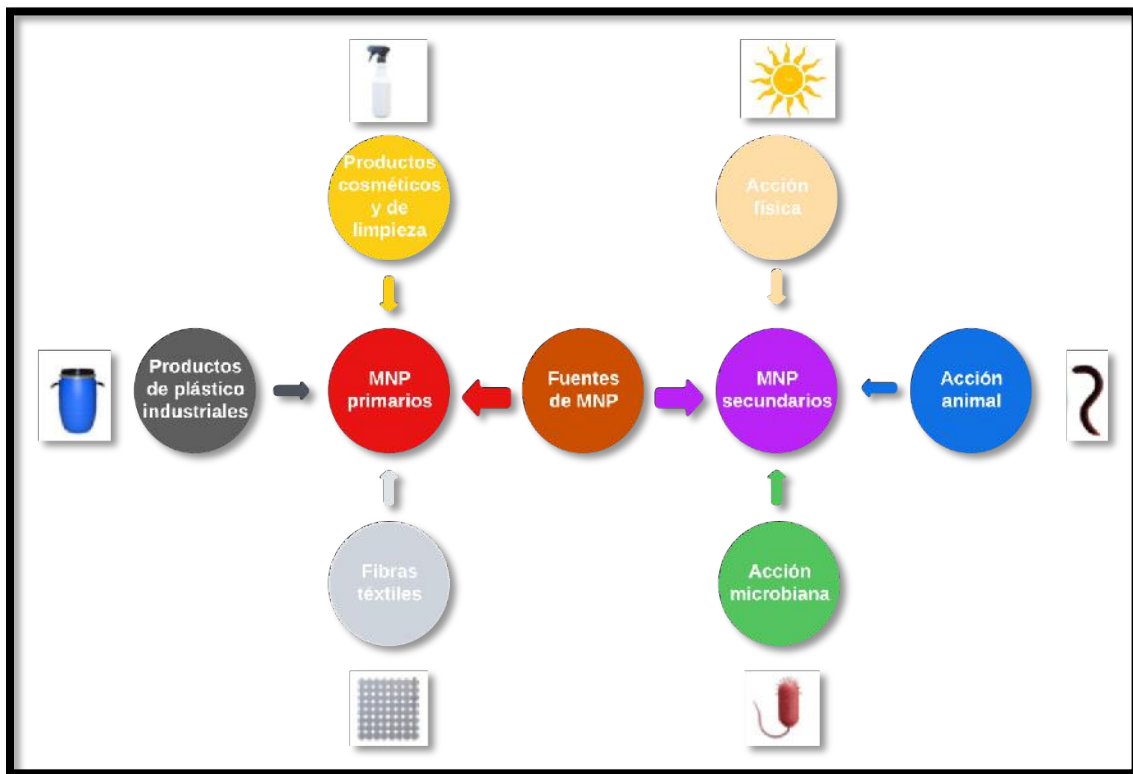


Figura 14. Fuentes de *microplásticos primarios y secundarios*.

Fuente: ([Amobonye, et al., 2021](#)).

6.2.2. Nanoplásticos

Esta fracción de los microplásticos es probablemente la menos conocida pero la más peligrosa. El tamaño de estas partículas (de menos de 1µm) las hace susceptibles de ser ingeridas incluso por los organismos que están en la base de la cadena trófica. Se han propuesto diversas fuentes para estos nanoplásticos, entre las que están principalmente su procedencia como parte intencionada de algunos productos y su origen como consecuencia de la fragmentación de partículas de mayor tamaño [_\(Rojo-Nieto & Montoto, 2017\)_](#).

Debido a su tamaño, estas nanopartículas pueden llegar a atravesar membranas celulares, alterando sus funciones fisiológicas y alojarse en tejidos epiteliales durante periodos prolongados. Por otro lado, sus características fisicoquímicas y área superficial les permiten tener grandes afinidades para la sorción de contaminantes lo que está directamente relacionado con el transporte de compuestos tóxicos directamente a través de membranas celulares.

Su área superficial permite también la sorción de orgánicos tóxicos o metales pesados a concentraciones mayores que los microplásticos, por lo que, en caso de ser ingeridos, su efecto como portador y vector de contaminantes hacia tejidos internos de los organismos sería mayor.

6.2.3. Fuentes de microplásticos y nanoplásticos

Los microplásticos y nanoplásticos se originan en diversas fuentes, incluyendo la abrasión de neumáticos, la fragmentación de objetos plásticos más grandes por la acción ambiental y la liberación de productos de cuidado personal con microesferas plásticas lo que permite que estos se integren al ciclo del microplástico (figura 15). Los incendios y los efluentes industriales también son fuente potencial de microplásticos. Se estima que cada año, millones de toneladas de microplásticos son liberadas en los océanos, lo que puede representar una amenaza para la vida

marina y la salud humana. También en el aire y los suelos podemos encontrarles (Sánchez Otero, 2023).



Figura 15. Ciclo del microplástico. Fuente: (Sánchez Otero, 2023).

Cuando los materiales plásticos son abandonados o liberados al medio están expuestos a condiciones externas como la radiación solar (UV), entre otras, que causaran la degradación de estos. Esta degradación está asociada a la decoloración de los plásticos, el desarrollo de erosiones varias en su superficie y un aumento de su fragilidad.

Como se ejemplifica en la figura 16, entre las primeras fases de degradación están la fotodegradación (radiación UV), la termodegradación (por acción de temperaturas extremas), la presión hidrostática (para el caso de los plásticos en los fondos marinos), biodegradación (por la acción de microorganismos) o la salinidad. En cualquier caso, la fragmentación de plásticos de mayor tamaño constituye una fuente adicional de entrada de *microplásticos*, y *nanoplásticos* al medio, además de la fragmentación de las fibras sintéticas al lavar la ropa, o bien la que ocurre una

vez estos plásticos de mayor tamaño ya forman parte del medio ambiente y son degradados por diferentes procesos químicos, biológicos y físicos [_\(Rojo-Nieto & Montoto, 2017\)_](#)

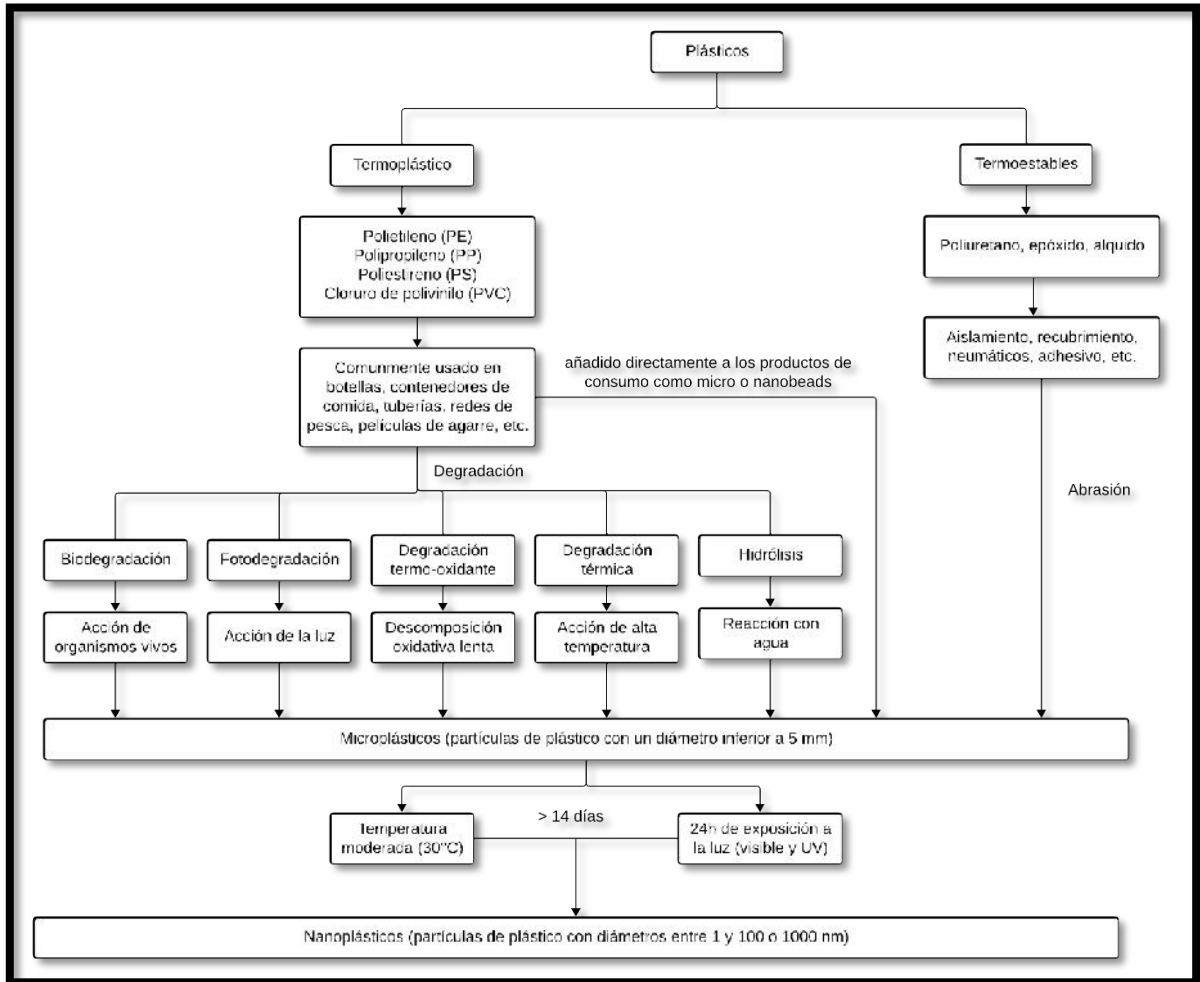


Figura 16. Posible ruta de degradación ambiental de los materiales plásticos.

Fuente: [\(Jiang, et al., 2020\)](#).

6.3. Elementos contaminantes y efectos a la salud humana

6.3.1. Elementos contaminantes en microplásticos y nanoplásticos

Como hemos mencionado, los microplásticos y nanoplásticos pueden actuar como vehículos para la adsorción de elementos contaminantes, incluyendo dioxinas, furanos y otros compuestos químicos tóxicos. Todos estos compuestos tóxicos

proviene de procesos industriales y la quema de plásticos, son persistentes y pueden acumularse en los tejidos de organismos [\(Sánchez Otero, 2023\)](#).

Se han realizado diversas investigaciones que afirman la ingestión de microplásticos y nanoplásticos por organismos marinos lo que ha contribuido a su acumulación y su llegada a la cadena alimenticia, y posteriormente a los consumidores finales, los humanos [\(Rojo-Nieto & Montoto, 2017; Sánchez Otero, 2023\)](#).

La contaminación del agua potable por microplásticos y nanoplásticos ha ido aumentando y se han encontrado estas partículas de plástico incluso en agua potable considerada segura. Estos ingresan a los sistemas de agua potable a través de la escorrentía de plásticos en ríos y lagos. Los sistemas de filtración de aguas pueden no ser eficientes para el caso de microplásticos y es aún más complejo en el caso de los nanoplásticos [\(Pivokonsky, et al., 2018\)](#).

También podemos encontrar microplásticos y nanoplásticos en el aire como partículas suspendidas que son liberadas por diferentes tipos de degradación como la abrasión de neumáticos, desgaste de textiles sintéticos y otros procesos. Estas partículas pueden ser inhaladas por el humano y potencialmente llegar a los pulmones. El impacto mediante esta vía aún está siendo estudiado, sin embargo, existe preocupación por los efectos respiratorios y cardiovasculares [\(Amato-Loureço, et al., 2020\)](#).

6.3.2. Efectos de los microplásticos y nanoplásticos en la salud humana

La alta ubicuidad de las MNP tiene graves consecuencias ambientales que trascienden las fronteras nacionales. Esto se ve agravado aún más por el hecho de que exhiben en gran medida mecanismos de absorción y reacción temporal multiescalares, que aún no se comprenden bien. Sin embargo, ahora se ha demostrado que numerosos organismos pueden ingerir MNP debido a su tamaño diminuto, lo que genera más problemas de salud, especialmente con respecto a su

potencial para alterar las membranas celulares ([Ding, et al., 2021](#)) y causar estrés oxidativo [_\(Hu & Palic, 2020\)_](#).

El impacto sobre la salud humano va a depender del grado y tipo de exposición, la ruta de ingreso a organismo y también del estado de salud, nutrición y consumo de tabaco. Las principales vías de exposición de micro y nanoplasticos son la gastrointestinal, la respiratoria, y debido al tamaño de partícula algunas otras pueden ingresar por la vía dérmica [_\(Center for International Environmental Law, 2023\)_](#).

Los estudios que se han realizado han encontrado posibles efectos en el sistema respiratorio, efectos cardiovasculares, endócrinos y en el sistema reproductivo. También es posible que exista la transmisión de partículas por el paso de la leche materna. Se asocia a los micro y nanoplasticos como precursores de enfermedades como cáncer y disruptores endócrinos (sustancias que interfieren con el sistema endócrino), malformaciones congénitas, efectos en el neurodesarrollo, efectos óseos y sobre el sistema inmune. Se han realizado diversos estudios, incluso con evidencia de efectos en animales, sin embargo, se requieren estudios más detallados y precisos para confirmar los efectos a largo plazo que pueden ocasionar estas micro y nanopartículas plásticas en el cuerpo humano [_\(Sánchez Otero, 2023\)_](#).

La eliminación de los microplásticos y nanoplasticos del cuerpo humano aún no se estudia completamente, sin embargo, se sugiere desde la excreción a través de heces y orina. Algunas partículas pueden ser demasiado pequeñas para ser eliminadas por lo que pueden bioacumularse en el organismo.

6.4. ¿Cómo evitar la formación de micro y nanoplasticos y sus impactos?

La formación de partículas plásticas es inevitable, sin embargo, es posible disminuir su formación realizando diversas acciones reduciendo el consumo de plásticos. A continuación, se enlistan acciones que ayudan a reducir su formación y los impactos asociados a estos:

- Reducir y en lo que sea posible eliminar el uso de plásticos de polietileno de un solo uso, fomentando su reciclaje
- Promover la separación de plásticos para asegurar mejores procesos de reciclaje
- Impulsar acciones de Economía Circular para la reducción de plásticos de polietileno y plásticos en general, como el reciclaje y la aplicación de otros procesos o incorporación como materia prima
- Fomentar estudios de impactos en la salud humana y ambiental y su relación con los contaminantes asociados a los micro y nanoplásticos
- Promover la implementación de acuerdos internacionales y programas nacionales para la reducción del uso y reciclaje del plástico, su impacto en cuerpos de agua, aire y suelo y por consiguiente la formación de partículas plásticas
- Sustituir el uso de plásticos de polietileno (PE) por otros materiales reciclables.

7. Tecnologías patentadas

Título: procedimiento y dispositivo para reacondicionar, procesar y/o reciclar materiales termoplásticos

Patente registrada: ES2932378T3; Fecha: 18.01.2023; N° de solicitud 19762701

Clasificación internacional G01N 21/51

Solicitante EREMA Engineering Recycling Maschinen und Anlagen Gesellschaft m.b.H.

Lo que se describe es un método de procesamiento y/o reciclaje de materiales, especialmente materiales termoplásticos, en el que el material se agita y se mezcla en un recipiente receptor, especialmente un compresor de corte o una unidad de preacondicionamiento (PCU), y opcionalmente también se calienta, triturado y/o ablandado, en el que el material en el recipiente receptor permanece en forma de

piezas o partículas y sin fundir en su totalidad, y en el que el material en forma de piezas o partículas se agita dentro del recipiente receptor se somete a un análisis espectroscópico en línea. y/o análisis y/o medida espectrometría, en donde las medidas así determinadas se emplean para obtener información sobre el material que se analiza en cada caso., especialmente índices cuantitativos y/o cualitativos del respectivo material. Asimismo, se divulga un aparato que comprende al menos un recipiente receptor, especialmente un compresor de corte, que tiene un dispositivo de mezcla y/o trituración del material, al menos un aparato de medición espectroscópico y/o espectrométrico para análisis en línea de porciones del material en forma de piezas o partículas que se agitan dentro de un recipiente receptor, que está diseñado para emitir un estímulo físico, especialmente radiación electromagnética, para excitar el material giratorio en forma de piezas o partículas y para detectar la medición señales que surgen en reacción al estímulo, especialmente espectros característicos de la radiación electromagnética dispersada sobre el material analizado, preferentemente por medios espectrométricos, y una unidad de procesamiento y control que está en comunicación de datos con el aparato de medición y está diseñada para accionar el aparato de medición, para emitir el estímulo físico, especialmente radiación electromagnética, y para detectar la resultante señales de medición y mantener disponibles las mediciones determinadas.

Título: Reciclaje de materiales poliméricos

Patente registrada: ES2914515T3; Fecha: 13.06.2022; N° de solicitud 20172612

Clasificación internacional B29B 17/00

Solicitante Logoplaste Innovation LAB LDA

Un proceso para reciclar material polimérico termoplástico para producir una preforma polimérica, comprendiendo el proceso las etapas de: [I] pretratar un material polimérico por separación, clasificación, limpieza, secado y/o conformado; [II] triturar el polímero pretratado para producir escamas poliméricas; [III] procesar el

material polimérico para producir una preforma, en el que el material polimérico termoplástico comprende uno o más polímeros termoplásticos, seleccionados entre polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, polipropileno, y poli[tereftalato de etileno], caracterizado por que antes de la etapa [IV] de producir la preforma, las escamas poliméricas se compactan para formar gránulos, en el que la etapa de compactación se lleva a cabo usando un aglomerador de disco, en el que la temperatura del material que se procesa en la etapa de compactación alcanza de 80°C a 160°C.

Título: Proceso y sistema de reciclaje de desechos de poliolefina

Patente registrada: ES2842926T3; Fecha: 15.07.2021; N° de solicitud 18700442

Clasificación internacional B07/C5/34

Solicitante Blue Plastics B.V.

Un proceso de reciclaje para el reciclaje de desechos de poliolefina, que comprende proporcionar los desechos de poliolefina como una pluralidad de piezas de poliolefina; posteriormente eliminar contaminantes de las piezas de poliolefina, en donde la eliminación comprende lavar las piezas con agua antes de lavar las piezas con un solvente orgánico; posteriormente evaporar las trazas del solvente orgánico y agua de las piezas de poliolefina lavadas para producir piezas de poliolefina secas; posteriormente extruir las piezas de poliolefina limpias y secas resultantes en una forma deseada; en donde el proceso de reciclaje comprende un procedimiento de clasificación que se realiza antes o después de la eliminación de contaminantes, el procedimiento de clasificación comprende dividir la pluralidad de piezas de poliolefina en al menos dos grupos de piezas de poliolefina, en donde la división se produce de acuerdo con el grado de oxidación de las piezas de poliolefina.

Título: Proceso de limpieza de material plástico reciclable

Patente registrada: ES2810302T3; Fecha: 08.03.2021; N° de solicitud 17709391

Clasificación internacional B29B 17/02

Solicitante Tusti B.V.

Un proceso para limpiar material plástico reciclable que comprende las siguientes etapas: (a) proporcionar un material plástico reciclable no basado en estireno contaminado; (b) poner en contacto el material plástico reciclable contaminado a una temperatura en el intervalo de 5-35 °C con una mezcla líquida que comprende una fase acuosa y una fase de disolvente separada para eliminar los contaminantes del material plástico reciclable contaminado, de este modo la fase de disolvente comprende un éster de ácido graso y está presente en forma de gotitas que están al menos parcialmente distribuidas en la fase acuosa, en donde el éster de ácido graso en la fase disolvente tiene la fórmula general (I) de $R_1-(C=O)-R_2$ en el que R1 es un grupo alquilo que comprende entre 8-24 átomos de carbono y R2 es un grupo alcohol alquílico que comprende entre 1-4 átomos de carbono, y en el que la fase acuosa está presente en una cantidad de más del 50% en peso, basado en el total peso de la mezcla líquida; (c) separar al menos parte del material plástico reciclable obtenido en la etapa (b) de la mezcla líquida obtenida en la etapa (b) que contiene contaminantes eliminados del material plástico reciclable contaminado; (d) permitir que al menos parte de la mezcla líquida obtenida en la etapa (c) se separe en una fase acuosa y una fase de disolvente que contiene contaminantes eliminados del material plástico reciclable contaminado; y (e) reciclar al menos parte de la fase acuosa obtenida en la etapa (d) a la etapa (b).

Título: Herramienta manual de recopilación y selección de materiales plásticos

Patente registrada: PE20200375Z; Fecha: 24.02.2020; N° de solicitud 2019000050

Clasificación internacional

Solicitante UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Una herramienta manual de recopilación y selección de materiales plásticos que comprende un recolector telescópico que presenta al menos 3 emisores de rayos láser con diferentes longitudes de onda y con camino óptico común y paralelo al tubo; una placa de despolarización ubicada en el camino óptico de cada uno de los rayos láser; al menos un elemento fotorreceptor; una carcasa; unas baterías; un microprocesador; una pantalla LED; y un altavoz ubicado dentro de la carcasa conectado al microprocesador para proporcionar una herramienta manual de recopilación de materiales plásticos para reciclaje capaz de determinar el tipo de plástico en campo.

Título: Film de polietileno reciclable

Patente registrada: ES2784356T3; Fecha: 24.09.2020; N° de solicitud ES16738126

Clasificación internacional B32B27/327

Solicitante Constantia Pirk and Co KG GmbH

Film de polietileno reciclable de al menos 80% de material de polietileno y como máximo 20% de material de poliolefina compatible, donde el film de polietileno (1) tiene un grosor menor de 40 μm y presenta una capa central (2) de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) y/o polietileno lineal de baja densidad de metaloceno (mLLDPE) y dos capas exteriores (3) conectadas con la capa central (2) de polietileno de alta densidad (HDPE), que rodean la capa central (2), donde la fracción de HDPE del film de polietileno (1) representa al menos el 60% en volumen, preferentemente a menos el 70% en volumen, de forma muy especialmente preferente al menos el 80% en volumen y donde el film de polietileno (1) está estirado en al menos una dirección, caracterizado porque las dos capas exteriores (3) conjuntamente son al menos tres veces tan gruesas, preferentemente son al menos cuatro veces tan gruesas, como la capa central (2).

Título: proceso para el reciclaje de materiales de polietileno de alta densidad (HDPE) por medio de termofusión y productos de HDPE reciclado.

Patente registrada: MX2019004281A; Fecha: 11.04.2019; N° de solicitud 2019004281

Clasificación internacional B29B17/04

Solicitante SOCIEDAD COMERCIAL HARUT SPA

La presente invención se refiere a un proceso para el reciclaje de materiales de polietileno de alta densidad (HDPE) desechados, el cual se lleva a efecto por medio de termofusión. A través de dicho proceso de reciclaje, se obtienen productos con cualidades particulares, pudiendo obtenerse productos laminados o productos en forma de bloque moldeado. Dichos productos, aparte de representar un beneficio para el medioambiente, presentan particularidades que los hacen diferenciarse respecto a productos de materia prima virgen y de productos reciclados.

Título: Proceso para el reciclaje de materiales de polietileno de alta densidad (HDPE) por medio de termofusión y productos de HDPE reciclado

Patente registrada: WO2018068159A1; Fecha: 19.04.2018; N° de solicitud PCT/CL2017/050058

Clasificación internacional B29B 17/04

Solicitante SOCIEDAD COOMERCIAL HARUT SPA

a presente invención se refiere a un proceso para el reciclaje de materiales de polietileno de alta densidad (HDPE) desechados, el cual se lleva a efecto por medio de termofusión. A través de dicho proceso de reciclaje, se obtienen productos con cualidades particulares, pudiendo obtenerse productos laminados o productos en forma de bloque moldeado. Dichos productos, aparte de representar un beneficio para el medioambiente, presentan particularidades que los hacen diferenciarse respecto a productos de materia prima virgen y de productos reciclados.

Título: Proceso y sistema de reciclaje de película de desecho post-consumidor

Patente registrada: ES2663818T3; Fecha: 17.04.2018; N° de solicitud ES14775159
Clasificación internacional B29B 17/0036
Solicitante Wisconsin Film & Bag. Inc.

Un método para procesar un suministro de película (12) de polietileno de baja densidad lineal residual de desecho o película de polietileno de baja densidad en un producto de película soplada de calidad casi virgen, que comprende: triturar la película suministrada en una trituradora (18), en donde la película plástica se rasga y deslaminada, exponiendo el área superficial de la película; lavar la película triturada en un baño (24) de agua con un aditivo que tiene un tensioactivo y agitar la película triturada en el baño, en el que los contaminantes se eliminan de la película triturada; moler la película lavada en una trituradora (26) húmeda y lavar la película triturada en una lavadora (28) de fricción giratoria, en la que se eliminan contaminantes adicionales de la película triturada; lavar la película molida en un baño (64) de agua de flotación e inmersión posterior al lavado, en el que la película molida se somete a agitación mecánica e hidráulica en el baño de agua de flotación e inmersión posterior al lavado; secar la película lavada; y compactar la película seca, molida, sin la adición de agua, en objetos granulados de producto de película soplada de calidad casi virgen.

Título: Métodos y composiciones relacionadas con el reciclaje de residuos poliméricos

Patente registrada: ES2531077T3; Fecha: 10.03.2015; N° de solicitud ES13160881
Clasificación internacional C08L23/06
Solicitante Imerys Minerals Limited

Una composición polimérica que comprende polímero y al menos 3% en peso de un relleno funcional, en donde el polímero comprende de 90 a 100% en peso de una mezcla de polietileno y polipropileno, y en donde el relleno funcional comprende

(i) un material inorgánico formado por partículas y (ii) un recubrimiento que comprende un primer compuesto que incluye un grupo propanóico o un grupo etilénico terminal con uno o dos grupos carbonilo adyacentes.

Título: Procedimiento para el reciclaje de plásticos

Patente registrada: MX2011010726A; Fecha: 24.10.2011; N° de solicitud MX2011010726

Clasificación internacional B29B17/00

Solicitante EREMA ENGINEERING RECYCLING MASCHINEN UND ANLAGEN GESELLSCHAFT M.B.H.

La invención se refiere a un método y un dispositivo para el reciclaje de materiales plásticos, que comprende las siguientes etapas de procesamiento: a) reprocesado de la materia prima, en la que el material, si es necesario, se tritura y pone en una forma fluida, y calentado y mezclado de forma permanente, mientras que se mantiene su estado fragmentado y capacidad de corrimiento, y opcionalmente se incrementa la correspondiente viscosidad y/o se desgasifica, se suaviza, se seca o cristaliza; b) fusión del material reprocesado, al menos lo suficiente como para que sea posible su filtración; c): filtrado del material fundido para eliminar impurezas; d) homogeneización del material fundido mezclado; e) desgasificación del material fundido homogeneizado; y f) descarga y/o procesamiento posterior del material fundido, tal como granulación, formación de película, llevándose a cabo las etapas de procesamiento consecutivamente y en el orden indicado.

Título: Procedimiento e instalación para el reciclado integro mediante despolimerización

Patente registrada: ES2362781B2; Fecha: 13.07.2011; N° de solicitud ES201000027

Clasificación internacional C08J11/16

Solicitante PIROREC, S.L

La presente invención se refiere al reciclaje por despolimerización mediante termólisis. Se proporciona un procedimiento e instalación de despolimerización por termólisis eficaz para reciclar que permita la producción de hidrocarburos ligeros con una alta calidad y libre de impurezas y contaminantes. Este objetivo se consigue mediante procedimientos e instalaciones donde o bien los productos secundarios del proceso se re-alimentan para suministrarla energía para el proceso de reciclaje principal o bien se refinan para fabricar productos finales utilizables y vendibles. Por lo tanto, el uso del contenido de energía de los productos de partida se maximiza asegurando su completa utilización, minimizando el daño ambiental mientras se provee una instalación energéticamente autónoma. Pueden reciclarse, por medios físicos-químicos, todos los componentes del material de desecho o de partida y no se producen desechos contaminantes adicionales.

Título: Procedimiento de reciclado de plásticos y procedimiento para la producción de materiales plásticos

Patente registrada: ES2197348T3; Fecha: 01.01.2004; N° de solicitud ES97928168

Clasificación internacional C08J11/06

Solicitante FINACOR ANSTALT

La invención comprende un procedimiento para el reciclado y la fabricación de plásticos, mezclas de plásticos y materiales plásticos, utilizando plásticos nuevos, procesados o viejos y también mezclas de plásticos o desechos clasificados o sin clasificar de plásticos, mediante el cual A) un material soporte A, que comprende un material plástico recién fabricado con residuos de plástico con un único tipo de plástico o diferentes plásticos, un material de cualquier composición o de composición desconocida X o un aditivo Z seleccionado entre los ácidos grasos, mezclas que contienen ácidos grasos de origen natural o sintético, derivados de ácidos grasos y alcoholes grasos que liberan ácidos grasos en las condiciones del

procedimiento se mezclan todos juntos, y en donde A y X juntas, en relación con el volumen total, contienen al menos una cantidad de plástico; los componentes que no son plásticos se unen con todo aquello para formar una masa homogénea o parcialmente homogénea, B) dicha mezcla se transporta a una cinta rodante y se somete a lo largo de la cinta rodante a un termotratamiento en varias etapas y en secciones mientras continua mezclándose de manera mecánica, se corta o se presiona, estando las temperaturas en las diferentes etapas en un intervalo de 60 a 400°C; y C) la mezcla termotratada se extrusiona a través de una tobera para seguir tratándola o para moldearla.

Referencias

- Alegre, M. (2023). *Microplásticos: Desafíos de salud y ambiente. Retos de la gestión de residuos plásticos para la contribución a la reducción de los microplásticos [Webinar]*. Argentina: DIRSA/AIDIS, OPS, ONU.
- Al-Salem, S., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2009). Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste Management*, 2625–2643.
- Amato-Loureço, L., dos Santos Galvão, L., de Weger, L., Hiemstra, P., Vijver, M., & Mauad, T. (2020). An emerging class of air pollutants: Potential effects of microplastics to respiratory human health? *Science of the Total Environment*, 141676.
- Amobonye, A., Bhagwat, P., Raveendran, S., Singh, S., & Pillai, S. (2021). Environmental impacts of microplastics and nanoplastics: a current overview. *Frontiers in Microbiology*, 12, 3728.
- Amobonye, A., Bhagwat, P., Singh, S., & Pillai, S. (2012). Plastic biodegradation: frontline microbes and their enzymes. *Science of the Total Environment*, 759, 143536.
- ANIPAC. (1 de agosto de 2021). Directorio. *Directorio de Asociados*. CDMX, México: Asociación Nacional de Industrias del Plástico A. C.
- Arandes, J., Bilbao, J., & López Valerio, D. (2004). Reciclado de residuos plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 5, 28 - 45.
- Aznar, M., Caballero, M., Sancho, J., & Francés, E. (2006). Plastic waste elimination by co-gasification with coal and biomass in fluidized bed with air in pilot plant. *Fuel Processing Technology*, 87, 409 - 420.

- Boverhof, D., Bramante, C., Butala, J., Clancy, S., Lafranconi, M., West, J., & Gordon, S. (2015). Comparative assessment of nanomaterial definitions and safety evaluation considerations. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73, 137 - 150. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.06.001>
- Briassoulis, D., Hiskakis, M., & Babou, E. (2013). Technical specifications for mechanical recycling of agricultural plastic waste. *Waste Management*, 33, 1516 - 1530.
- Cai, H., Chen, M., Chen, Q., Du, F., Liu, J., & Shi, H. (2020). Microplastic quantification affected by structure and pore size of filters. *Chemosphere*, 257, 127198. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127198>
- Center for International Environmental Law. (26 de septiembre de 2023). *Plastic Health*. Obtenido de Plastic & Health: The Hidden Costs of a Plastic Planet: <https://www.ciel.org/plasticandhealth/>
- Conde Ortiz, M. (2012). *Presente Futuro de la Industria del Plástico en México*. México: PEMEX-Petroquímica.
- Ding, Y., Zhang, R., Li, B., Tong, X., Wu, Y., Ji, X., & Zhang, Y. (2021). Tissue distribution of polystyrene nanoplastics in mice and their entry, transport, and cytotoxicity to GES-1 cells. *Environmental Pollution*, 280, 116974. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116974>
- DOF. (2013). *Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2018). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- ECOCE. (2015). *Plan nacional privado colectivo de manejo de envases post-consumo de PET, PEAD, Aluminio y otros-ECOCE*. Ciudad de México: ECOCE.
- Escudero González, C., & Sánchez Cadena, L. (2017). Reciclaje de PEAD mediante solvólisis. *Jóvenes en la Ciencia*, 2064 - 2067.
- Forbes. (27 de Agosto de 2021). *Consumo de resinas en México supera 6 millones de toneladas en 2020: ANIPAC*. Obtenido de Forbes México: <https://www.forbes.com.mx/consumo-de-resinas-en-mexico-supera-6-millones-de-toneladas-en-2020-anipac/>
- Frère, L., Maignien, L., Chalopin, M., Huvet, M., Rinnert, E., Morrison, H., . . . Paul-Pont, I. (2018). Microplastic bacterial communities in the bay of Brest: influence of polymer type and size. *Environmental Pollution*, 242, 614 - 625. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.023>

- Garraín, D., Vidal, R., Franco, V., & Martínez, P. (2008). Análisis del ciclo de vida de reciclado del polietileno de alta densidad. *Residuos: Revista Técnica*, 58 - 63.
- Gestores de Residuos. (1 de agosto de 2020). *La clasificación de los plásticos*. Obtenido de Gestores de Residuos: <https://gestoresderesiduos.org/noticias/la-clasificacion-de-los-plasticos>. Fecha
- Gómez García, L. (2017). *El reciclaje de PET, PEAD, PEBD, PS y PP en estibas plásticas como modelo de negocio*. Bogotá, Colombia: Universidad del Rosario .
- Gonçalves, J., & Bebianno, M. (2019). Emergence of nanoplastic in the environment and possible impact on human health. *Environmental, Science & Technology*, 53, 1748 - 1765. doi:10.1021/acs.est.8b05512
- González Mancilla, Y. (2015). Propiedades mecánicas de un compuesto polimérico hecho de polietileno de baja densidad reciclado y reforzado con fibras de madera natural. *Ingenio Magno*, 6, 76 - 85.
- GREENPEACE. (2019). *Reciclar, La falacia de la industria en la lucha contra la contaminación plástica. Estado de reciclaje en México*. Ciudad de México: Greenpeace Méico A. C. .
- Hu, M., & Palic, D. (2020). Micro- and nano-plastics activation of oxidative and inflammatory adverse outcome pathways. *Redox Biology*, 37, 101620. doi:<https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101620>
- INEGI. (2013). *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2012*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2023). Si quieres dejar huella que no sea de plástico. *XXII Jornada Institucional del Medio Ambiente*, 14.
- Jiang, B., Kauffman, A., Li, L., McFee, W., Cai, B., Weinstein, J., & Xiao, S. (2020). Health impacts of environmental contamination of micro-and nanoplastics: a review. *Environmental health and preventive medicine*, 25, 1 - 15.
- Lazzari, M., & López-Quintela, A. (2005). Plásticos y medio ambiente: Aspectos químicos del reciclaje de plásticos. *Anales de la Real Academia Española de Química*, 57 - 62.
- Ohemeng, E., & Ekolu, S. (2019). Strength prediction model for cement mortar made with waste LDPE plastics as fine aggregate. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*, 8, 228 – 243.
- Ojeda, J., & Mercante, I. (2021). Reciclaje de residuos plásticos para la producción de agregados livianos. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, 37, 489 - 499.

- Perugini, F., Mastellone, M., & Arena, U. (2005). A Life Cycle Assessment of Mechanical and Feedstock Recycling Options for Management of Plastic Packaging Wastes. *Environmental Progress*, 24, 137 - 154.
- Pesic, N., Zivanovic, S., Reyes García, & Papaster, G. (2016). Mechanical properties of concrete reinforced with recycled HDPE plastic fibres. *Construction and Building Materials*, 115, 362-370.
- Pivokonsky, M., Cermakova, L., Novotna, K., Peer, P., Cajthaml, T., & Janda, V. (2018). Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of the Total Environment*, 1644 - 1651.
- Roben, E. (2003). *El Reciclaje Oportunidades Para Reducir la Generations de los Desechos Sólidos y Reintegrar Materiales*. Ecuador: Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica.
- Rodríguez Bruceta, P., Pérez Rodríguez, C., & Velázquez Infante, C. (2015). Propuesta de un procedimiento para el reciclado del polietileno de alta densidad. *Revista Cubana de Química*, 27, 32 - 54.
- Rojo-Nieto, E., & Montoto, T. (2017). *Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. España: Ecologistas en Acción.
- Roymaplast. (13 de septiembre de 2023). *Roymaplast, Profesionales en la manipulación de plásticos especiales*. Obtenido de Tipos de reciclaje del polietileno de alta densidad: <https://roymaplast.com/tipos-reciclaje-del-polietileno-alta-densidad/>
- Sánchez Otero, L. (2023). *Microplásticos Desafíos de salud y ambiente. Los microplásticos como determiinante ambiental y su impacto en la salud [Webinar]*. Argentina: DIRSA/AIDIS, OPS, ONU.
- Sandolval-García, E., Ramos Rodríguez, G. G., & Correa Torres, A. (2023). Midiendo la Economía Circular en México. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 38 - 53.
- SEMARNAT e INECC. (2020). *Panorama general de las tecnologías de el reciclaje de plásticos en México y el mundo*. CDMX: SEMARNAT, INECC.
- Stock, V., Laurisch, C., Franke, J., Dönmez, M., Voss, L., Böhmert, A., & Sieg, H. (2021). Uptake and cellular effects of PE, PP, PET and PVC microplastic particles. *Toxicology in Vitro*, 70, 105021. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tiv.2020.105021>
- Sukhdeep, S., Dharmpal, D., Lakshya, A., & Gupta, V. (2014). Tensile and Flexural Behavior of Hemp Fiber Reinforced Virgin-recycled HDPE Matrix Composites. *Procedia Materials Science*, 6, 1696-1702.

- Syberg, K., Nielsen, M., Clausen, L., Van Calster, G., Van Wezel, A., Rochman, C., . . . Hansen, S. (2021). Regulation of plastic from a circular economy perspective. *Current Opinion Green and Sustainable Chemistry*, 29, 7. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2021.100462>
- Vázquez Morillas, A., Cruz Salas, A., Alvarez Zeferino , J., Rosado Piña , V., Beltrán Villavivencio , M., Mendoza Sánchez, M., . . . Velasco Pérez, M. (2020). *Monitoreo de microplásticos en playas*. Ciudad de México: Braskem Idesa - UAM Azcapotzalco.
- Vázquez Morillas, A., Espinosa Valdemar, R., Beltrán Villavivencio , M., & Velasco Pérez, M. (2016). El reciclaje de los plásticos. *Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Azcapotzalco*, 14.
- Wright, S., Ulke, J., Font, A., Chan, K., & Kelly, F. (2020). Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport. *Environmental International*, 136, 105411. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105411>

ANEXO

EMPRESA	SECCIÓN	ESTADO	PRODUCTOS / SERVICIO OFERTADO
AMOCALI A.C. (Campo Limpio)	Recicladores	CDMX	Acopio de material de envases vacíos de agroquímicos y afines
AMOCALI A.C. (Campo Limpio)	Recicladores	CDMX	Acopio de material de envases vacíos de agroquímicos y afines
BIO RECICLADOS FOLGUEIRAS, SAPI DE CV	Recicladores	Yucatán	Acopio, procesamiento y comercialización de residuos post industriales y post consumo Producimos reciclados de segunda generación (2G) como: LDPE, HDPE, EPS, PP, PVC.
BIO RECICLADOS FOLGUEIRAS, SAPI DE CV	Recicladores	Yucatán	Acopio, procesamiento y comercialización de residuos post industriales y post consumo Producimos reciclados de segunda generación (2G) como: LDPE, HDPE, EPS, PP, PVC.
DART DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V.	Transformadores / Recicladores	Edo. de México	Vasos Platos Cuchillería Termoformados Vasos de Unigel Tapas para vasos de Unigel Vasos de Polipropileno Tapas para vasos de Polipropileno Impresión de vasos de Unigel Vasos de PET Vasos de polipapel Vasos de PLA Envases de polipapel Porcionados del PP y PE Ensaladeras de OPS PET Conos de papel
ECOTECPLAST, S.A. DE C.V.	Recicladores	CDMX	Transformación de plásticos Aditivos Deslizantes Filtros UV Purgas Antiestáticos
DART DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V.	Transformadores / Recicladores	Edo. de México	Vasos Platos Cuchillería Termoformados Vasos de Unigel Tapas para vasos de Unigel Vasos de Polipropileno Tapas para vasos de Polipropileno Impresión de vasos de Unigel Vasos de PET Vasos de polipapel Vasos de PLA Envases de polipapel Porcionados del PP y PE Ensaladeras de OPS PET Conos de papel
ECOTECPLAST, S.A. DE C.V.	Recicladores	CDMX	Transformación de plásticos Aditivos Deslizantes Filtros UV Purgas Antiestáticos
FORMEC S.A. DE C.V.	Recicladores, Transformadores y Rotomoldeo	Nuevo León	Fabricación de macetas rotomoldeadas Fabricación de Sanitarios Portátiles rotomoldeados Maquila de piezas plásticas rotomoldeadas
GEA BIODEGRADABLES S. DE R.L. DE C.V.	Materias Primas / Recicladores	CDMX	Termoplásticos poliuretanos, cuidado personal Polímeros grado médico, farmacéuticos Aditivos Resina offgrade Reciclados Distribución de películas y bolsas Maquilas en general (molido, granulado, MB blanco, nylon 6) Nanomaster Antigog activo Activo antiestático Sustitutos de ionómeros materiales de ingeniería

			Aditivo biodegradable Ecoone (no es oxodegradable) Masterbatch negro
GLOBAL PLASTICS DE MEXICO, S.A. DE C.V.	Fabricantes de Bolsas / Recicladores	CDMX	Venta de bolsa de plástico Venta de PVC Reciclado Venta de PET Reciclado Peletizado de PE Venta de policarbonato reciclado Venta de PEAD y PEBD Reciclado
GMP BV, S.A. DE C.V.	Recicladores	Edo. de México	Polietileno alta densidad grado sople Polipropileno grado sople Polietileno de alta densidad grado inyección Pet cristal Polipropileno grado inyección Pet verde
FORMEC S.A. DE C.V.	Recicladores, Transformadores y Rotomoldeo	Nuevo León	Fabricación de macetas rotomoldeadas Fabricación de Sanitarios Portátiles rotomoldeados Maquila de piezas plásticas rotomoldeadas
GEA BIODEGRADABLES S. DE R.L. DE C.V.	Materias Primas / Recicladores	CDMX	Termoplásticos poliuretanos, cuidado personal Polímeros grado médico, farmacéuticos Aditivos Resina offgrade Reciclados Distribución de películas y bolsas Maquilas en general (molido, granulado, MB blanco, nylon 6) Nanomaster Antigog activo Activo antiestático Sustitutos de ionómeros materiales de ingeniería Aditivo biodegradable Ecoone (no es oxodegradable) Masterbatch negro
GLOBAL PLASTICS DE MEXICO, S.A. DE C.V.	Fabricantes de Bolsas / Recicladores	CDMX	Venta de bolsa de plástico Venta de PVC Reciclado Venta de PET Reciclado Peletizado de PE Venta de policarbonato reciclado Venta de PEAD y PEBD Reciclado
INGENIERIA EN PLASTICOS RECICLADOS, S.A DE C.V.	Materias Primas / Recicladores	Querétaro	Polipropilenos copolímeros peletizados PS Granulado Tipo peletizado Polipropileno Homopolímero PE APM peletizado Comercialización de aditivos
GMP BV, S.A. DE C.V.	Recicladores	Edo. de México	Polietileno alta densidad grado sople Polipropileno grado sople Polietileno de alta densidad grado inyección PET cristal Polipropileno grado inyección PET verde
INNOVATIVE DE MEXICO R LS. S DE R.L. DE C.V.	Recicladores		Comercialización de plásticos para reciclaje de reuso Comercialización de stretch film Comercialización de rejillas plásticas Comercialización de cartón Destrucción de obsoletos (metales o pape) Recolección de residuos no peligrosos
INGENIERIA EN PLASTICOS RECICLADOS, S.A DE C.V.	Materias Primas / Recicladores	Querétaro	Polipropilenos copolímeros peletizados PS Granulado Tipo peletizado Polipropileno Homopolímero PE APM peletizado Comercialización de aditivos
LS PLASTECH S.A. DE C.V.	Transformadores / Recicladores	Nuevo León	Caja agrícola Maquila de inyección de plástico Desarrollo de proyectos manufactura Reciclaje de plástico Procesos secundarios Decoración partes plásticas

INNOVATIVE DE MEXICO R L S S DE R.L. DE C.V.	Recicladores	CDMX	Comercialización de plásticos para reciclaje de reuso Comercialización de stretch film Comercialización de rejillas plásticas Comercialización de cartón Destrucción de obsoletos (metales o pape) Recolección de residuos no peligrosos
LS PLASTECH S.A. DE C.V.	Transformadores / Recicladores	Nuevo León	Caja agrícola Maquila de inyección de plástico Desarrollo de proyectos manufactura Reciclaje de plástico Procesos secundarios Decoración partes plásticas
OMNIGREEN S.A.P.I DE C.V.	Recicladores	Veracruz	Peletizado de baja densidad Recolección de plástico de baja densidad Comercialización de plásticos de alta densidad Recolección de variedad de productos
PELICULAS BIODEGRADABLES DE MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.	Fabricantes de Bolsas / Recicladores	Edo. de México	Bolsa de Polietileno Reciclada (Negra y Natural) LDPE Reciclado LLDPE Reciclado HDPE Reciclado Maquila Recuperación de PE
PETSTAR, S.A.P.I. DE C.V.	Recicladores	CDMX	Resina reciclada de PET grado alimenticio.
PLASTIBOLSAS S.A DE C.V.	Fabricantes de Bolsas / Recicladores	CDMX	Bolsa de Plástico Bolsa de Papel Bolsa de Polipropileno Material reciclado Bolsa no tejida Rollo de Polietileno
OMNIGREEN S.A.P.I DE C.V.	Recicladores	Veracruz	Peletizado de baja densidad Recolección de plástico de baja densidad Comercialización de plásticos de alta densidad Recolección de variedad de productos
PELICULAS BIODEGRADABLES DE MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.	Fabricantes de Bolsas / Recicladores	Edo. de México	Bolsa de Polietileno Reciclada (Negra y Natural) LDPE Reciclado LLDPE Reciclado HDPE Reciclado Maquila Recuperación de PE
PETSTAR, S.A.P.I. DE C.V.	Recicladores	CDMX	Resina reciclada de PET grado alimenticio.
PLASTIBOLSAS S.A DE C.V.	Fabricantes de Bolsas / Recicladores	CDMX	Bolsa de Plástico Bolsa de Papel Bolsa de Polipropileno Material reciclado Bolsa no tejida Rollo de Polietileno
SUSTENTA RECYCLING S.A. DE C.V.	Materias Primas / Recicladores	Jalisco	Productor de materias primas Recicladora Lavador de PET Recolector de plástico
SUSTENTA RECYCLING S.A. DE C.V.	Materias Primas / Recicladores	Jalisco	Productor de materias primas Recicladora Lavador de PET Recolector de plástico

Fuente: Modificado de [ANIPAC \(2021\)](#).

Periodic graphics

A collaboration between C&EN and Andy Brunning, author of the popular graphics blog **Compound Interest**

More
online

To see more of Brunning's work, go to compoundchem.com. To see all of C&EN's Periodic Graphics, visit cenm.ag/periodicgraphics.

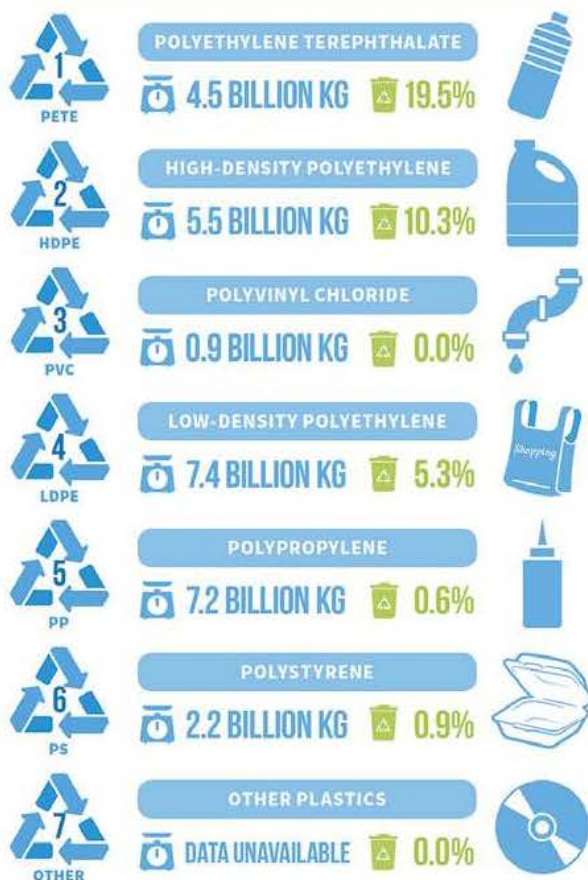
HOW IS PLASTIC RECYCLED?

This year's Earth Day is focused on mobilizing the world to end plastic pollution. Here, we examine plastics recycling, which plays a big part in these efforts, and the recycling process.

PLASTICS AND U.S. RECYCLING RATES

KEY: MASS PRODUCED PERCENTAGE RECYCLED

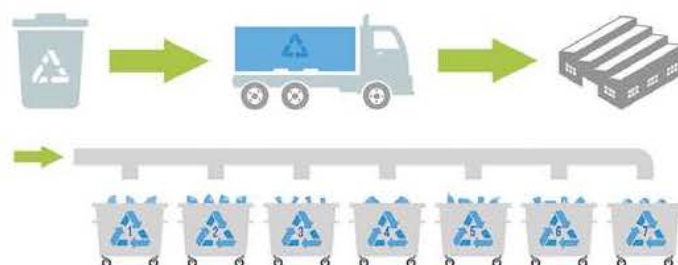
Figures for 2012; Source: U.S. EPA 2014



THE RECYCLING PROCESS

6,300 BILLION KG PLASTIC WASTE GENERATED
567 BILLION KG PLASTIC WASTE RECYCLED

Worldwide 1950–2015; Source: *Sci. Adv.* 2017, DOI: 10.1126/sciadv.1700782



Plastic must be sorted by type before it can be recycled. This is done by hand, by selectively dissolving mixtures, or with techniques such as near-infrared spectroscopy and electrostatic separation.



Washing removes dirt and labels, and density separation removes contaminants. During drying, recyclers separate plastics by color using fluorescent or UV light. The pellets produced at the end of the process can be redistributed to make new plastic products.

PERIODIC GRAPHICS



© C&EN 2018 Created by Andy Brunning for *Chemical & Engineering News*



Review

Microplastic degradation methods and corresponding degradation mechanism: Research status and future perspectives

Hao Du^{a,1}, Yuqun Xie^{b,1}, Jun Wang^{a,c,*}

^a Joint Laboratory of Guangdong Province and Hong Kong Region on Marine Bioresource Conservation and Exploitation, College of Marine Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

^b School of Bioengineering and Food Science, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, Hubei, China

^c Institute of Eco-Environmental Research, Guangxi Academy of Sciences, Nanning 530007, China



ARTICLE INFO

Editor: Dr. R Teresa

Keywords:

Advanced oxidation processes
Microplastic degradation
Biodegradation
Useful products

ABSTRACT

Microplastics (MPs) pollution has become a global environmental concern because of their severe threat to biota. However, limited studies on the elimination of MPs pollution were reported. The conventional treatment methods were not suitable for MPs owing to their smaller size than plastic items. Hence many methods for MPs treatment have been examined. This review summarized the recently reported MPs degradation methods including AOPs (direct photodegradation, photocatalytic oxidation, and electrochemical oxidation) and biodegradation, corresponding degradation mechanism as well as current development state. The characteristics and limitations of each technique were discussed in detail. We found that all of them achieved almost satisfying degradation performance of MPs, but most of them exhibited that MPs can only be degraded partially into useful products or even CO₂ and H₂O under lab conditions. Given these, some recommendations for future research directions were proposed based on the knowledge gaps in these reported literatures. The aim of this review is to give a comprehensive introduction of several MPs degradation methods and acquaint the readers with the current research status of MPs degradation.

1. Introduction

Plastic products have brought great convenience to our daily life because of its light weight, excellent chemical stability, high durability, and low cost (Gu et al., 2020). According to statistics, up to 360 million tons of plastic products were produced annually in 2018 and it is estimated that plastic production is 500 million tons in 2025 (Bai et al., 2019; Huang et al., 2020). Only a small fraction of plastics is recovered, and most of them are directly discharged into the environment as plastic wastes through various routes. Plastics have been considered as a new type of persistent contaminations as they can persist in water bodies for hundreds or even thousands of years and are thus defined as nonbiodegradable plastics. Plastic products can be decomposed into small plastic particles by the combined effect of physical, chemical or biological processes in the natural environment, of which those with a diameter < 5 mm are named MPs, which was proposed by Thompson et al. (2004) for the first time. MPs are distributed ubiquitously in air,

water, soil and other environmental media (Jiang et al., 2020), and they migrate over a long distance under the action of wind and ocean currents and have been frequently detected in arctic glaciers and deep-sea sediments (Kumar et al., 2021). Due to their large quantity and small size, MPs readily enter the human body through the food chains. Therefore, MPs posed far more harmful to human than large plastics (Gaylarde et al., 2020). Numerous studies have shown that MPs can seriously damage the growth and reproduction of organisms and even lead to death. Therefore, MPs pollution has become an environmental issue that attracts worldwide attention.

To date, all countries in the world have attempted to take some corresponding measures to control/reduce the MPs pollution at its source. Europe first adopted the "European Strategy for Plastics in a Circular Economy" in January 2018. Additionally, Europe also propose a voluntary commitment "Plastic 2030", including "Zero Pellet Loss", "Zero Plastics to Landfill", and other initiatives. In China, China government issued the "Plastics Restriction Order" in 2008 and the "Opinions on

* Corresponding author at: Joint Laboratory of Guangdong Province and Hong Kong Region on Marine Bioresource Conservation and Exploitation, College of Marine Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China.

E-mail address: wangjun2016@scau.edu.cn (J. Wang).

¹ Equal contribution

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126377>

Received 8 February 2021; Received in revised form 22 April 2021; Accepted 23 April 2021

Available online 10 June 2021

0304-3894/© 2021 Elsevier B.V. All rights reserved.



US 20230234028A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication**
Collias et al.

(10) **Pub. No.: US 2023/0234028 A1**

(43) **Pub. Date: Jul. 27, 2023**

(54) **MICROPLASTIC REMOVAL USING ADHESIVES**

Publication Classification

(71) Applicants: **The Procter & Gamble Company**, Cincinnati, OH (US); **The Regents of the University of Michigan**, Ann Arbor, MI (US)

(72) Inventors: **Dimitris Ioannis Collias**, Mason, OH (US); **Anne McNeil**, Ann Arbor, MI (US); **Paul Takunda Chazovachii**, Ann Arbor, MI (US); **Woojung Ji**, Ann Arbor, MI (US)

(21) Appl. No.: **18/070,525**

(22) Filed: **Nov. 29, 2022**

Related U.S. Application Data

(63) Continuation of application No. PCT/US2021/039645, filed on Jun. 29, 2021.

(60) Provisional application No. 63/045,655, filed on Jun. 29, 2020.

(51) **Int. Cl.**

B01J 20/26 (2006.01)

B01J 20/28 (2006.01)

B01J 20/30 (2006.01)

C08F 20/06 (2006.01)

C08J 11/28 (2006.01)

C02F 1/28 (2006.01)

B01D 53/04 (2006.01)

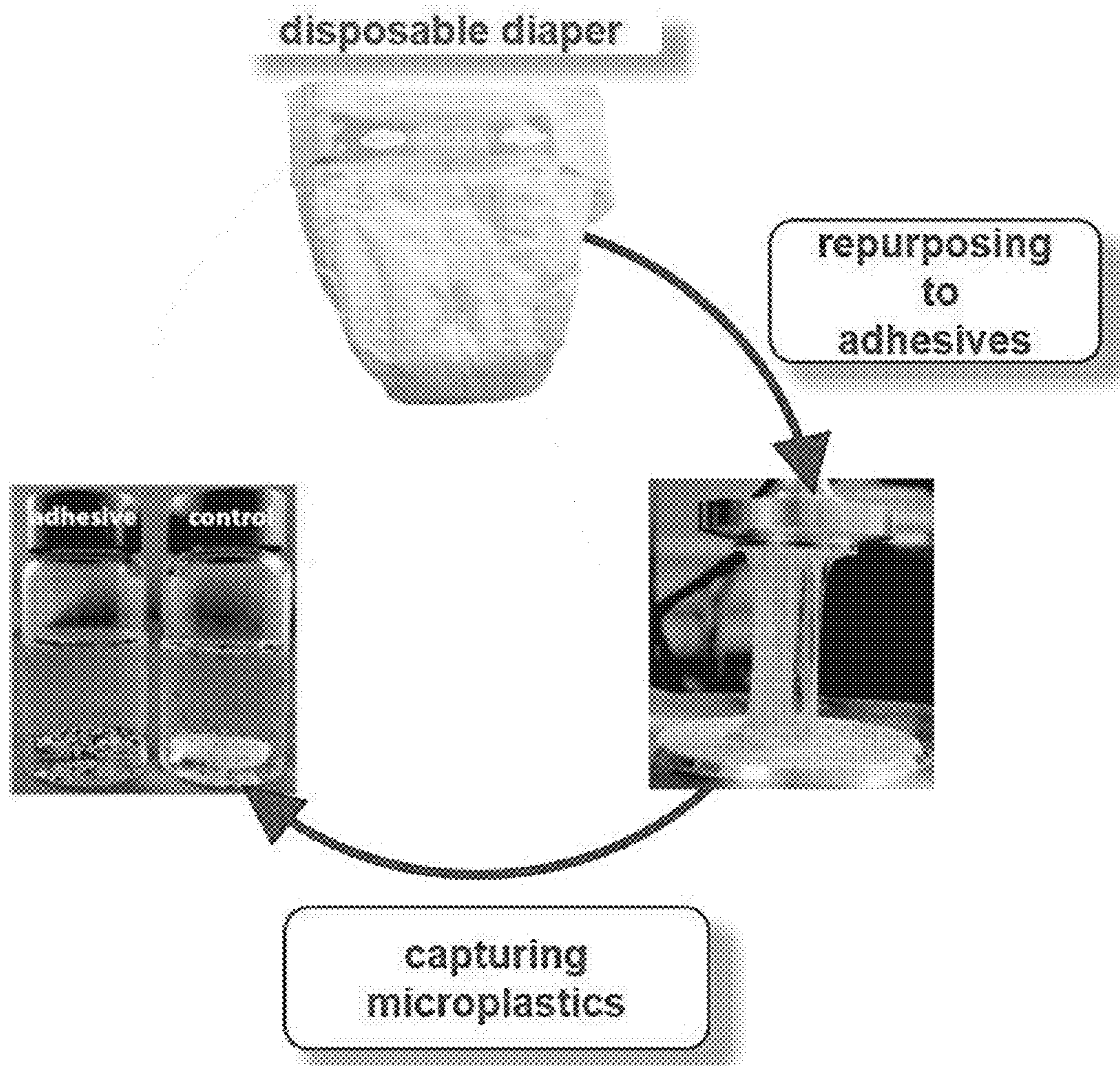
(52) **U.S. Cl.**

CPC *B01J 20/265* (2013.01); *B01J 20/28028* (2013.01); *B01J 20/3085* (2013.01); *C08F 20/06* (2013.01); *C08J 11/28* (2013.01); *C02F 1/285* (2013.01); *B01D 53/0407* (2013.01); *C08F 2810/00* (2013.01); *C08J 2333/02* (2013.01); *C02F 2101/32* (2013.01)

(57)

ABSTRACT

Articles comprising pressure-sensitive adhesives and methods of their use for removing micro- and nanoplastic particles from various media, including wastewater effluent, laundry effluent, and indoor air, are disclosed.





US 20230265000A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication**
PARDO et al.

(10) **Pub. No.: US 2023/0265000 A1**

(43) **Pub. Date: Aug. 24, 2023**

(54) **SELECTIVE REMOVAL OF MICRO-CONTAMINANTS FROM SLUDGE**

C02F 11/10 (2006.01)

C02F 11/18 (2006.01)

C02F 11/12 (2006.01)

(71) Applicant: **SUEZ INTERNATIONAL, PARIS LA DEFENSE CEDEX (FR)**

(52) **U.S. Cl.**

CPC *C02F 11/04* (2013.01); *C02F 11/06* (2013.01); *C02F 11/10* (2013.01); *C02F 11/18* (2013.01); *C02F 11/12* (2013.01); *C02F 2301/046* (2013.01); *C02F 2301/066* (2013.01); *C02F 2303/10* (2013.01)

(72) Inventors: **Pierre-Emmanuel PARDO, ORSAY (FR); Sylvain DONNAZ, RICHEBOURG (FR); Adriana GONZALEZ OSPINA, MONTESSON (FR)**

(21) Appl. No.: **18/012,935**

(57)

ABSTRACT

(22) PCT Filed: **Jun. 23, 2021**

A method for selectively removing micro-contaminants from sludge, the method includes a) providing sludge contaminated with micro-contaminants, and b) subjecting the sludge to a primary treatment step, thereby producing a first stream of primary sludge comprising a first part of micro-contaminants and a second stream of remaining sludge comprising a second part of micro-contaminants, c) subjecting the second stream of remaining sludge to a secondary treatment step, thereby producing biological sludge, wherein the first stream of primary sludge and the biological sludge are further subjected to separate treatment steps whose effects are coupled, so as to divert, capture and destroy the first part of micro-contaminants in the primary treatment step.

(86) PCT No.: **PCT/EP2021/067212**

§ 371 (c)(1),

(2) Date: **Dec. 25, 2022**

(30) **Foreign Application Priority Data**

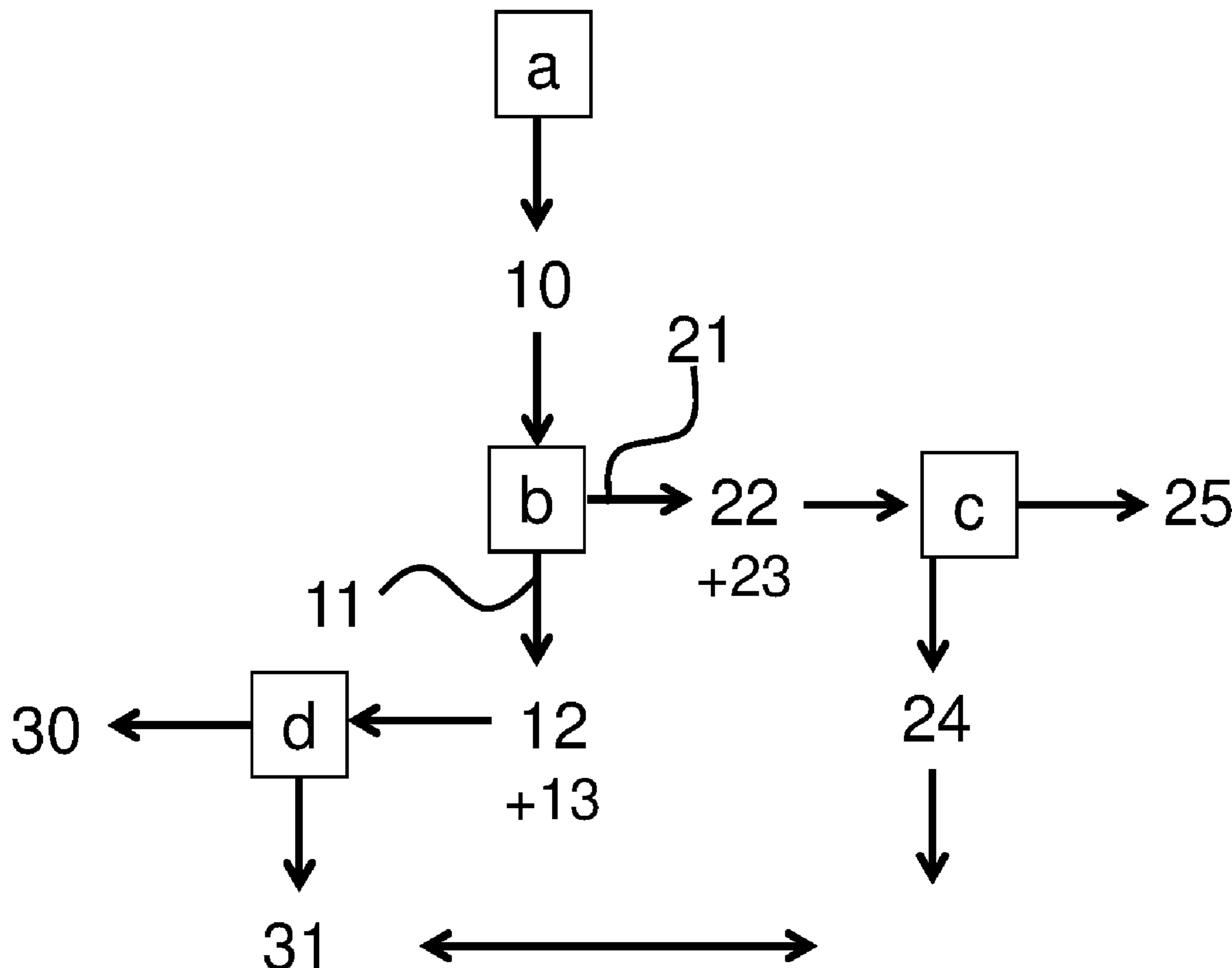
Jun. 25, 2020 (EP) 20305704.7

Publication Classification

(51) **Int. Cl.**

C02F 11/04 (2006.01)

C02F 11/06 (2006.01)





(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication**
Gutierrez et al.

(10) **Pub. No.: US 2023/0286829 A1**

(43) **Pub. Date: Sep. 14, 2023**

(54) **METHODS, APPARATUS, AND SYSTEMS FOR DETECTING AND REMOVING MICROPLASTICS FROM WATER**

G01N 33/18 (2006.01)
G01N 35/10 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.**
CPC *C02F 1/008* (2013.01); *B01D 21/0042* (2013.01); *B01D 29/56* (2013.01); *C02F 1/001* (2013.01); *G01N 1/20* (2013.01); *G01N 15/06* (2013.01); *G01N 33/18* (2013.01); *G01N 35/10* (2013.01); *C02F 2001/007* (2013.01); *C02F 2101/30* (2013.01)

(71) Applicant: **Aizaco Limited Company**, Frisco, TX (US)

(72) Inventors: **Carlos Alberto Hernandez Gutierrez**, Frisco, TX (US); **Aiza Fernanda Jose Sanchez**, Frisco, TX (US)

(21) Appl. No.: **18/199,774**

(22) Filed: **May 19, 2023**

Related U.S. Application Data

(62) Division of application No. 17/701,499, filed on Mar. 22, 2022, now Pat. No. 11,679,993.

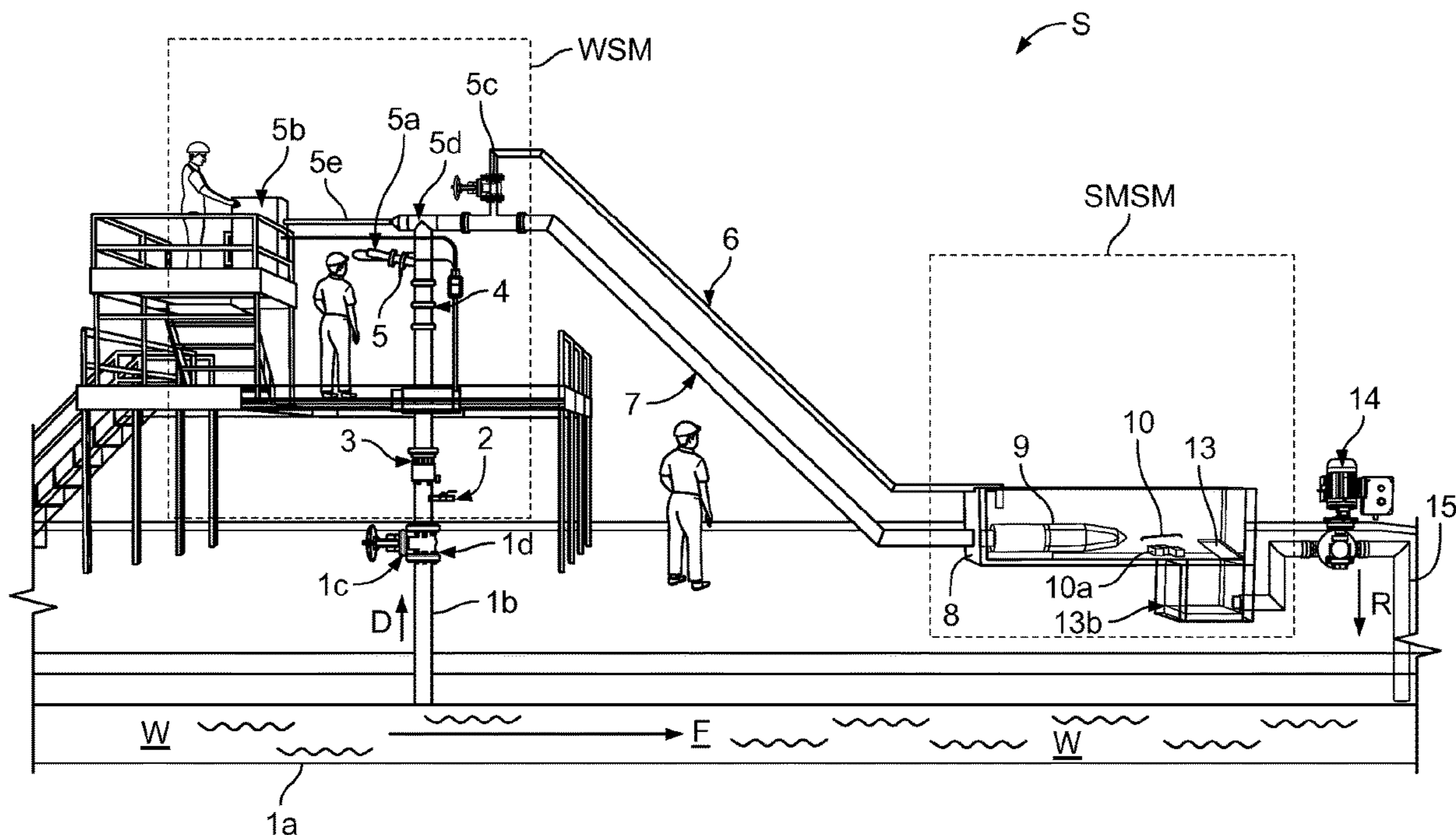
(60) Provisional application No. 63/164,609, filed on Mar. 23, 2021.

Publication Classification

(51) **Int. Cl.**
C02F 1/00 (2006.01)
B01D 21/00 (2006.01)
B01D 29/56 (2006.01)
G01N 1/20 (2006.01)
G01N 15/06 (2006.01)

(57) **ABSTRACT**

Methods, apparatus, and systems are provided for detecting and removing microplastics from wastewater effluent. Both, automatic/remote and manual monitoring and sampling components are included to detect the presence of microplastics. The automatic monitoring and sampling component includes a TSS sensor and associated apparatus calibrated to account for non-plastic solids present in the wastewater and, thereby, more accurately determine the presence of microplastics. Efficient separation and removal of microplastics from wastewater effluent is performed by a specialized capture net apparatus having multiple sized mesh components and optional diffuser devices which perform size exclusion filtration of microplastics from the water. In an exemplary embodiment, the methods generally include diverting treated wastewater effluent from a wastewater treatment facility's main line into a wastewater sampling mechanism via an intake pipe, and then into a solids monitoring and separation mechanism which includes the specialized capture net apparatus.



Walmart



Walmart

\$ 29.90 kg

Precio bajo \$90

Precio bajo





Jamón Cocido
Gran Reserva Esp.
Antes: \$350.00
\$ 135⁶⁰
Kg

Soriana
Jamón Cocido
Gran Reserva Esp.

Estamos
contigo

Soriana

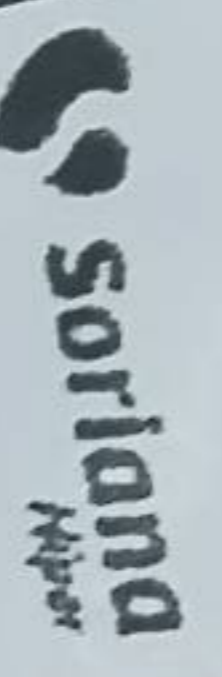
\$146.00
\$255.00
\$361.00
\$151.00
\$167.00
\$323.00
\$487.00
\$118.00



SAVINGS
02/20/20
50%

SAVINGS
02/20/20
50%

02584000059963



JAMON PIENA HORNEADO ESPECIAL

Fecha de Empacado	Hora de Empacado	Consumo Referencial
06.09.2023	15 Hrs	11.09.2023
Precio/Unidad	Precio Neto	Precio
0.506 kg	118.50	\$



41.90
KG
AGUACATE HASS MALLA
PZA

41.90
AGUACATE HASS MALLA
PZA

OFERTA
DE: \$24.90 A: \$19.80
PEPINO VERDE KG
Santitas
Vigencia al 4 Oct 2023

Confianza de encontrar
calidad y frescura



\$ 27.90 kg.

Panadería
Recetas inspiradas con el mejor sabor



すでにご購入された
品で電子レンジが
必要なお客様

ご自由にお使
くださいませ

— 店舗 —

