

ENVASES MULTICAPA: DISPOSICIÓN Y ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Graciela Segundo-Galeana

Facultad de Ingeniería Química

Licenciatura en Ingeniería ambiental

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Ciudad Universitaria, Edificio FIQ 7, Av. Sn. Claudio y 18 sur Col. Jardines de San Manuel, CP. 72570 Puebla, Puebla.

graciela.segundog@alumno.buap.mx

2492329074@viep.com.mx

Resumen

El uso de envases multicapa es imprescindible para manipular y distribuir de manera segura los alimentos procesados gracias a las propiedades de sus componentes que garantizan protección y conservación de los alimentos. Sin embargo, debido a que su vida útil es corta actualmente se vive un problema de contaminación por los residuos generados posterior a su uso, ocasionando importantes impactos ambientales desde la obtención de las materias primas para su fabricación hasta su disposición inadecuada en vertederos o incineración de estos. El objetivo de este artículo es describir el panorama actual del manejo de los residuos de envases multicapa para contribuir en el fomento de una gestión integral de este tipo de residuo potencialmente valorizable e impulsar la transición de la economía lineal a una economía circular.

Palabras clave: envases multicapa, brik, envases ligeros, contaminación, economía circular.

Abstract: The use of multilayer packaging is essential to safely handle and distribute processed foods thanks to the properties of its components that guarantee the protection and preservation of food. However, due to its short useful life, there is currently a contamination problem due to the waste generated after its use, causing significant environmental impacts from obtaining the raw materials for its manufacture to its inadequate disposal in landfills or incineration of waste. The objective of this article is to describe the current outlook of multilayer packaging waste management to contribute to the promotion of integrated management of this type of potentially recoverable waste and promote the transition from the linear economy to a circular economy.

Keywords: multilayer packaging, brick, light packaging, pollution, circular economy.

INTRODUCCIÓN

La generación de residuos estimada para el estado de Puebla fue de 5,991 toneladas de residuos por día, de las cuales solo 4,218 toneladas por día promedio (70.41%) son recolectadas según lo reportado en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos (DBGIR) publicado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) apoyado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en mayo de 2020, situándose al estado de Puebla en el sexto lugar de las 32 entidades federativas con mayor índice de generación de residuos sólidos urbanos tan solo por debajo de Guanajuato, Veracruz, Jalisco, Ciudad de México y el Estado de México (DBGIR, 2020).

La producción y el consumo de bienes y servicios generan inevitablemente algún tipo de residuo. Estos residuos que se generan y no se disponen adecuadamente al final de su vida útil tienen efectos muy diversos en la población y el ambiente, algunos de sus efectos son la generación de contaminantes y gases de efecto invernadero, adelgazamiento de la capa de ozono, contaminación de los suelos y cuerpos de agua, así como la proliferación de fauna nociva y transmisión de enfermedades (SEMARNAT, 2015). Sin embargo, la naturaleza tiene límites de amortiguamiento de desechos y explotación de recursos. Esta sobreexplotación desmesurada e inducida por los patrones consumistas y la producción insostenible cuestiona el actual sistema capitalista en relación con sus consecuencias (Balderas, 2020).

A principios del año 2019, la SEMARNAT publica una “visión nacional” hacia una gestión sustentable: cero residuos, cuyo objetivo es transformar el esquema tradicional del manejo de los residuos en un modelo de economía circular, para el aprovechamiento racional de los recursos naturales y favorecer el desarrollo sustentable en el país (DBGIR, 2020). El ciclo lineal de producción consiste en la extracción de materias primas para la fabricación de productos y ser desechados al final de su vida útil, que generalmente es corta, mientras que el concepto de economía circular está estrechamente relacionado con los principios de las 3R: reducir, reutilizar y reciclar (Ghisellini et al. 2016; Lieder y Rashid, 2016 como se citó en Tisserant et al, 2017) para evitar la generación de residuos.

Resulta claro el analizar el panorama actual del manejo de los residuos sólidos urbanos y contribuir en el fomento de una gestión integral de aquellos residuos potencialmente valorizables, en particular de los residuos de envases multicapa, que en la actualidad requieren de mayor interés ante el inminente aumento de su generación.

A continuación, se presenta información recabada de la literatura referente a los envases multicapa.

Origen de los envases multicapa

Los cartones asépticos, también denominados multicapas o brik, tienen su origen en 1951 cuando Rubén Rausing establece Tetra Pak en Lund, Suecia (Historia de Tetra pak, s.f.). Se utilizan para diversas líneas de alimentos como: lácteos principalmente el envasado de la leche, helados, queso, frutas, verduras y alimento para mascotas (Acerca de tetra pak, s.f.).

Anton et al, 2020; Sanjana et al, 2019; Shin y Selke, 2014 refieren que la composición de los envases multicapa incluye tres diferentes materiales:

* Cartón: como variante del papel constituye el 75% del envase otorgando rigidez y resistencia al envase.

* Polietileno (PE): constituye el 20% y es el material que se presenta en más capas dentro del envase, su función es permitir una unión selladora entre los materiales, así como impermeabilidad.

* Aluminio: presente en un 5% actúa como un material de barrera bloqueando el paso de la luz, el oxígeno y el vapor, asimismo protege la conservación del sabor y presenta resistencia a los aceites y grasas.

Estos materiales componen el envase en seis capas integradas por medio de calor y presión, el orden de las capas de afuera hacia adentro son:

- 1) Polietileno: protección contra efectos externos y humedad
- 2) Tinta de impresión
- 3) Cartón: estabilidad/resistencia
- 4) Polietileno: capa de adherencia
- 5) Lámina de aluminio: barrera de oxígeno, sabor, luz y radiación ultravioleta
- 6) Polietileno: capa de adherencia y 7. Polietileno: capa de sellado de líquidos.

Es debido a esta composición que los envases multicapa son considerados materiales compuestos al no estar mezclados en escala atómica, así como considerarse compuesto de madera y plástico (Yilgor et al., 2014). En la figura 1. Se muestra las capas que componen un envase multicapa.

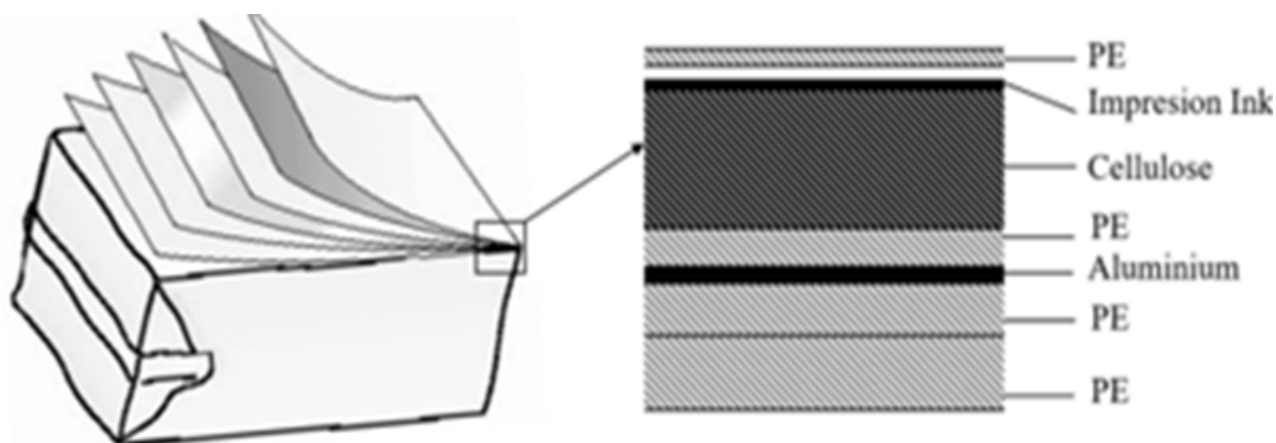


Figura 1. Capas de los envases multicapa de tetra pak. Obtenida de Anton et al., 2020.

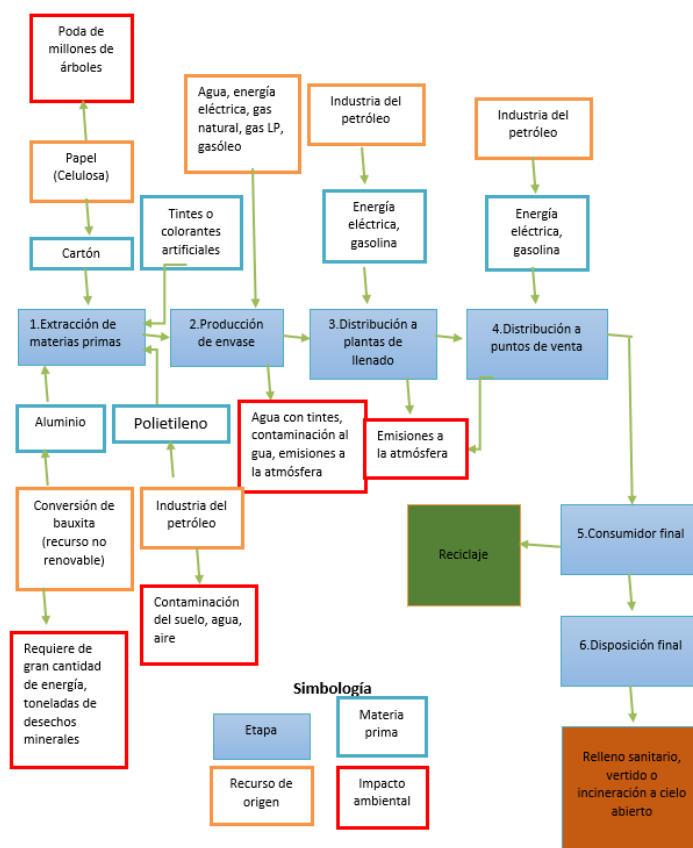
Ciclo de Vida

El ciclo de vida de un producto son las etapas que comprende el nacimiento (extracción de las materias primas) hasta la tumba (final de su vida útil) de un producto (Romero, 2003), en el que se generan impactos ambientales y por lo cual se han desarrollado metodologías como la evaluación del ciclo de vida (por sus siglas en inglés LCA) o análisis del ciclo de vida que evalúa las cargas ambientales y los impactos potenciales asociados con los procesos, recopilando un inventario de entradas y salidas e interpretando los resultados del estudio (Antelava et al., 2019).

La Norma Internacional ISO 14040 (2006) regula la práctica y describe los principios, la metodología y el marco para realizar el análisis de ciclo de vida y ayuda a identificar los parámetros para mejorar los aspectos ambientales de los productos en varios puntos de su ciclo de vida. Un aspecto ambiental se define como aquel elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente, ocasionando un impacto ambiental que ocasiona cualquier cambio en el medio ambiente y puede ser positivo o negativo. Asimismo, en esta norma se establecen cuatro etapas fundamentales para realizar un análisis de ciclo de vida que consisten: 1) Fase de definición del objetivo y alcance: se establecen los límites del sistema y el nivel de detalle, 2) Fase de análisis de inventario: se definen entradas y salidas para llevar a cabo balances de materia y energía, 3) Fase de evaluación de impacto ambiental: medición del impacto por medio de indicadores, 4) Fase de interpretación: derivación de conclusiones respecto a la evaluación y alcance.

El análisis considera cualquier opción que influya en el medio ambiente al consumir recursos y liberar emisiones que, en consecuencia, generan corrientes de residuos. Generalmente, los impactos que se consideran incluyen el uso de recursos, la salud humana y los impactos ecológicos. El análisis de ciclo de vida es una técnica eficaz de toma de decisiones para los procesos de gestión y tratamiento de residuos (Rigamonti et al., 2009).

Figura 2. Ciclo de vida de los envases multicapa. Elaborado a partir de Anton et al, 2020; Akinro et al, 2012; Cabaloya et al., 2011, Folchi, 2005.



La figura 2 describe de manera general el ciclo de vida lineal de los envases multicapa, el cual inicia con la extracción de materias primas: cartón, proveniente de la celulosa; aluminio, obtenido de la conversión de la bauxita; polietileno, producido por la industria del petróleo y tintes o colorantes artificiales, dando como resultado el agotamiento de recursos naturales por la poda de árboles y la explotación minera, así como contaminación al agua, aire y suelo como principales impactos ambientales. La segunda etapa corresponde a la producción de los envases en donde los aspectos ambientales son el consumo de agua, energía eléctrica

ca, gas natural, gas LP y gasóleo, en las salidas de esta etapa se tiene la contaminación al agua y emisiones a la atmósfera, las etapas que corresponden a la distribución a plantas de llenado y puntos de venta requiere principalmente del consumo de energía y combustible (gasolina), mientras que en la etapa de consumo final se obtiene el envase multicapa como residuo y a partir de este puede ingresar a alguno de los procesos de reciclaje que se detallan en el apartado 5. dentro de un modelo de economía circular o disponerse en un relleno sanitario, verterse o incinerarse a cielo abierto como se hace en un modelo de economía lineal.

Impactos ambientales

ambientales de los componentes de los envases multicapa

Cartón

El cartón está compuesto por varias capas de celulosa, la cual en gran parte se deriva de la pulpa de árboles y otras fibras vegetales. Al ser uno de los materiales más utilizados, la demanda es cada vez mayor lo que obliga a fabricar grandes cantidades de pasta de celulosa, lo que provocan la poda de millones de árboles (Anton et al, 2020), asimismo contribuye a problemas ambientales existentes tales como el calentamiento global, la toxicidad humana, la ecotoxicidad, la oxidación fotoquímica, la acidificación, la nitrificación y la generación de desechos sólidos (Söderholm et al., 2019). Es por ello por lo que la industria de la pulpa y el papel tienen impactos ambientales significativos a pesar de que el proceso de reciclaje del papel es sencillo y se recicla en su mayor parte, sin embargo, este proceso de reciclaje del papel es cada vez más importante para el desarrollo sostenible de la industria papelera al requerir menor cantidad de energía, de productos químicos y de consumo de agua para obtener las fibras de pulpa comparado con la extracción de materia prima virgen (Cabalova et al., 2010). Por consiguiente, el proceso de producción y reciclaje del papel deben analizarse en el contexto del ecodiseño y economía circular para crear un producto sostenible y respetuoso con el medio ambiente (Koklacova & Atstaja, 2011).

Polietileno

En el mundo del 99% de los plásticos derivan de combustibles fósiles, por lo que su expansión ejerce una presión adicional sobre los ya limitados recursos no renovables de la Tierra, por lo cual la gestión del final de la vida útil de los materiales plásticos es un tema crítico en la viabilidad del mercado (Tamor et al, 2022).

El polietileno (PE) pertenece a la familia de los termoplásticos y según su grado de ramificación se clasifica en polietileno de alta densidad y baja densidad. El PE es un sólido translúcido e inodoro que está disponible en forma de gránulos y puede convertirse en diversos productos como bolsas de polietileno (Olubango, 2019), sin embargo, es una sustancia química que posee propiedades tóxicas, resiste la degradación, se bioacumula y se transporta a través del aire, el agua y las especies migratorias a través de las fronteras internacionales y finalmente se deposita lejos de su lugar de liberación, donde puede acumularse en los ecosistemas terrestres y acuáticos (Akinro et al., 2012)

Aluminio

Los metales en la corteza terrestre no se encuentran aislados, es decir, están asociados a otros metales en una misma roca que a su vez contienen otros elementos los cuales serán destinados a formar parte de los desechos del proceso de obtención del metal de interés (Folchi, 2005).

La obtención del aluminio, metal que no se encuentra en estado elemental en la corteza terrestre y se obtiene de diversas fuentes como la arcilla de caolín, esquisto bituminoso, residuos de carbón, anortosita mineral y la principal fuente de obtención es a partir de la bauxita que es el mineral principal de la alúmina y que además tiene elementos que incluyen arsénico, berilio, cadmio, cromo, plomo, manganeso, mercurio, níquel y materiales radiactivos naturales como uranio y torio.

Se requieren aproximadamente de dos a tres toneladas de bauxita para producir una tonelada de alúmina, ya que la bauxita solo contiene entre un 30 y un 54 % de alúmina. Al purificar de cuatro a seis toneladas de bauxita se produce una tonelada de aluminio metálico. Sin embargo, este proceso de conversión de bauxita en aluminio tiene impactos ambientales directos al aire debido a la liberación de partículas en las actividades mineras que incluyen la limpieza del sitio, construcción, perforación, carga y transporte en el manejo de minerales, dichas partículas pueden reaccionar con el aire atmosférico desencadenando reacciones químicas que afecten al suelo, vegetación e incluso salud humana, asimismo se generan impactos significativos en los recursos hídricos, depositándose estos metales en sedimentos de agua debido a la acidificación de esta y posteriormente serán absorbidos por plantas o animales. No obstante, la calidad del suelo también es afectada por el proceso de extracción de bauxita al deforestarse y destruir el hábitat provocando la erosión del suelo y alterando la actividad microbiana para su restauración (Lee K. et al., 2017).

Por su parte Folchi (2005) describe que para sostener las minas de bauxita se requiere modificar el paisaje, la fertilidad del suelo, y obliga a los agricultores a abandonar sus tierras contaminadas por barro rojo, color característico de la bauxita.

La Dra. Socorro Valdés Rodríguez quien es investigadora del Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM explica que a pesar de que el aluminio no se degrada frente al medio ambiente tiene la ventaja de que puede ser 100 por ciento reciclable sin que sus pro-

iedades de resistencia mecánica y resistencia a la corrosión que posee como material metálico se vean deterioradas, de manera que puede reciclarse tantas veces como sea necesario, además que el consumo de energía en el proceso de reciclaje es 95% menor que el requerido para su producción a partir de materia prima virgen (Espíndola, 2020).

Producción de envases multicapa

Actualmente las empresas que dominan el mercado en la producción de envases asépticos son Tetra Pak con una cobertura del 80% del mercado, seguido de la Empresa Industrial Suiza (del alemán Scheweizerische Industrie Gesellschaft, SIG) Combibloc con el 20% restante (Canepa, 2017). Para el año 2020 Tetra Pak reporta la venta de más de 183 mil millones de envases (Tetra Pak en cifras, s.f.) mientras que SIG Combibloc reporta más de 150 mil millones de envases vendidos para en el mismo año (Comunicado de prensa SIG, 2020).

En México en 2018 se estimó una producción de envases de Tetra Pak de casi 7 mil millones por año (Food news latam.com, 2018), envases que al final de su vida útil no serán reintegrados en un modelo de economía circular en su totalidad. Este tipo de residuos se clasifica como residuo sólido urbano que de acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003) son aquellos generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas. Estos son los envases, embalajes o empaques vacíos, es decir estos envases se convierten en residuos, que provienen de actividades domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole (de manejo especial, peligrosos o biológico-infecciosos).

La edición 2020 del Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (DBGIR) publicado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) indica que la generación per cápita en el país fue de 0.944 kg/hab/día y la generación total de residuos, incluyendo los envases multicapa, se estima en 120,128 t/día, que de acuerdo con el tipo de residuos el porcentaje de generación se reporta en las siguientes gráficas:

Residuos susceptibles de aprovechamiento
31.56% del total

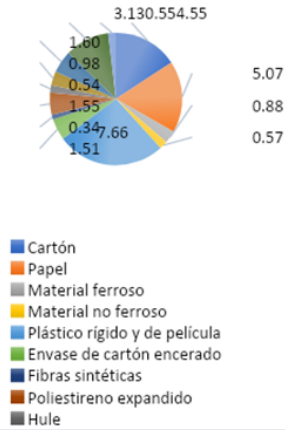


Figura 3. Porcentaje de residuos generados en la categoría de residuos susceptibles de aprovechamiento. Adaptado de los datos obtenidos del DBGIR 2020 SEMARNAT.

Residuos orgánicos 46.42% del total

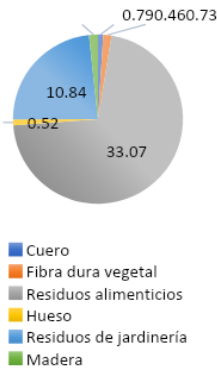


Figura 4. Porcentaje de residuos generados en la categoría de residuos orgánicos. Adaptado de los datos obtenidos del DBGIR 2020 SEMARNAT.

Otros residuos 22.03% del total

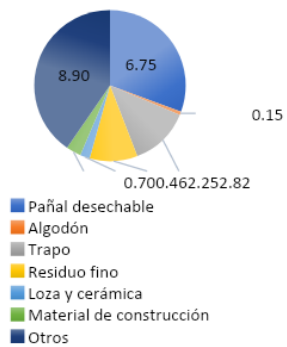


Figura 5. Porcentaje de residuos generados en la categoría de otros residuos. Adaptado de los datos obtenidos del DBGIR 2020 SEMARNAT.

Subproductos recibidos en centros de acopio

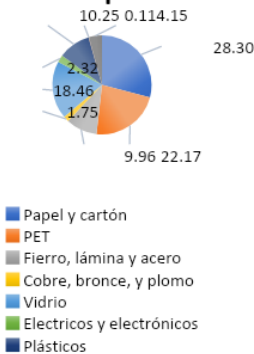


Figura 6. Porcentajes promedios de subproductos en centros de acopio. Adaptado de los datos obtenidos del DBGIR 2020 SEMARNAT.

El envasado de alimentos tiene la mayor demanda de industrias de envasado, ya sea de papel, plástico, vidrio o metal (componentes de los envases multicapas), de ahí que el reciclaje es imprescindible en el ciclo de vida de los envases multicapa para una economía circular, la cual Liu (2012) la define como “un sistema económico que se caracteriza por el principio de crecimiento sostenible y depende menos del agotamiento de los recursos naturales que las economías tradicionales, a través del mecanismo de reciclaje de la salida de residuos de su sistema” (como se citó en Ogunmakinde et al, 2021).

Es por ello por lo que, el reciclaje se puede definir como el desvío de materiales del flujo de residuos sólidos para su uso como materia prima en la fabricación de nuevos productos (Shin y Selke, 2014).



Figura 7. Proceso de reciclaje de los envases multicapa de la empresa Tetra pak tomada de la página. <https://www.packaginglatam.com/index.php/sectores/3834-tetra-pak-contin%C3%BAa-uniendo-fuerzas-con-empresas-mexicanas.html>

En la figura 7 se describe el proceso de reciclaje de los envases multicapa, el cual inicia con el acopio post-consumo de estos envases en pacas y que al estar constituidos en un 75% de fibra de madera se requiere de la separación del polietileno y el aluminio que constituyen un 20 y 5 por ciento respectivamente. Como resultado de esta separación se obtienen placas de polialuminio (polietileno y aluminio) que son utilizadas para la producción de muebles, láminas de techo entre otros usos, mientras que la fibra obtenida es aprovechada para la fabricación de papel.

Una vez terminada la función como envase de alimentos, los envases multicapa tienen las siguientes alternativas:

- 1) Aprovechamiento por termocompresión: se realiza el prensado térmico del envase completo en combinación con otros plásticos reciclables para producir una placa similar aglomerado que reemplaza a la madera en varias aplicaciones (Monteverde, 2020). Fue el primer método de reciclaje de los envases multicapa para su utilización en la industria de los muebles, de la construcción y embalaje (Karaboyaci et al., 2017).
- 2) Aprovechamiento por separación de sus componentes: mediante un desfibrador los envases vacíos se licúan con agua en un equipo denominado “hidropulper” donde se ejerce una acción hidromecánica del material para separar el papel del metal y del plástico, la pulpa (celulosa) obtenida ingresa como materia prima a los procesos productivos de la industria papelera. La separación de aluminio y polietileno (polialuminio) requiere de otro proceso como pirólisis o plasma térmico. La pirólisis se define como la degradación térmica de una sustancia en ausencia de oxígeno o bien una cantidad limitada del mismo, a temperaturas de 400°C y 800°C, transformando los residuos en gases, líquidos y cenizas sólidas conocidas como “coque de pirólisis”, mientras que el plasma térmico es un estado de la materia formado a partir de un gas sometido a altas temperaturas en el cual prácticamente los átomos han sido ionizados (separación de sus electrones). El resultado es un fluido formado por una mezcla de electrones, iones y partículas neutras libres, siendo un conjunto eléctricamente neutro pero conductor de electricidad (Grau y Farré, 2011), de modo que el polialuminio es alimentado al reactor en un proceso a temperatura de 650°C a 700°C donde ocurre la fusión del aluminio, obteniéndose en estado líquido que por el contrario el polietileno es degradado, formando una mezcla de hidrocarburos gaseoso-

para generar parafina (Mezquita, 2015).

En 2006 en Brasil se instaló la empresa Alcoa Aluminio, que separa eficientemente el polialuminio utilizando tecnología de plasma; la cantidad de energía requerida en la instalación para producir 1 tonelada de aluminio es de 400-500 kWh. La planta de plasma procesa 8.000 toneladas de mezcla de aluminio y plástico en un año, lo que corresponde a 32.000 toneladas de material aséptico, por lo que este método es muy costoso (Karaboyaci et al., 2017).

Cabe recalcar que el reciclaje comienza con el acopio de materiales en los hogares antes de llevarlo a un centro de acopio regulado que posteriormente lo destine a un tratamiento para su aprovechamiento. De ahí que los principales usos que se le dan a los envases multicapa son como macetas, semilleros, organizadores de útiles escolares, lámparas o portavasos por mencionar algunos ejemplos.

Empresas recicladoras de envases multicapas en México

Ante el imprescindible uso de los envases asépticos para la distribución de los alimentos y la gran producción anual de ellos, se origina una gran generación de residuos que para diversas empresas en México son un área de oportunidad para contribuir en la sustentabilidad y la economía circular incorporando el reciclaje de los envases multicapa para la obtención de materia prima de sus procesos productivos minimizando el impacto ambiental de estos e impulsando su valorización.

Las empresas que trabajan en alianza con Tetra Pak para la circularidad de los envases multicapa son las siguientes:

* Biopapel (<https://www.biopappel.com/>): empresa líder en Latinoamérica y Estados Unidos en el reciclaje y fabricación de productos de papel, donde se procesan más de 21.000 toneladas de envases al año, donde se realiza la separación de los componentes, a modo de obtener la celulosa y continuar el proceso mientras que el polialuminio es mandado a otra industria para su aprovechamiento.

* QFMex (<https://www.qfmex.mx/>): ubicada en Iztapalapa, Ciudad de México, la empresa se encuentra dentro del mercado de los papeles especiales y cartones de la más alta calidad para uso industrial, donde se recupera la celulosa del reciclaje de envases multicapa, además aprovecha los componentes de polietileno y aluminio del envase para la fabricación de subproductos como un aglomerado homogéneo, impermeable, retardante al fuego, capaz de aislar tanto el ruido exterior como la temperatura.

* Celupak: ubicada en San Juan del Río en Querétaro, es una empresa dedicada al reciclaje de los envases tetra pak, la principal materia prima para la obtención de fibra pura y su posterior envío a otras industrias para su aprovechamiento en la fabricación de papel de impresión, higiénico y servitoallas.

* Marcolite (<https://marcolite.com/>): se ubica en Texcoco perteneciente al Estado de México, esta empresa se centra en el reciclaje de envases multicapas para ofrecer fibra reciclada para la industria del calzado, así como productos amigables con el medio ambiente, reciclan cerca de 3600 toneladas anuales, que se traducen en 115 millones de envases.

En México se ha dado a conocer recientemente la plataforma denominada Ecolana (<https://ecolana.com.mx/>). Es la primera plataforma para reciclaje en México que no recolecta ni trata los residuos incluyendo los envases multicapa. Esta plataforma se basa en un mapa digital donde se enlistan lugares en la república mexicana con centros de acopio de materiales que son susceptibles al reciclaje, el objetivo es elevar los niveles de reciclaje en el país.

CONCLUSIÓN

Los diferentes productos generados a partir de la introducción de los envases multicapa posconsumo a las alternativas de reciclaje están en proceso de mejora e innovación, que evalúa diferentes parámetros en las propiedades químicas y físicas, así como la influencia de los factores biológicos para que representen una alternativa de uso a los productos convencionales de procesos basados en la producción lineal, de modo que se fomente el reciclaje, aprovechamiento o valorización de los residuos por parte de las industrias, al mismo tiempo que se formen comportamientos y hábitos de consumo sostenibles en la sociedad para impulsar la economía circular como modelo de producción para un desarrollo no solo sostenible sino sustentable donde se constituya la gestión integral de los residuos a nivel local, regional y global para la minimización del impacto ambiental que se ocasiona a lo largo del ciclo de vida de los envases multicapa

AGRADECIMIENTOS

Por su invaluable apoyo, motivación y paciencia mis agradecimientos a la Dra. Beatriz Espinosa Aquino comprometida con impulsar el desarrollo profesional de sus asesorados; a la revista RD-ICUAP por brindar un espacio para la divulgación científica y a la BUAP por formarnos para un mejor desempeño profesional.

REFERENCIAS

Acerca de Tetra Pak. <https://www.tetrapak.com/es-mx/about-tetra-pak>

Antelava A., Damilos S., Hafeez S., Manos G., Al-Salem S., Sharma B., Kohli K., Constantinou A.(2019).Environmental Management <https://doi.org/10.1007/s00267-019-01178-3>

Antón N., González, Á., Villarino A. (2020). Reliability and Mechanical Properties of Materials Recycled from Multilayer Flexible Packages. *Materials*; 13(18):3992. <https://doi.org/10.3390/ma13183992>

Akinro, A.O., Ikumawoyi, O.B., Olotu, Y. & Ologunagba, M.M. (2012). Environmental impacts of polyethylene generation and disposal in Akure City, Nigeria. *Global Journal of Science Frontier Research Agriculture and Biology*. 12(3), 1-8

Balderas Castrillo I. (2020). Manejo de residuos sólidos urbanos en el municipio de Puebla: políticas, actores y acciones [Tesis de doctorado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].

Cabalova, I., Kacik, F., Geffert, A., & Kacikova, D. (2011). The Effects of Paper Recycling and its Environmental Impact. In (Ed.), *Environmental Management in Practice*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/23110>

Canepa Becerril, M. (2017). Impacto ambiental de envases multicapa[Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].

Comunicado de prensa SIG.(10 de noviembre de 2020) <https://www.sig.biz/mx/media/press-releases/150plus-million-packs-with-signature-packaging-material-sold-as-demand-for-sustainable-packaging-grows>

Espíndola, J.(26 de octubre de 2020). Aluminio, amigo del medio ambiente. <https://www.reporteindigo.com/piensa/aluminio-amigo-del-medio-ambiente-contaminacion-consumo-reciclaje/>

Folchi, M.(2005),Los efectos ambientales del beneficio de minerales metálicos: un marco de análisis para la historia ambiental. <https://doi.org/10.1590/S0104-87752005000100003>

Food News Latam. (9 de octubre de 2018).En México, Tetra Pak fabrica casi 7 mil millones de envases cada año. <https://www.foodnewslatam.com/paises/85-mexico/8480-en-m%C3%A9xico,-tetra-pak-fabrica-casi-7-mil-millones-de-envases-cada-a%C3%B1o.html>

Grau, A. & Farré, O. (2011). Situación potencial de valoración energética directa de residuos, Estudio técnico PER2011-2022. Instituto para la diversificación y ahorro de energía.

Historia de Tetra pak. <https://www.tetrapak.com/es-mx/about-tetra-pak/the-company/history>

ISO 14040:2006 Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia

Koklacova1 S. & Atstaja D. (2011). Paper and Cardboard Packaging Ecodesing and Innovative Life Cycle Solutions. *Scientific Journal of Riga Technical University. Safety of Technogenic Environment Vol 1*. <https://>

REFERENCIAS

ste-journals.rtu.lv/article/view/122/46

Karaboyaci, M., Gizem, G., & Senca, A.(2017).Process desing for the recycling of tetra pak components. EJENS, European Jornal of Engineering and Natural Sciences, 126-129, 2(1).

KY, L., LY, H. ., KH, T. ., YY, . T., SP, L., AM, Q., T, . P., & R, N. (2017). Impacto en la salud ambiental y ocupacional de la minería de bauxita en Malasia: una revisión. IIUM Medical Journal Malasia, 16 (2). <https://doi.org/10.31436/imjm.v16i2.346>

Ley General para la Gestión Integral de los Residuos, Diario Oficial de la Federación, México, 8 de octubre de 2003.

Mezquita Reyes, M.(2015).Aprovechamiento de los residuos de envases multicapa, una propuesta para la península de Yucatán [Tesis de licenciatura, Universidad de Quintana Roo]

Monteverde M.(2020).Análisis del reciclaje y la circularidad de envases en América Latina. Latitud R, Reciclaje inclusivo hacia una economía circular

Ogunmakinde, O., Sher, W., & Egbelakin, T.(2021).Circular economy pillars: a semi -systematic review. Technologies and Environmental Policy <https://doi.org/10.1007/s10098-020-02012-9>

Olubanjo, O. (2019). Environmental Impacts of Polyethylene Generation and Disposal in Ilesha City, Osun State, Nigeria. ABUAD Journal of Engineering Research and Development (AJERD) Volume 2, Issue 1, 135-142

Rigamonti, L., Grosso, M., Sunseri, M.C., 2009. Influence of assumptions about selection and recycling efficiencies on the LCA of integrated waste management systems. International Journal of LCA 14 (5), 411-419

Romero, B. (2003) El análisis del ciclo de vida y la gestión ambiental. Tendencias tecnológicas.Boletin iiE 91-97

Sanjana M., Hemegowda R., Sushma R. (2019). Aseptic Packaging A Novel Technology to the Food Industry. InternationalJournalofTrendinScientificResearchandDevelopment-IJTSRD <http://www.ijtsrd.com/papers/ijtsrd22779.pdf>

SEMARNAT.(2015).Informe de la situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap7_Residuos.pdf

SEMARNAT.(2020).Diagnóstico Básico para la gestión integral de los residuos. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>

Shin J. y Selke S. (2014). Food packaging. Food processing: Principles and aplicaciones. 2da ed.

REFERENCIAS

Söderholm, P., Bergquist, AK. & Söderholm, K. Environmental Regulation in the Pulp and Paper Industry: Impacts and Challenges. *Curr Forestry Rep* 5, 185–198 (2019). <https://doi.org/10.1007/s40725-019-00097-0>

Tamoor, M.; Samak, N.A.; Yang, M.; Xing, J. The Cradle-to-Cradle Life Cycle Assessment of Polyethylene terephthalate: Environmental Perspective. *Molecules* 2022, 27, 1599. <https://doi.org/10.3390/molecules27051599>

Tetra pak en cifras. <https://www.tetrapak.com/es-mx/about-tetra-pak/the-company/facts-figures>

Tisserant A., Pauliuk S., Merciai S., Schmidt J., Fry J., Wood R., Tukker A. (2017). Solid waste and circular economy. A global Analysis of waste treatment and waste footprints. *Journal of Industrial ecology* DOI: 10.1111/jiec.12562

Yilgor N., Kose C., Terzi E., Kanturk F., Ibach R., Kartal S. y Piskin S. (2014). Composites from Tetra Pak. *BioResources* 9(3)