

ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES DE PLÁSTICOS PARA LA PRODUCCIÓN, CONSUMO Y COMERCIO DE ENVASES RÍGIDOS DEL POLIETILENO DE TEREFTALATO (PET) EN PERÚ DURANTE 2018

PLASTICS MATERIALS FLOW ANALYSIS FOR PRODUCTION, CONSUMPTION, AND TRADE OF RIGID PACKAGING OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) IN PERU DURING 2018

Roxana Díaz¹

Asociación Civil Reciclame Cumple con tu Planeta - Perú

Gabriela Velarde²

Asociación Civil Reciclame Cumple con tu Planeta - Perú

Gladys Lino³

Universidad Científica del Sur - Perú

Recibido: 12/12/2020

Aprobado: 28/12/2020

Resumen

Se realizó el diagnóstico de los flujos nacionales de los envases rígidos de PET mediante un Análisis de Flujo de Materiales (AFM) y la validación de los resultados con los actores claves relacionados a la industria de este producto en el Perú. Se estimó una producción nacional de envases rígidos de PET de 237.5 mil toneladas, donde el 0.4% serían envases retornables, el 10.2% residuos reciclados, el 50.7% importaciones y el 38.7% corresponderían a los que ingresan conteniendo productos importados y al stock de períodos anteriores. Respecto a las salidas, se calcula que el 80.5% retornó o se dispuso como residuo en un periodo menor al año; y el 19.5% se exportó. Centrándonos en los residuos, alrededor del 78.1% se perdió en rellenos sanitarios y en botaderos, en tanto que

¹ Mag. en Economía de los Recursos Naturales y del Ambiente. Asociación Civil Reciclame Cumple con tu Planeta

² Máster en Gestión Sostenible de los Residuos. Asociación Civil Reciclame Cumple con tu Planeta
gabriela.velarde@reciclame.or

³ Dra. en Biología Vegetal. Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur
glino@cientifica.edu.pe

el 21.9% se recicló; donde solo el 12.2% fue destinado para producir nuevos envases rígidos de PET. Respecto al AFM de los plásticos se estima que el 9.1% de la producción total de plásticos retorna a la economía y que la tasa de reciclaje asciende al 15% respecto a los residuos de plástico postconsumo generados, aunque solo el 13% se mantuvo en la economía nacional. A pesar de la promulgación de la Ley de Plásticos de un solo uso en diciembre de 2018 y la modificatoria de la Ley de Residuos aprobada en 2020, con lo que se esperaba un aumento en la valorización nacional del plástico de un solo uso, es posible que no se haya logrado debido a la pandemia del coronavirus

Palabras clave: Flujo de Análisis de Materiales-plásticos-reciclaje-Economía Circular.

Abstract

The diagnosis of the national flows of rigid PET containers was carried out by means of a Material Flow Analysis (AFM) and the validation of the results with the key players related to the industry of this product in Peru. A national production of rigid PET containers of 237.5 thousand tons was estimated, where 0.4% would be returnable containers, 10.2% recycled waste, 50.7% imports and 38.7% would correspond to those that enter containing imported products and the stock of periods previous. Regarding the exits, it is calculated that 80.5% returned or were disposed of as waste in a period of less than a year; and 19.5% was exported. Focusing on waste, around 78.1% was lost in landfills and dumps, while 21.9% was recycled; where only 12.2% was destined to produce new rigid PET containers. Regarding the AFM of plastics, it is estimated that 9.1% of the total production of plastics returns to the economy and that the recycling rate amounts to 15% with respect to the post-consumer plastic waste generated, although only 13% remained in the national economy. Despite the enactment of the Single-use Plastics Law in December 2018 and the amendment to the Waste Law approved in 2020, with which an increase in the national valorization of single-use plastic was expected, it is possible that has not been achieved due to the coronavirus pandemic.

Key words: Material Flow Analysis-plastics-recycling-Circular Economy.

Introducción

Los plásticos son un material constituido esencialmente por polímeros de alto peso molecular, que pueden moldearse por flujo en distintas formas durante su procesamiento (ISO 472, 2013). Por sus características de higiene, ligereza, resistencia y durabilidad son utilizados en diversas aplicaciones (ONU Medio Ambiente, 2018). Su producción ha crecido exponencialmente desde principios de la década de 1950 cuando se inició su fabricación a gran escala, de 2 Mt (Geyer, Jambeck, & Law, 2017) a 359 Mt en 2018 (PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG) y Conversion Market & Strategy GmbH, citado por Plastics Europe y EPRO, 2019).

Sin embargo, la capacidad de valorizar los residuos plásticos no se ha incrementado en la misma medida. A nivel mundial, solo el 9% de estos son reciclados, el 12% son incinerados y el 79% son acumulados en rellenos sanitarios o en el ambiente (Geyer et al., 2017). Asimismo, la mitad de esos residuos son envases y embalajes, los cuales forman parte de los productos plásticos de un solo uso; que a pesar de que son utilizados por periodos cortos después de su adquisición, pueden demorar hasta 1000 años en descomponerse (ONU Medio Ambiente, 2018).

Perú principalmente importa plásticos porque no fabrica sus formas primarias. Según el Instituto de Estudios Económicos y Sociales (IEES) de la Sociedad Nacional de Industrias (SNI) (2019) se importaron 1.26 Mt de toneladas en 2018, creciendo a una tasa anual de 2.2% desde 2013. No se cuenta con cifras oficiales del reciclaje nacional de los plásticos; por lo que se suelen reportar los valores de los residuos sólidos de origen municipal: el 1% son valorizados, 52% son dispuestos en rellenos sanitarios, y el 47% son vertidos en botaderos o el ambiente (MINAM, citado por Defensoría del Pueblo, 2019).

ECI y ALWA (2018) en una consultoría realizada para el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM) estimaron que en 2017 se generaron 161 mil toneladas anuales de residuos de plástico, de los cuales 25% se valorizaron, 1% se exportaron como residuos, y 74% se dispusieron en rellenos sanitarios y botaderos. Por otro lado, Díaz, Alegre y

Salvador (2020) identificaron que se generaron 806 mil toneladas de residuos de plástico en Perú durante 2018, de los cuales el 15% se recicló; en tanto que se generaron 190 mil toneladas de residuos de PET, de los cuales el 22% se recicló. Asimismo, este último estudio identificó que el sector formal comercializa en última instancia el 80% y 85% de residuos de plástico y PET, respectivamente.

Diversas investigaciones indican que la disposición inadecuada y la acumulación de los residuos plásticos, la generación de microplásticos y la liberación de sus constituyentes generan diversos impactos negativos sobre la salud y a nivel ambiental, social y económico (Beaumont et al., 2019; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2019b, 2019a; Rodrigues et al., 2019; Sintim et al., 2019; Shen et al., 2020; Wong et al., 2020). Esta problemática, las bajas tasas de reciclaje y la acumulación de residuos plásticos a nivel mundial han motivado el desarrollo de regulaciones en diversos niveles de gobierno, a fin de transitar hacia una economía circular del plástico (World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation y McKinsey & Company, 2016; ONU Medio Ambiente, 2018; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2019b).

Esta tendencia también es seguida por Perú, que en diciembre de 2018 aprobó la Ley N° 30884, Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases de un solo uso y en agosto de 2019 su Reglamento mediante el Decreto Supremo N° 006-2019-MINAM, con la finalidad de contribuir con el ejercicio del derecho que tiene toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; garantizar que el ambiente se preserve; y orientar el uso del plástico hacia una economía circular. Perú también ha mantenido un rol activo en la suscripción de acuerdos regionales e internacionales entre los que destacan la Declaración Presidencial de la Alianza del Pacífico sobre la Gestión Sostenible de los Plásticos, y el Acuerdo Global de la Nueva Economía del Plástico liderado por la Fundación Ellen MacArthur, en colaboración con la ONU Medio Ambiente.

En este marco, el reciclaje del PET ha recibido especial atención porque el artículo 10 de la Ley N° 30884 dispone la obligación para los fabricantes, envasadores e importadores del uso de material reciclado postconsumo en botellas de PET bebidas de

consumo humano, aseo personal y otras similares, en al menos 15% de su composición. Esta obligación entrará en vigor en diciembre del año 2021.

Por ello, el objetivo de esta investigación fue realizar un diagnóstico cualitativo y cuantitativo de los flujos nacionales de los plásticos enfocado en los envases rígidos de PET en Perú durante el año 2018. La metodología utilizada en la investigación es el Análisis de Flujo de Materiales (AFM) con un enfoque de ciclo de vida, cuyos resultados se validaron con los actores claves de la producción y comercio de envases rígidos de PET en el Perú. A partir de los hallazgos de la investigación, también se actualizó el diagrama de flujos de todos los plásticos realizado por el Grupo Gea (Díaz et al., 2020).

Materiales y métodos

Envases rígidos de PET

Son aquellos envases constituidos de PET, cuya forma permanece esencialmente sin cambios después de agregar o quitar el contenido (ISO 21067-1, 2016). En ese sentido, incluyen envases y componentes de PET como botellas, preformas, goteros, frascos, bidones, bisagras, punnet, cramshell, tapas, domos, bases, estuches, bandeja, vasos, contenedores para postres, taza, cesta, concha, entre otros (SUNAT, 2019). No incluye etiquetas, termoencogibles, entre otros envases flexibles de PET.

Análisis de Flujo de Materiales (AFM)

Se realizó un modelo estático de AFM de las materias primas, semimanufacturas, manufacturas y residuos de plásticos en Perú durante el periodo 2018, para dos alcances: (1) los envases rígidos de PET y (2) todos los plásticos agrupados. El estudio se realizó a nivel nacional porque los residuos plásticos para reciclaje o exportación se dirigen principalmente a Lima donde se concentra la mayor demanda de plástico por la industria, exceptuando una pequeña fracción que se dirige a Bolivia desde Puno, a Arica (Chile) desde Tacna y Huaquillas (Ecuador) desde Tumbes (ECI & ALWA, 2018a).

Se siguió la metodología descrita por Díaz-Gómez y Silva (2015) para la elaboración del AFM de los envases rígidos de PET. Posteriormente, a partir de los

resultados obtenidos en el presente estudio, se actualizó los valores del AFM de todos los polímeros agrupados realizado por el Grupo Gea (Díaz et al., 2020).

En primer lugar, se realizó el AFM de carácter cualitativo para identificar los procesos de producción de envases de rígidos de PET en el país, así como su interacción, con un enfoque de ciclo de vida. Este proceso se realizó a partir de los diagramas de flujos detallado por Díaz, Alegre y Salvador (2020), del análisis e interpretación de la información secundaria, y de las entrevistas a expertos y actores relevantes.

En segundo lugar, se realizó el AFM de carácter cuantitativo para determinar la cantidad de envases de rígidos de PET en peso que fluye de un proceso a otro. Para ello, se simplificó el diagrama base del modelo del flujo de los envases rígidos de PET con el objeto de reducir el número de variables del sistema de ecuaciones generadas a partir de un balance de materia, donde las entradas son iguales a las salidas y al almacenamiento dentro del modelo estacionario (Díaz-Gómez & Silva, 2015).

Para la elaboración del diagrama simplificado, mostrado en la Figura 1, se agruparon los procesos de envasado y comercio en un solo proceso, se agrupó la disposición final municipal y no municipal, y no se consideró las importaciones realizadas por el propio consumidor. Los criterios utilizados para la agrupación de los procesos fueron la relevancia del proceso en la determinación de los flujos y la disponibilidad de información.

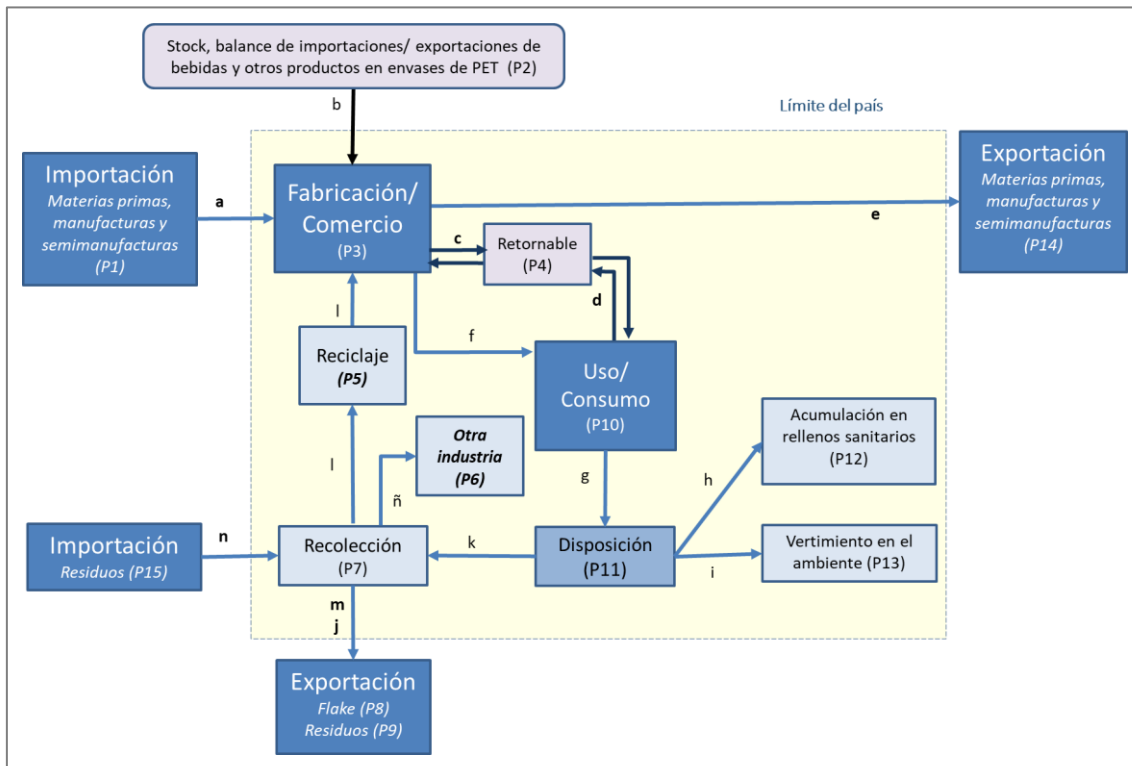


Figura 1. Diagrama simplificado descriptivo del modelo del flujo de los envases rígidos de PET en Perú durante 2018.

En la Figura 1 los procesos se representan por la letra mayúscula P seguida de un número, en tanto que los flujos de las cantidades se representan en letras minúsculas. A partir de este diagrama, se determinaron las cantidades de los procesos y flujos mediante dos mecanismos: (1) mediante la generación de información primaria y la revisión, análisis y sistematización de información secundaria detalladas en la Tabla 1 y (2) mediante el balance de materia en el resto de los casos.

Tabla 1. Fuentes de información utilizadas en el balance de masa

Proceso	Fuente de información
Proceso P1 (flujo a)	SUNAT (2019) para la importación de materias primas (láminas, películas y resinas) y manufacturas de envases rígidos de PET (botellas, envases, tapas y preformas) por empresas del rubro. Solo se consideró los movimientos que explícitamente mencionaban PET en la descripción del bien importado.

Proceso P4 (flujos c y d)	MINAM (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019b), se asumió que no ha pérdidas en el sistema de retornabilidad.
Proceso P5 (flujo l)	El reciclaje declarado por (San Miguel Industrias PET [SMI], 2020), (Moldeados del Perú [PAMOLSA], 2019a), principales empresas que reciclan PET en el país, además de los residuos importados por las empresas Amcor, Iberoamericana y SMI según SUNAT (2019).
Proceso P8 (flujo m)	SUNAT (2019) para la exportación de semimanufacturas denominadas como hojuelas, escamas, <i>flakes</i> o PET, además de la verificación del exportador.
Proceso P9 (flujo j)	SUNAT (2019) para la exportación de residuos que explícitamente mencionan PET. Para el caso de las exportaciones de mezcla de residuos, se asumió que la cantidad de PET exportado era la cantidad total exportada entre el número de tipos de resinas que se exportó.
Proceso P11 (flujo f y g)	(Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019a) donde señala la cantidad de residuos de PET, principalmente botellas.
Proceso P12 (flujo h)	Se obtuvo a partir del producto del valor de P11 y el porcentaje de residuos sólidos municipales que fueron dispuestos en rellenos sanitarios, que asciende a 51.83% en 2019 (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019a).
Proceso P14 (flujo e)	SUNAT (2019) para la exportación de materias primas y manufacturas de envases rígidos de PET por empresas del rubro. Solo se consideró los movimientos que explícitamente mencionaban PET en la descripción del bien importado.
Proceso P15 (flujo n)	SUNAT (2019) para la importación de residuos que explícitamente mencionan PET. Las mezclas de residuos fueron tratados con el mismo procedimiento descrito en el proceso P9.
Flujo k	Representa la recolección de residuos de envases rígidos de PET a nivel nacional, determinado a partir de la sumatoria del reciclaje de (San Miguel Industrias PET [SMI], 2020), (Moldeados del Perú [PAMOLSA], 2019a), el reciclaje de PET por otras empresas (se

	asumió que representan 10.5%) y los residuos recolectados para la elaboración de <i>flake</i> (SUNAT, 2019).
--	--

Los valores de los procesos y flujos sin información previa se obtuvieron mediante balances de materia. Para ello, sobre la base de la Ley de conservación de masa, se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Masa de entradas} = \text{Masa acumulada en el sistema} + \text{Masa de salidas}$$

Las ecuaciones utilizadas para determinar cada uno de los valores de los procesos faltantes en el AFM de los envases rígidos de plásticos se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Ecuaciones utilizadas en el balance de masa

Proceso	Ecuación
P2	$b = P14 + P4 + f - a - P4' - P5$
P3	$P1 + P2 + P4 + P5 = P14 + P4' + P10$
P6	$\tilde{n} = n + k - l - m - j$
P7	$m + j = P8 + P9$
P10	$f + d' = g + d$
P13	$i = g - h - k$

Validación

Los resultados de la producción se validaron con los principales productores de envases de plástico mediante entrevistas, cuestionarios y reuniones gestionadas por la Asociación Civil Reciclame. Los actores que participaron en este proceso fueron: Peruana de Moldeados - Pamolsa, Recicloplas, San Miguel Industrias PET, Coca Cola, y Reciclame Perú.

Medición de circularidad

Se identificaron los flujos que mantuvieron el valor del material en la economía de los envases rígidos de PET en el alcance y periodo del estudio, a partir de un enfoque de economía circular. Para ello, se consideró que en la economía circular se diseña para refabricar, reacondicionar y reciclar a fin de mantener los componentes técnicos y materias circulando y contribuyendo a la economía (Ellen Macarthur Foundation, 2012).

Por lo señalado, en la determinación de los flujos cíclicos del presente estudio solo se consideró los flujos relacionados a los envases retornables y el reciclaje de residuos en nuevos envases.

Se precisa también que, para efectos de este estudio, la tasa de reciclaje se refiere a la cantidad de residuos reciclados de un producto y/o material respecto a la cantidad total de residuos de ese producto y/o material generados en el año 2018 en Perú. En el valor del numerador no se diferencia el destino del producto reciclado; por ello, en el texto se precisa cuando la tasa de reciclaje solo ha considerado un destino en particular, como los residuos reciclados en la producción de nuevos envases de PET.

Resultados y discusiones

Análisis de Flujo de Materiales de los envases rígidos de PET

Los resultados del AFM de los envases rígidos de PET en el Perú durante 2018 son mostrados en el diagrama simplificado cuantitativo del modelo de flujo de la Figura 2 y en el diagrama tipo Sankey del flujo del balance de materia de la Figura 3. Se estima que la producción de envases rígidos de PET en Perú en 2018 sería de 237.5 mil toneladas.

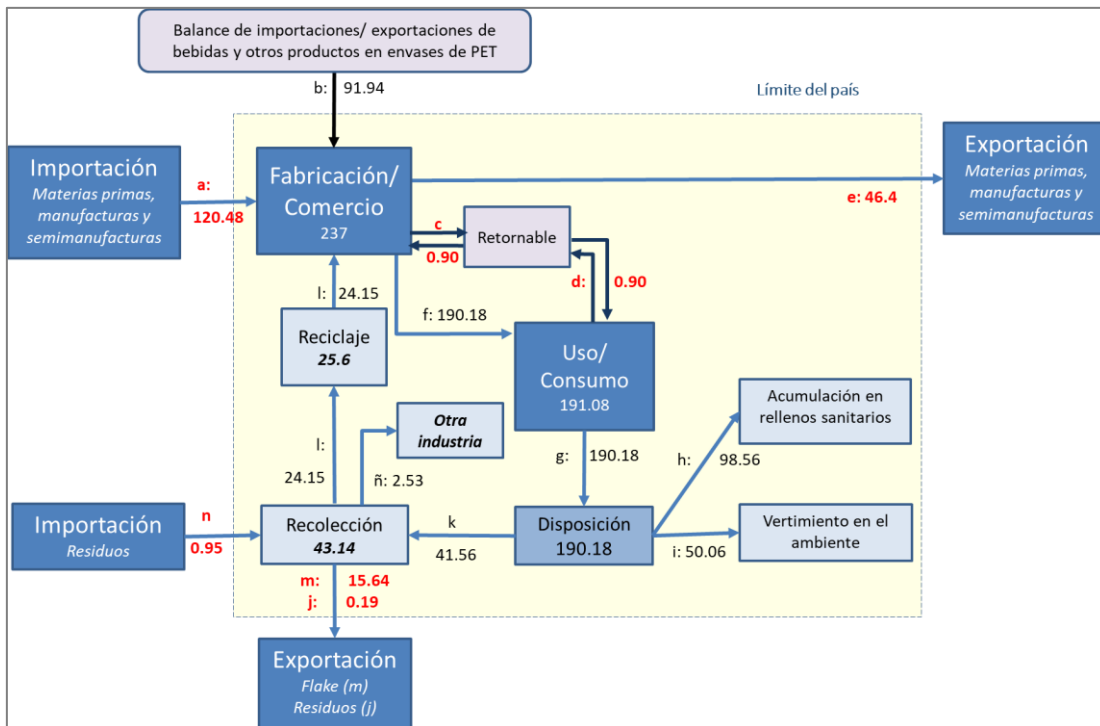
El 51% (120.5 mil t) provino principalmente de la importación de formas primarias del PET para la fabricación de estos envases en el país (118.7 mil toneladas de formas primarias y 1.6 mil toneladas de semimanufacturas y manufacturas), el 39% (91.9 mil toneladas) correspondería a envases rígidos de PET que envasan productos importados (ejemplo bebidas importadas envasadas en botellas PET)⁴ o stock nacional de periodos nacionales, el 0.4% (900 toneladas) corresponden a botellas PET retornables,

⁴ También podría incluir el PET almacenado por los productores y/o residuos de periodos anteriores.

y el 10% (24.1 mil toneladas) corresponde a residuos de PET reciclados en la fabricación nacional de envases rígidos, de los cuales 23.2 mil toneladas es de procedencia nacional postconsumo⁵ y 947 toneladas son residuos importados.

Respecto al stock, se considera que los productores podrían mantener saldos de años previos de PET en forma de materia prima, producto manufacturado o envases de productos. El presente estudio no ha profundizado el análisis de estos saldos porque se utilizó un modelo estático. La principal diferencia entre los modelos estáticos y dinámicos de AFM, radica en que estos últimos incluyen la acumulación de materiales o reservorios en los procesos (Van der Voet, et al. (2002) citado por Díaz-Gómez y Silva, 2015). Por otro lado, el (World Economic Forum Ellen MacArthur Foundation McKinsey & Company, 2016) también identificaron el traslado de bienes y residuos de plástico por la población flotante, ya sea por turismo, trabajo u otras causas de migración al país.

El estudio no ha analizado el mercado ilegal de los envases rígidos de PET; pero se considera que el 5% de esta cantidad podría estar dirigiéndose al mercado ilegal (Unión Europea citada por Mac Kee (2018)). Asimismo, la investigación no consideró la cantidad de mermas de PET recicladas durante la fabricación de los envases.



⁵ Residuos generados luego de consumido el contenido del envase por el consumidor final.

Figura 2. Diagrama simplificado cuantitativo del modelo de flujo de los envases rígidos de PET en Perú durante 2018

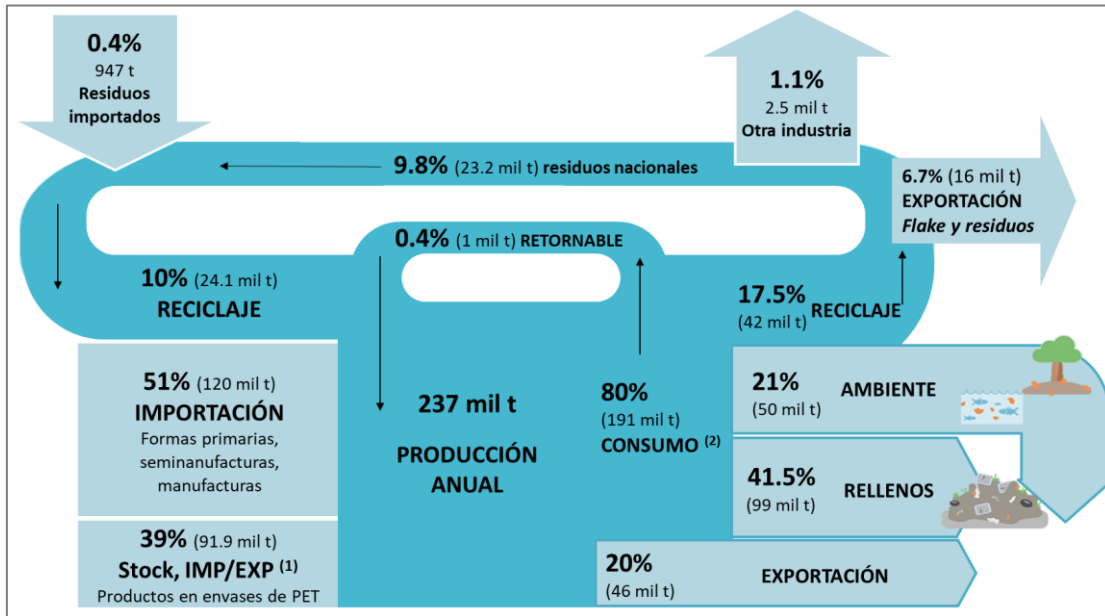


Figura 3. Diagrama tipo Sankey del flujo de materiales de los envases rígidos de PET en el Perú durante 2018

De acuerdo a la sistematización de la base de datos de importación y exportación de las formas primarias, semimanufacturas (sin incluir flakes) y manufacturas de PET de SUNAT (2019), se ha obtenido la siguiente información:

- El 97.0% de las materias primas es importado por San Miguel Industrias PET S.A. (81.7%) y Amcor Rigid Packaging del Perú S.A. (15.3%), bajo las denominaciones de chip, *film*, lámina, película y resina.
- El 82.0% de la importación de manufacturas y semimanufacturas es realizada por San Miguel Industrias PET S.A. (47.7%), Leche Gloria S.A. (6.7%), SMP Distribuciones S.A.C (5.0%), INPLASG S.A.C (4.8%), Amcor Rigid Packaging del Perú S.A. (2.8%), DM PLAST E.I.R.L. (2.8%), Embotelladora San Miguel del Sur S.A.C. (2.7%), MATMACK Sociedad Comercial (2.6%), La Calera S.A.C (2.4%), Global Plastic S.A.C. (2.4%) y SUPRAPLAS S.A.C (2.1%), bajo las denominaciones de envases, botellas, frascos y preformas.

- El 98.7% de las exportaciones de materias primas es realizado por bajo las denominaciones de lámina, película y resina.
- El 99.5% de las exportaciones de semimanufacturas y manufacturas es realizada por San Miguel Industrias PET S.A. (80.9%), Amcor Rigid Packaging del Perú S.A. (16.3%) y Peruana de Moldeados S.A.C. (2.3%).

Por otro lado, respecto a las salidas, el 80.5% (191.1 mil toneladas) de los envases rígidos de PET se retornó o se dispuso como residuo en un periodo menor al año; y el 19.5% (46.4 mil toneladas) se exportó. El destino de los envases rígidos de PET luego de consumido el producto, considerando como base la cantidad de envases consumidos (191.1 mil toneladas), fue el siguiente: el 0.5% (900 toneladas) retornó a la industria porque se trataban de envases retornables, el 21.7% (41.6 mil toneladas) se dirige al reciclaje y el 77.8% (148.6 mil toneladas) se dirige a los rellenos sanitarios (98.6 mil toneladas) o son vertidos en botaderos y el ambiente (50.1 mil toneladas).

Los residuos reciclados se dirigen a tres destinos: el 55.8% (23.2 mil toneladas) son reciclados en la misma industria nacional de envases rígidos de PET, el 6.1% (2.5 mil toneladas) es reciclado en otra industria nacional⁶ y el 38.1% (15.8 mil toneladas) son exportados ya sea como flakes u hojuelas (15.6 mil toneladas) o como residuo (188 toneladas).

De acuerdo a la sistematización de la base de datos de importación y exportación de SUNAT (2019), se ha obtenido la siguiente información sobre los residuos y flakes de PET:

- El 95.4% de los residuos sería importado por San Miguel Industrias PET S.A. (35.9%), Amcor Rigid Packaging del Perú S.A. (22.4%), Consorcio Ycek S.AC. (20.4%) y LSC Trading S.A.C (16.7%).
- El 100% de residuos es exportado por Q'omer S.A.C.
- El 93.6% de *flake* es exportado por Polímeros y Plásticos Andina S.A.C (46.7%), Perú Mundo Ambiental S.A.C. (17.0%), Silpet S.A.C (11.4%), Negociaciones

⁶ Textil, entre otras.

EAC JC S.A.C. (7.8%), Satellite S.A.C. (5.9%) y Compadia Ecológica GW S.A.C. (4.8%).

Flujos cíclicos de los envases rígidos de PET

En cuanto a los envases rígidos de PET, se estima que el 17.9% (42.5 mil toneladas) de la cantidad total de este producto producido en el país (237.5 mil toneladas) retorna a la economía; donde 900 toneladas (0.4%) corresponden a los envases retornables y 41.6 mil toneladas (17.5%) al reciclaje de residuos de postconsumo.

Sin embargo, solo el 9.8% (23.2 mil toneladas) de este material retorna para reciclarse en la fabricación nacional de nuevos envases rígidos de PET, principalmente botellas PET. Como se mencionó anteriormente, 18.4 mil toneladas de los residuos de envases rígidos de PET salen de la economía de estos envases, 2.53 mil toneladas se dirigen a otras industrias como la industria textil, en tanto que 15.6 mil toneladas son exportadas como hojuelas y 188 toneladas son exportadas como residuos.

Considerando como base de referencia a la cantidad de residuos postconsumo de envases rígidos generados en el país en ese período (190.2 mil toneladas), se observa que el reciclaje de envases rígidos de PET postconsumo presenta oportunidades de mejora. Solo el 21.9% (41.6 mil toneladas) del total de los residuos postconsumo de envases rígidos de PET generados en el país son valorizados mientras que el 78.1% (148.6 mil toneladas) salen de la economía y se acumulan en rellenos sanitarios (98.6 mil toneladas), botaderos y el ambiente (50.1 mil toneladas). El 12.2% (23.2 mil toneladas) del total de residuos postconsumo de envases rígidos de PET se valoriza en la fabricación de nuevos envases rígidos de PET.

Así, existe la posibilidad de captar 167.0 mil toneladas de envases rígidos de PET para su reciclaje en la fabricación nuevos envases de este tipo; 148.6 mil toneladas (89%) corresponden a los residuos que se pierden en rellenos sanitarios, botaderos y ambiente; 15.6 mil toneladas (9.4%) a las hojuelas exportadas, 2.4 mil toneladas (1.5%) a los residuos que se reciclan a nivel nacional en otras industrias, y 188 toneladas (0.1%) a los residuos de PET exportados.

El reciclaje de PET se centra en las botellas para bebidas y recientemente se han introducido los envases para alimentos del tipo punnet y cramshell. Del análisis de las

importaciones del PET (SUNAT, 2019), se identifica que se podrían incluir otros envases y embalajes rígidos como envases de jarabes, cosméticos y productos de limpieza e higiene, así como envases para alimentos y empaques para útiles de escritorio.

La inclusión de nuevos tipos de envases y empaques de PET en el reciclaje, así como el incremento de botellas de PET reciclables, dependería del ecodiseño y la identificación del polímero para facilitar la segregación. Merece especial atención evaluar el uso de etiquetas, pegamentos, aditivos y colorantes que dificulten la posterior valorización del material (IHOBE S. A. & ECOEMBES, 2017). Por ejemplo, solo el PET cristal es reciclado en la producción nacional de nuevos envases rígidos de PET, el PET de color es acondicionado para su reciclaje en otras industrias (PAMOLSA S.A, 2019; SMI, 2019).

A partir de estos resultados se midió la circularidad de la economía de envases rígidos de PET en el Perú en 2018, obteniéndose que, por intención y diseño, alrededor del 10.1% (24.1 mil toneladas) retornan a la economía de envases rígidos de PET. De estas, 900 toneladas (0.4%) corresponde a los envases retornables y 23.2 mil toneladas (9.8%) al reciclaje nacional postconsumo en envases rígidos de PET.

Se observa organizaciones que han introducido el ecodiseño y la logística inversa en su operación para fortalecer el atributo de sostenibilidad del producto que ofertan en el mercado (PAMOLSA S.A, 2019; SMI, 2019), en algunos casos bajo el marco de los Acuerdos de Producción Más Limpia (Decreto Legislativo No 1278, 2016).

Sin embargo, estas acciones no están articuladas ni obedecen a un rediseño del mercado del plástico en el país con un enfoque integral de economía circular. Se espera que la reciente Comisión Multisectorial Técnica de la Gestión Integral del Plástico de un Solo Uso desarrolle este enfoque integral, dado que tiene por objeto realizar el seguimiento y la evaluación de los resultados de la implementación de la Ley N° 30884 y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2019-MINAM; así como proponer mecanismos para la gestión integral del plástico de un solo uso y la transición hacia la economía circular del plástico (Resolución Susprema No 003-2020-MINAM, 2020).

La información sobre la dinámica de los materiales y residuos es fundamental para diseñar y desarrollar acciones e instrumentos legales que permitan transitar hacia un

modelo de economía más circular y sostenible. Sin embargo, la información disponible es agregada, limitada, dispersa y sistematizada bajo diferentes metodologías y estándares de calidad. Ante ello, se requiere mejorar la gestión de la información, así como la trazabilidad y el acceso a la misma. Asimismo, es necesario de profundizar el análisis cualitativo y cuantitativo de la cadena de valor y establecer metodologías estandarizadas que permitan comparaciones futuras.

Actualización del AFM de los plásticos

En el estudio realizado por el Grupo GEA (Díaz et al., 2020), las hojuelas se contabilizaron por duplicado, tanto en las exportaciones como en los residuos postconsumo que se recolectan para reciclaje. Asimismo, en el flujo de todos los plásticos no se consideró la cantidad de envases de botellas retornables de bebidas gaseosas que circulan en el mercado.

Por ello, este estudio actualizó el flujo para todos los plásticos desarrollado por Díaz, Alegre y Salvador (2020) obteniéndose el diagrama del flujo de materiales de los plásticos en Perú en el año 2018 mostrado en la Figura 4. A partir de cual se identifica una producción anual de plásticos de 1.4 millones de toneladas.

El 26.3% (360.5 mil toneladas) corresponde a productos que los consumidores utilizaron por un tiempo mayor a un año, el 58.9% (806.8 mil toneladas) corresponde a productos que se descartaron como residuos en menos de un año, y el 14.8% (203.2 mil toneladas) a exportaciones de formas primarias, manufacturas y semimanufacturas de plástico (sin incluir exportación de residuos y *flakes*).

Asimismo, el 9.1% (124.7 mil toneladas) de este material retornaría a la economía, 123.8 mil toneladas para reciclaje y 900 toneladas para retornabilidad. Sin embargo, solo el 7.9% lo haría para reciclarse en la fabricación nacional de nuevos bienes de plástico. El material que sale de la economía nacional de plásticos corresponde a las 15.9 mil toneladas de los residuos que son exportados, ya sea como hojuelas (15.6 mil toneladas) o como residuos (274 toneladas).

La tasa de reciclaje de los residuos plásticos postconsumo se mantiene en 15.4%; sin embargo, el porcentaje de residuos de plástico que es reciclado en el país es menor, 13.4% (107.9 mil toneladas).

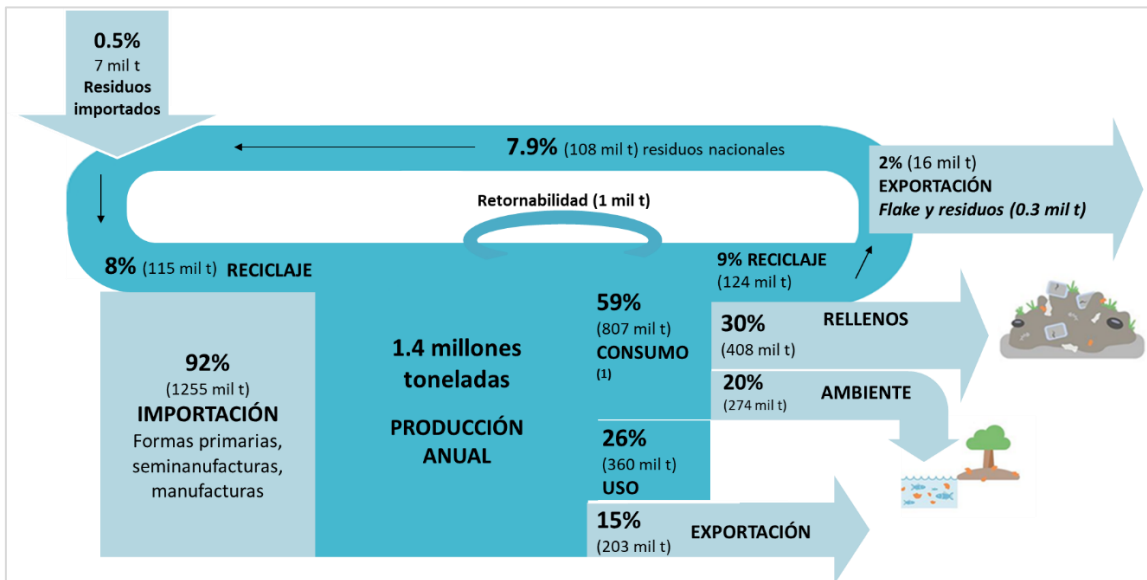


Figura 4. Diagrama Sankey de Flujo de materiales de los plásticos en el Perú durante 2018

Finalmente, las tasas de reciclaje de plásticos y de envases rígidos de PET determinadas en este estudio, 15.4% y 21.9% respectivamente, se encuentra por encima del 1% que es la tasa de reciclaje de los residuos sólidos municipales señalada por Ministerio del Ambiente del Perú (Defensoría del Pueblo, 2019); pero son más conservadores que la tasa de reciclaje de residuos plásticos del 25% obtenida por ECI y ALWA (2018b). Se considera que son más precisos por el proceso de validación realizado con actores clave de la economía del plástico del país.

Conclusiones

Durante el 2018 se produjeron 237.5 mil toneladas de envases rígidos de PET en Perú, donde el 0.4% serían envases retornables, el 10.2% residuos reciclados, el 50.7% importaciones y el 38.7% corresponderían a los envases rígidos de PET que ingresan al país conteniendo productos importados y al *stock* nacional de este producto de períodos anteriores.

Alrededor del 17.9% de los envases rígidos de PET producidos en el país mantienen su valor en la economía mediante la retornabilidad y el reciclaje. Sin embargo, la circularidad de este producto equivale al 10.1% porque solo considera los residuos reciclados a nivel nacional para la producción de nuevos envases rígidos de PET.

Respecto a los plásticos, el 9.1% (124.7 mil toneladas) de este material retornaría a la economía, 900 toneladas para retornabilidad y 123.8 mil toneladas para reciclaje. Sin embargo, la circularidad de este producto equivale al 7.9% porque solo considera los residuos plásticos reciclados a nivel nacional.

Las tasas de reciclaje de envases rígidos de PET y plásticos serían 21.9% y 15.4%, respectivamente. Estos valores se reducen a 12.2% y 13.4% si solo se consideran los residuos posconsumo que son reciclados en la producción nacional de nuevos envases rígidos de PET y plásticos, respectivamente.

Existe la posibilidad de incrementar la cantidad de residuos de envases rígidos de PET que son reciclados en un flujo circular, principalmente a partir de la captación de los residuos que se pierden en rellenos sanitarios, botaderos y el ambiente, y de las hojuelas que se exportan.

Si bien existen oportunidades de mejora en la recolección y reciclaje de este material, es importante resaltar que este porcentaje se encuentra por encima de la tasa de los plásticos en general; además que es impulsada principalmente por el sector privado pues hasta el periodo en análisis no existía una norma legal que obligue la incorporación de material reciclado en la composición de los envases. Sin embargo, a pesar de la promulgación de la Ley de Plásticos de un solo uso en diciembre de 2018 y la modificatoria de la Ley de Residuos aprobada en 2020, con lo que se esperaba un aumento en la valorización nacional del plástico de un solo uso, es posible que no se haya logrado debido a la pandemia del coronavirus.

Finalmente, se espera que la información generada en este estudio aporte al diseño de políticas públicas basadas en evidencias y al desarrollo de modelos de negocios circulares, que incrementen la eficiencia de la economía de envases rígidos de PET y de plásticos en el país. Ello solo será posible mediante la colaboración y acción conjunta del sector público, privado y la sociedad civil.

Agradecimientos y fuente de financiamiento

Se agradece la información y las recomendaciones brindadas por Enrique Sarco, Miguel Chávez, Jacobo Escriba, Clara López, Sandra Alencastre, Gianina Jiménez,

Marco Mejía y Renzo Gomero, así como a las instituciones de las cuales son colaboradores: Peruana de Moldeados - Pamolsa, Recicloplas, San Miguel Industrias PET, Coca Cola y Recíclame.

Asimismo, se agradece el apoyo del Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Producción del Perú, por la información generada sobre la gestión de residuos en el país.

Se agradece al equipo de Grupo GEA por su apoyo en la gestión, provisión y explicación de la información de las entrevistas a los centros de acopio.

El desarrollo de la investigación referida a los flujos del PET de los envases rígidos fue realizada y financiada por Recíclame. Los resultados de los flujos de los plásticos fueron extraídos del informe final del proyecto "Acelerando el cambio hacia una economía circular en Plástico, Lima, Perú" ejecutado por el Grupo GEA en colaboración con Recíclame Cumple y el financiamiento de la Embajada Británica en Lima, este estudio actualizó el flujo para todos los plásticos.

Contribución de autoría

RD contribuyó en el procesamiento de la información, el análisis de los resultados y la redacción del artículo. GV contribuyó en la gestión de la información y la redacción del artículo y GL contribuyó en la redacción del artículo. Todos los autores aprobaron la versión final del texto.

Conflictos de interés

Recíclame es una asociación civil sin fines de lucro que agrupa diferentes empresas privadas, quienes juntos comparten un interés común en el desarrollo de estrategias sostenibles en pro del ambiente y el reciclaje en el Perú. Las empresas que agrupa Recíclame son: Coca-Cola, San Miguel Industrias PET - SMI, Owen-Illinois, Tetra Pak®, Diageo, Backus, Heinz-Glas Perú, Industrias del Envase, Natura Perú, Peruana de Moldeados – Pamolsa, Corporación Peruana de Productos Químicos – Qroma y Nestlé.

Referencias

Alianza del Pacífico. (2019). *Declaración Presidencial de la Alianza del Pacífico sobre la Gestión Sostenible de los Plásticos*. Lima, Perú.

- Beaumont, N. J., Aanesen, M., Austen, M. C., Börger, T., Clark, J. R., Cole, M., ... Wyles, K. J. (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. *Marine Pollution Bulletin*, 142(March), 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.022>
- Decreto Legislativo N° 1278. (2016). Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. *Diario Oficial El Peruano*, pp. 607472–607488. Lima, Perú.
- Decreto Supremo N° 006-2019-MINAM. (2019). Reglamento de la Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables. *Diario Oficial El Peruano*, pp. 4–11. Lima, Perú.
- Defensoría del Pueblo. (2019). *Informe Defensorial N° 181 ¿Dónde va nuestra basura? Recomendaciones para mejorar la gestión de los residuos sólidos municipales* (1st ed., p. 265). 1st ed., p. 265. Lima, Perú.
- Díaz-Gómez, J., & Silva, J. (2015). Análisis de flujo de materiales en sistemas humanos: Una revisión. *Revista EIA*, (23), 149–161.
- Díaz, R., Alegre, M., & Salvador, M. (2020). *Economía Circular en Plástico en Lima Metropolitana y el Callao Economía Circular en Plástico en Lima Metropolitana y el Callao* (1st ed.). Lima, Perú: Grupo Gea.
- ECI, & ALWA. (2018a). *Evaluación del potencial de mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) producto del aprovechamiento de residuos sólidos. Producto 1: Diagnóstico del ciclo de residuos aprovechables de plástico, vidrio, papel y cartón por departamentos*. (pp. 1–160). pp. 1–160. Lima, Perú.
- ECI, & ALWA. (2018b). *Evaluación del potencial de mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) producto del aprovechamiento de residuos sólidos. Producto 2: Balance de masa para la gestión de residuos aprovechables*. Lima, Perú.
- Ellen MacArthur Foundation. (2012). Hacia Una Economía Circular: Motivos económicos para una transición acelerada. *Fundación Ellen MacArthur*, 22.
- Ellen MacArthur Foundation, & ONU Medio Ambiente. (2019). *New Plastics Economy Global Commitment: Government Signatory Pack*. Lima, Perú.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), 25–29. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- IHOBE S. A., & ECOEMBES. (2017). *Guía de ecodiseño de envases y embalajes*. 88.

- Instituto de Estudios Economicos y Sociales [IEES]. (2019). *Fabricación de productos de plástico*. Sociedad Nacional de Industrias [SNI].
- ISO 21067-1. (2016). *Packaging — Vocabulary — Part 1: General terms*.
- ISO 472. (2013). *Plastics - Vocabulary*.
- Ley N° 30884. (2018). Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables. *Diario Oficial El Peruano*. Lima, Perú.
- Mac Kee, F. (2018). *Lo barato sale caro: Piratería siempre al acecho*. Lima, Perú: Diario Oficial El Peruano.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019a). *Base Integrada de Residuos Sólidos del periodo 2018*. Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019b). *Informe N° 00010-2019-MINAM/VMGA/DGRS-VVYD* (pp. 1–10). pp. 1–10. Lima, Perú.
- Moldeados del Perú [PAMOLSA]. (2019a). *Reciclaje de PET/ Formulario respondido por Pamolsa en el marco de la investigación*. Lima, Perú: Recíclame Perú.
- Moldeados del Perú [PAMOLSA]. (2019b). *Registro de empresas operadoras de residuos autorizadas por el MINAM sólidos*. Lima, Perú: Formulario lleno.
- ONU Medio Ambiente. (2018). *PLÁSTICOS DE UN SOLO USO: Una hoja de ruta para la sostenibilidad*.
- Plastics Europe, & EPRO. (2019). *Plastics - the Facts 2019*. 38.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2019a). *UNEP/EA.4/HLS.1 Declaración ministerial de la Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente en su cuarto periodo de sesiones*. Nairobi, Kenia.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2019b). *UNEP/EA.4/Res.9 Resolución aprobada por la Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente el 15 de marzo de 2019*. *Científica*. Nairobi, Kenia.
- Resolución Suprema N° 003-2020-MINAM. (2020). *Conforman la Comisión Multisectorial, de naturaleza temporal, denominada “Comisión Multisectorial Técnica de la Gestión Integral del Plástico de un Solo Uso.”* Lima, Perú.
- Rodrigues, M. O., Abrantes, N., Gonçalves, F. J. M., Nogueira, H., Marques, J. C., & Gonçalves, A. M. M. (2019). Impacts of plastic products used in daily life on the environment and human health: What is known? *Environmental Toxicology and*

- Pharmacology*, 72(August), 103239. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.103239>
- San Miguel Industrias PET [SMI]. (2019). *Entrevista realizada en el marco del Proyecto*. Lima, Perú.
- San Miguel Industrias PET [SMI]. (2020). *Reciclaje de PET por SMI/ Entrevistado por Roxana Díaz*. Lima, Perú: Recíclame Perú.
- Shen, M., Huang, W., Chen, M., Song, B., Zeng, G., & Zhang, Y. (2020). (Micro)plastic crisis: Un-ignorable contribution to global greenhouse gas emissions and climate change. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 254). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120138>
- Sintim, H. Y., Bandopadhyay, S., English, M. E., Bary, A. I., DeBruyn, J. M., Schaeffer, S. M., ... Flury, M. (2019). Impacts of biodegradable plastic mulches on soil health. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 273(December 2018), 36–49. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.12.002>
- Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria [SUNAT]. (2019). *Declaraciones de importación para el Consumo y Exportación Definitiva registradas en el Sistema de SUNAT. Cifras al 26 de junio de 2019*. Lima, Perú.
- Wong, J. K. H., Lee, K. K., Tang, K. H. D., & Yap, P. S. (2020). Microplastics in the freshwater and terrestrial environments: Prevalence, fates, impacts and sustainable solutions. *Science of the Total Environment*, 719, 137512. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137512>
- World Economic Forum Ellen MacArthur Foundation McKinsey & Company. (2016). *The New Plastics Economy - Rethinking the future of plastics*. <https://doi.org/10.4324/9780203965450>

Material suplementario

A. Subpartidas nacionales utilizadas en la investigación

Grupo	Tipo	Subpartida nacional	Descripción	Tipo de bien
I	Materia prima: Láminas, películas y resinas	3907619000	Los demás Poli(Tereftalato de etileno) con índice de viscosidad igual o superior a 78 mL/g, excepto con dióxido de titanio	Resina
		3920620000	Las demás placas, láminas, hojas y tiras de Politereftalato de Etileno.	Láminas, película
II	Manufacturas: Botellas, envases, tapas, preformas	3923302000	Bombonas de preformas	Botellas, envases, preforma
		3923309100	Bombonas, botellas, frascos y artículos similares de capacidad superior o igual a 18.9 litros (5 galones)	Botellas,
		3923309900	Los demás bombonas, botellas, frascos y artículos similares.	Botellas, envases, preforma
		3923900000	Los demás artículos para transporte o envasado de plástico.	Envases, tapas
III	<i>Flakes</i> y residuos	3907619000	Poli(Tereftalato de etileno) con índice de viscosidad igual o superior a 78 mL/g, sin dióxido de titanio, en formas primarias	<i>Flakes</i>

Grupo	Tipo	Subpartida nacional	Descripción	Tipo de bien
		3907699000	Poli(Tereftalato de etileno) con índice de viscosidad menor a 78 mL/g, sin dióxido de titanio, en formas primarias	<i>Flakes</i>
		3915900000	Desechos, recortes y desperdicios de los demás plásticos.	Residuos