



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN ECONOMÍA

FACULTAD DE ECONOMÍA ♦ DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**Los residuos de polietileno-tereftalato (PET) en la Ciudad de México, 2010-2018:
Análisis y recomendaciones desde la Economía Circular**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

Maestro en Economía

PRESENTA:

Eva Yazmín Rodríguez Reyna

TUTOR:

Dr. Sergio Efrén Martínez Rivera

Facultad de Economía, UNAM

MIEMBROS DEL JURADO:

Dr. Leonel Corona Treviño

Facultad de Economía, UNAM

Dra. Margarita Ferat Toscano

Posgrado de Economía, UNAM

Dr. Alonso Aguilar Ibarra

Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM

Dra. María Neftalí Rojas Valencia

Instituto de Ingeniería, UNAM

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., Junio de 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por la oportunidad de realizar un posgrado con el más alto nivel académico. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de sostenimiento otorgada durante 2 años y que me permitió cursar el programa de maestría en Economía en el Posgrado de Economía, UNAM.

Agradezco también al posgrado de Economía, sus directivos, profesores y personal administrativo por su labor y disponibilidad, y contribuir para lograr esta meta. A mi asesor, Dr. Sergio Martínez, por su apoyo, paciencia y dedicación y a los miembros del jurado por su valiosas aportaciones y sugerencias para mejorar este trabajo.

A mi familia y amigos, por sus enseñanzas y apoyo incondicional; especialmente a Eliana Noya y Francisco Salazar, por ser una gran inspiración, así como a Brenda y Azel, grandes ingenieros que desearon conocer más sobre economía y gracias a eso logré conocer a excelentes tutores para mejorar en matemáticas.

Gracias a todos los que contribuyeron en este importante proceso.

I. Introducción	1
1. Marco Teórico	5
1.1. La introducción de los RSU en el Desarrollo Sostenible	6
1.2. Economía Ambiental: creación de un mercado para los RSU.....	9
1.3. Economía Ecológica: en busca del beneficio social y ambiental	13
1.4. Diferencia con la visión de la Economía Circular	16
1.5. Ecología Industrial: Iniciativa para modificar la integración de las industrias	17
1.6. Origen del concepto de Economía Circular.....	19
1.7. Definiciones de Economía Circular.....	22
1.8. Principios de la Economía Circular	25
1.9. Recomendaciones para implementar modelos de negocio	29
1.10. Críticas y límites de la Economía Circular.....	30
1.11. El reciclaje dentro de la visión de la Economía Circular	32
1.12. Ejemplo sobre la inserción de la Economía Circular.	36
1.13. La ciudad: el espacio de generación de RSU	39
1.14. Las definiciones de ciudad	40
1.15. La Economía Circular en las ciudades	42
1.16. Diferenciación entre los tipos de residuos sólidos urbanos para conocer el impacto del residuo PET	44
1.17. La generación de RSU en la Ciudad de México.....	49
1.18. Contaminación por plástico: El caso del PET	53
1.19. Gestión de RSU en la Ciudad México.....	54
1.20. El reciclaje para disminuir los RSU	56
1.21. La integración del reciclaje con la Economía Circular.....	59
1.22. Revisión de las propuestas	62
2. Producción de PET reciclado	64
2.1. Historia de la producción de plástico	64
2.2. Los inicios de la industria del plástico en México	65
2.3. La producción del PET.....	67
2.4. Inicio de la industria del reciclaje de polímeros en México	72
2.5. Iniciativas en la Ciudad de México	78
2.6. Iniciativas que impactan en el consumo de plástico.....	81
2.7. Experiencia internacional en el reciclaje de botellas PET.....	82

2.8. El reciclaje de PET bajo la visión de la Economía Circular.....	83
3. Caso de estudio PETSTAR: un modelo de negocio en busca de integrar la Economía Circular	85
3.1. Metodología de análisis empleada	85
3.2. El inicio de PETSTAR	87
3.3. Las fusiones y adquisiciones de la empresa para ganar.....	88
3.4. PETSTAR como un referente del mercado de reciclaje.....	90
3.5. Identificando las barreras de la introducción a la EC	91
3.6. Las ventajas y capacidades en el proceso de reciclaje.....	94
3.7. La Economía Circular con PETSTAR	98
4. Conclusiones y recomendaciones	100
5. Anexo I	104
6. Referencias bibliográficas.....	108
7. Bibliografía	118

I. Introducción

El interés de esta investigación es analizar las posibilidades de disminuir la presencia de los residuos sólidos urbanos (RSU), lo cuales están descritos como los desechos resultados de la eliminación de materiales que se utilizan en las actividades domésticas, los que provienen de establecimientos, o los que resultan de la limpieza de las vías o lugares públicos con características similares a los materiales domésticos. Sin embargo, se enfoca en la posibilidad de reciclar un componente de los RSU en específico, el Polietileno Tereftalato (PET). La industria, en la que se enfoca este análisis es de las bebidas que utiliza este material para llevar al consumidor final su producto. Una vez que las bebidas que transportan las botellas de PET son consumidas, se convierten en un residuo de la mercancía principal, aunque su composición física y química permite reciclarlo para elaborar diferentes artículos como telas, muebles, pinturas, zapatos, papel, etc.

La generación de los RSU es un problema que se ha ido intensificando a lo largo de los años por el crecimiento de la población, el desarrollo industrial, modificaciones tecnológicas y aumento de las zonas urbanas. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) estima que la generación de estos residuos presenta una tasa de crecimiento promedio del 25% anual desde 1997, en 2020 reportaron 120,128 toneladas (t) por día de residuos sólidos urbanos en México, de los cuales el 2.63% del total son residuos de PET.

Para poder enfrentar el problema de los RSU, se han establecido un conjunto de recomendaciones por parte de organizaciones internacionales, como la Organización de las Naciones Unidas y el Banco Mundial, con la finalidad de apoyar a los países en vías de desarrollo a gestionar de manera eficiente estos desechos. De acuerdo con sus estudios, la mayoría de estos países cuenta con un manejo desorganizado, descuidado y con escasos recursos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2013) hace énfasis en aplicar la jerarquía de la gestión de los recursos, mediante la prevención, reducción, reciclaje, recuperación y eliminación. Estas acciones implican varios procesos relevantes para el buen manejo de RSU.

México ha considerado los lineamientos y recomendaciones que presentan el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización para la Cooperación y el

Desarrollo Económicos (OCDE), para realizar diferentes programas que buscan reducir los desperdicios urbanos. Entre ellas está la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y las Normativas de la SEMARNAT.

Su finalidad es establecer un marco jurídico que regule y establezca las bases para operar el problema de los RSU, sin embargo, el manejo y control es competencia de las autoridades municipales.

La Ciudad de México tiene diferentes campañas, programas y proyectos para disminuir y recuperar los RSU como son: la erradicación de tiraderos clandestinos, concientización para la correcta separación de residuos sólidos, supervisión del barrido y recolección, jornada de triques, difusión de material didáctico e informativo y capacitación al personal operativo.

Bajo este contexto el objetivo principal que dirige la presente tesis es analizar e identificar los beneficios del reciclaje de PET dentro de la Ciudad de México siguiendo los planteamientos de la Economía Circular.

En México la fabricación de PET y su reciclaje se controla mediante la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y por el Reglamento de registro de emisiones y transferencia de contaminantes.

Uno de los impedimentos para el reciclaje es la forma en que se recolectan los RSU, ya que no se cuenta con la infraestructura adecuada para su correcto procesamiento. En la Ciudad de México, se reporta que, de las 55,800 toneladas anuales de PET, se recuperan alrededor de 20,500 toneladas por año, por lo que aproximadamente el 54% se encuentra como desperdicio en las calles o tiraderos clandestinos.

Por lo anterior, la hipótesis planteada es que dentro de la Ciudad de México es viable implementar una estrategia de acopio y reciclaje de PET con los mecanismos propuestos por la Economía Circular puede disminuir la acumulación de estos residuos y a su vez, propiciar nueva inversión en la industria del reciclaje, oportunidades de empleo y reducción en la contaminación del agua, suelo y aire.

Para analizar lo anterior, se revisa el caso de PETSTAR S.A. de C.V. (PETSTAR) la cual es la empresa líder en reciclaje de PET para la fabricación de hojuelas grado alimenticio a nivel global. La investigación se enfoca en las barreras enfrentadas y las estrategias implementadas por parte de

la empresa para consolidarse dentro del mercado y fomentar las recomendaciones de la Economía Circular dentro de la industria.

El reciclaje presenta la oportunidad de desplegar una nueva industria que responde a las necesidades del capitalismo, logrando utilizar aquella acumulación de recursos para continuar reproduciendo las ganancias obtenidas en otros mercados y tratar de reducir los costos de producción gracias a que se reciclan estos sustitutos cuando se encarecen los insumos convencionales. La apertura del mercado para productos que eran considerados desechos extiende la vida de la mercancía provocando que se pueda realizar una forma distinta de valor no presentado en el primer mercado donde reviste un valor de uso no importante para el consumidor.

El mercado del reciclaje del PET está lo suficientemente desarrollado como para ser objeto de análisis. México ocupa el primer lugar en América Latina en recuperación de este producto y el sector empresarial ha mantenido diferentes iniciativas para buscar reciclar más del 50% del PET desechado. PETSTAR participa dentro de las principales organizaciones formadas para recuperar materiales susceptibles a reciclar, específicamente el PET, por lo que las declaraciones dadas por parte de los voceros de la empresa¹ permiten entender parte de las barreras con las que se enfrenta el sector y las recomendaciones para fortalecer a la industria, donde se apunta al Estado como el agente clave para efectuar los cambios necesarios. Los obstáculos que presenta son la informalidad de los recolectores, falta de capacitación sobre la correcta forma de separar los residuos, poca infraestructura para la separación de la basura, la fluctuación de los precios de las resinas, la poca inversión en maquinaria y equipo que permita transformar las resinas resultantes del reciclado en productos para otros sectores y los mecanismos del régimen fiscal que merman las ganancias de los participantes en la actividad.

En el primer capítulo se presentan las principales corrientes económicas que estudian el impacto de las actividades antropogénicas sobre la naturaleza, siendo la Economía Ambiental, la Economía Ecológica, el Desarrollo Sostenible y la Ecología Industrial. Esto con la finalidad de indicar las aportaciones que han efectuado respecto a la gestión de los residuos sólidos urbanos y compararlas con los principios de la Economía Circular. Posteriormente, se describe la manera en que surge esta corriente, sus principales recomendaciones, aportaciones, limitantes y la entrada del reciclaje dentro

¹ Petstar TV (28 de mayo de 2019). *PetStar en entrevista con la Revista Peninsular*. <https://www.youtube.com/watch?v=JGF1ThzJsxk>

de los objetivos para integrar los residuos a las cadenas de producción de otros materiales o el mismo tipo de mercancía, así como algunas iniciativas internacionales para fomentar su desarrollo.

En el segundo capítulo se enuncia la generación de los residuos sólidos dentro de las ciudades, por lo que se hace un resumen sobre las diferentes definiciones del espacio urbano, una breve descripción de la Ciudad de México, cómo el impacto de la planeación del espacio urbano y el sujeto formado dentro de él provocan la acumulación y manejo ineficiente de los RSU, análisis de la composición de los RSU, así como su definición y el comportamiento de la acumulación de estos dentro de las alcaldías que conforman a la CDMX, específicamente de los residuos plásticos, y la manera en que la Economía Circular integra a las ciudades y el reciclaje dentro de su visión y objetivos.

El tercer capítulo inicia con la breve historia de la introducción de los polímeros dentro del proceso de producción de diferentes mercancías y como transformaron el estilo de vida de los consumidores, volviéndose parte esencial del desarrollo industrial. Posteriormente, se enfoca en la legislación creada para el manejo de los RSU, así como el desarrollo de la industria del reciclaje de PET y la comparación entre la producción de la resina virgen y la reciclada, tanto en términos económicos como ambientales.

Por último, el cuarto capítulo recoge todas las recomendaciones de la Economía Circular y las conclusiones arrojadas en las secciones anteriores para aterrizarlos en el caso de estudio de PETSTAR analizando las capacidades, ventajas operativas y estrategias implementadas para incentivar la separación y recolección de botellas PET, así como el logro de convertirse en la principal empresa productora de resina reciclada grado alimenticio².

² Para mayor referencia: <https://www.petstar.mx/petstar/procesos/>

1. Marco Teórico

El tema del reciclaje ha sido discutido por las diferentes perspectivas teóricas que se revisan a continuación, ya que es considerado como una práctica rentable para combatir la acumulación de residuos, aunque también ha sido criticada si se observa en términos energéticos. Es una opción dentro de los sistemas productivos para que las empresas puedan usar los recursos materiales con los que cuenta de manera eficiente, así como establecer mecanismos de organización y de recolección para reutilizar los desperdicios que otras empresas arrojan y convertirlos en materia prima; con la finalidad de reducir costos de producción y externalidades negativas.

Al reconocer la degradación ambiental ocasionada por las actividades antropogénicas, nacen diferentes corrientes teóricas dentro de la economía que buscan aportar recomendaciones para mitigar el impacto de la contaminación humana. La propuesta del Desarrollo Sostenible nace de las crecientes manifestaciones para introducir en las agendas políticas la problemática ambiental, poniendo diversos temas de discusión para mejorar el nivel de vida mientras se protege a la naturaleza³.

Después de la creación de las primeras ciudades, nacen movimientos sociales que demandan mejoras sanitarias y contrarrestar la deteriorada condición de vida de los trabajadores, así como detener la propagación de las enfermedades a otras clases sociales. Adicionalmente, se tenía una clase social alta y media que comenzaba a reconocer la destrucción de los paisajes y la acelerada deforestación, así como una comunidad científica que publicaba los riesgos de los agroquímicos, la forma de producción, los energéticos, el deterioro de la capa de ozono, el cambio climático, la concentración de contaminantes en la biosfera y las consecuencias negativas para la vida en general.

Dentro de los debates teóricos sobre cómo se debe combatir el problema de los residuos sólidos urbanos (RSU), se identifica en primera instancia a la Economía Ecológica como la principal corriente teórica que establece recomendaciones para que los países consideren buscar el desarrollo mediante actividades y políticas que den prioridad al cuidado ambiental.

La Ecología Industrial se enfoca en el comportamiento de las empresas e industrias buscando establecer estrategias y herramientas de análisis que les proporcionen caminos alternos para formar

³ Para más información sobre algunas publicaciones que aportaron al debate ver Foladori Guillermo y Naína Perri, 2005. “¿Sustentabilidad?: desacuerdos sobre el desarrollo Sostenible”, México.

una integración entre ellas, similar al comportamiento de la naturaleza, con lo que logren aprovechar los recursos para reducir la contaminación generada.

Por último, se describe las aportaciones de la Economía Circular, visión que se desarrolla a partir de los conceptos de distintas corrientes teóricas enunciadas más adelante, y en las últimas décadas ha sido adoptado por empresas buscando nuevas formas de producción y consumo que les permitan obtener beneficios, no sólo económicos, sino también sociales y ambientales.

1.1. La introducción de los RSU en el Desarrollo Sostenible

El documento titulado “Nuestro Futuro común” emitido en 1987, introdujo la discusión sobre el manejo de los recursos naturales para no sobreexplotar al ecosistema. No es la finalidad de esta investigación hacer una revisión profunda sobre los puntos que se tocan en dicha publicación, ni revisar la extensa bibliografía que existe sobre el Desarrollo Sostenible (DS), pero para contextualizar al lector es necesario mencionar algunas definiciones que se han utilizado para contemplar el tema de los RSU.

La Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA *European Environment Agency*) plantea que *“El concepto de sostenibilidad promueve una alianza naturaleza-cultura fundando una nueva economía, reorientando los potenciales de la ciencia y de la tecnología, y construyendo una nueva cultura política fundada en una ética de la sustentabilidad.”* Considerando el papel que la tecnología e innovación juegan en la reducción de los residuos, es relevante mantener el concepto dentro de los análisis de sostenibilidad.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) menciona que el DS tiene tres pilares, el ambiental, económico y social, los cuales requieren de un manejo adecuado de los recursos para llegar a un equilibrio.

Enfocado principalmente en el tema de los residuos el PNUMA (2013) indica que los mecanismos de prevención, reutilización, valorización o reciclaje ayudan a mejorar la eficiencia económica ya que se modifica la extracción y el uso de los recursos, se reduce el presupuesto necesario para los servicios de recolección de residuos sólido y se generan nuevas fuentes de empleo en sectores marginados. Con cambios de este tipo, se conjugarían beneficios sociales, ya que un manejo propicio de los RSU eliminaría externalidades como enfermedades e intoxicación provenientes de

los tiraderos de basura, además de reducir las emisiones de CO₂, contaminación de suelo, agua y aire por otros químicos provenientes de la descomposición y concentración de basura.

La Unión Europea (UE), ha manifestado cambios concretos, tanto en la teoría como en la práctica, respecto al compromiso para lograr los objetivos del Desarrollo Sostenible⁴, donde los objetivos “11: Ciudades y comunidades sostenibles” y “12: Producción y consumo responsables” abarcan la problemática de los RSU. Para alcanzar estos objetivos las legislaciones entre los países miembros se modifican para incentivar una producción y consumo Sostenible.

García (2017: 311) realiza un breve recuento de las acciones realizadas por la UE desde 2001 hasta 2017, considerando que “el Desarrollo Sostenible pasó a formar parte del acervo comunitario y, junto al principio de integración, coloca al medio ambiente en el centro de la política europea, a través del propio Derecho originario con el artículo 11 del Tratado de la UE, el cual establece que las exigencias de la protección del medio ambiente deberán integrarse en la definición y en la realización de las políticas y acciones de la UE, en particular con objeto de fomentar un desarrollo sostenible.” De esta búsqueda se desprende la Economía Circular, la cual será abordada con profundidad más adelante.

Se identifica que la UE tiene como objetivo alargar y cerrar el ciclo de vida de las mercancías, cambiando el concepto que se tiene por residuo para identificarlo como una materia prima, con lo cual se debe reorganizar el sistema productivo por uno que priorice la reutilización y reciclaje de la materia.

El DS se enfoca principalmente en la discusión política para disminuir y mitigar la degradación ambiental, dando prioridad al desarrollo humano y al crecimiento económico, ya que no busca una transformación interna del modo de producción, únicamente legislaciones e intervención de los agentes económicos para cumplir con los objetivos. Anterior a los objetivos del Desarrollo Sostenible se tenían los Objetivos del Milenio y el protocolo de Kioto, el cual tiene como objetivo reducir las emisiones de los Gases de Efecto de Invernadero (GEI) al menos un 18 % respecto a los niveles registrados en 1990. Posteriormente, se introduce el Acuerdo de París, el cual entra en vigor

⁴ Fin de la pobreza; Hambre cero; Salud y bienestar; Educación de calidad; Igualdad de género; Agua limpia y saneamiento; Energía asequible y no contaminante; Trabajo decente y crecimiento económico; Industria, Innovación e infraestructura; Reducción de las desigualdades; Ciudades y comunidades sostenibles; Producción y consumo responsables; Acción por el clima; Vida submarina; Vida de ecosistemas terrestres; Paz, justicia e instituciones sólidas; Alianzas para lograr los objetivos.

en noviembre de 2016 con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura por debajo de los 2 grados centígrados respecto a niveles preindustriales⁵.

Cortinas (2018) considera que el manejo de los residuos para alinearse a los objetivos del DS, debe involucrar tanto a las autoridades municipales y estatales, así como a otros organismos encargados de áreas de salud, planeación urbana y educación, implicando un trabajo multidisciplinario entre distintas secretarías y órganos reguladores.

La legislación mexicana, sumándose a los compromisos asumidos por la búsqueda del DS, hace mención de las formas para gestionar los RSU, que conforme a la definición de la SEMARNAT, el manejo integral de los residuos son *“las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.”*

Cortinas plantea que México debe diseñar políticas para un aprovechamiento óptimo y sostenible de los materiales, así como prevención, generación de residuos y manejo sostenible de los que no se puedan evitar. Todo esto conscientes de la dimensión del territorio, el tamaño de la población, las distintas regiones del país, la diversidad de patrones de desarrollo y la existencia de variaciones significativas en los volúmenes de generación de residuos de una entidad o de un municipio a otro y en su composición.

La participación de los agentes económicos en las políticas y acciones ambientalistas son de gran importancia, pero si no se logra una concientización de todos los sectores sobre el impacto que cada uno de ellos tienen, la responsabilidad seguirá cayendo en gobiernos que posiblemente priorizan otros conflictos sociales como son la escasez de alimentos, educación de calidad, aumento en la oferta de trabajo, combate a la corrupción, el narcotráfico, etc. Todos esos factores influyen en los discursos políticos y los debates que se planean cada año en las cumbres climáticas, cumpliendo el

⁵ El lector puede encontrar más información en la página oficial de las Naciones Unidas: <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/que-es-el-acuerdo-de-paris>

eslogan del DS sobre satisfacer las necesidades humanas, cuando no necesariamente se tiene un consenso sobre cuáles son esas necesidades.

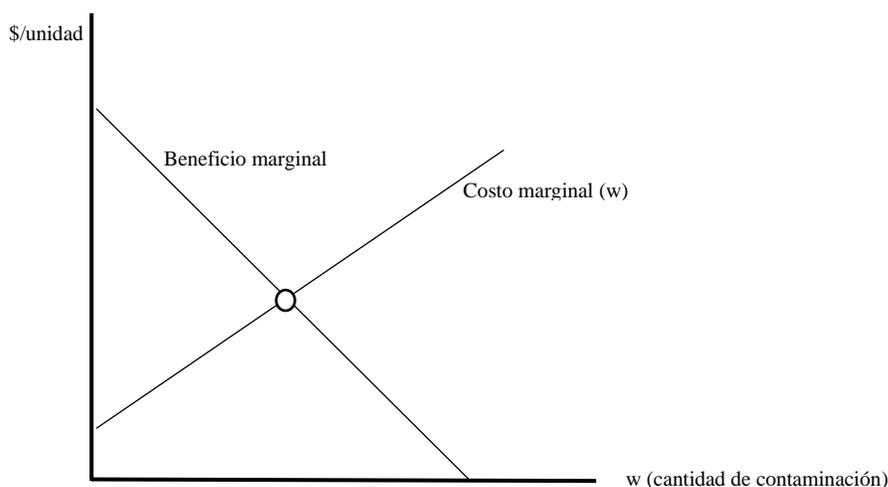
1.2. Economía Ambiental: creación de un mercado para los RSU

La Economía Ambiental es resultado de la necesidad de incluir dentro de la economía neoclásica el tema del medio ambiente, visto más allá que simples recursos para insumos. Esta vertiente teórica, de forma general, considera que los problemas ocasionados en la naturaleza por las actividades económicas son fallas de mercado y se consideran externalidades, ya sean positivas o negativas.

La degradación ambiental y el uso de recursos naturales sin precio son un efecto negativo fuera del mercado por parte de un agente económico sobre otro, sin que se produzca ninguna forma de compensación. Esto implica que el problema ambiental se expresa en términos de una interacción entre los agentes económicos, aquí la naturaleza y el medio ambiente solo se describen implícitamente. El objetivo es encontrar el nivel óptimo de una externalidad, que viene de la búsqueda de eficiencia en el sentido de Pareto. Esta última se define *como una situación en la cual una mejora en el bienestar de cualquier individuo no puede lograrse sin una pérdida de bienestar para otra persona*. En Economía Ambiental se considera a los recursos naturales y los servicios ambientales como recursos escasos a los que la asignación óptima es aplicable (Van den Bergh, 2000, 5).

Los costos sociales derivados de la actividad contaminadora, los cuales comprenden el daño generado por la contaminación y los costos totales en los que se necesitan para reducirla alcanzan un punto óptimo, el cual corresponde a la intersección donde el costo marginal de reducción es igual al daño marginal generado por el nivel de contaminación. La cantidad de contaminantes que se generen dependerá del equilibrio entre la ganancia obtenida de la producción y la pérdida ambiental. Esto quiere decir que, siguiendo una relación lineal, el beneficio económico de producir tiene una pendiente negativa y el costo por la pérdida ambiental una positiva, por lo que, al ir aumentando la pérdida ambiental, el beneficio económico va disminuyendo, hasta llegar a un punto de intersección.

Gráfica 1. Beneficio marginal en producción y pérdidas por deterioro ambiental



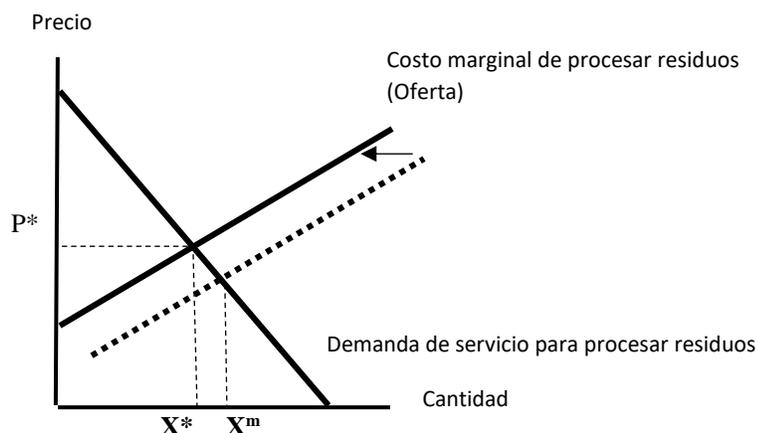
Existe una extensa literatura que analiza las recomendaciones de la Economía Ambiental respecto a la gestión de los residuos, el lector puede revisar la bibliografía recomendada para profundizar en el tema⁶.

Existen diferentes propuestas para combatir la problemática de la reducción de los residuos dentro de la Economía Ambiental, como podrían ser políticas para implementar una cuota por manejo de residuos. Bajo esta perspectiva la teoría plantea diferentes escenarios analizados bajo una curva de oferta y demanda lineal. En el primer escenario es donde no existe ningún pago por el manejo de los residuos, por lo que no hay incentivo alguno para los hogares de disminuir la cantidad de desechos, de tal forma que entre mayores sean los niveles de acumulación, los costos de procesar la basura serán excesivos tomando en cuenta el beneficio social (Shunsuke y Koichi, 2017, 103).

Considerando una política donde la cuota de pago (P) se establece de acuerdo con la cantidad de residuos generados como se muestra en la gráfica 2, se plantean las condiciones donde los depósitos de basura son mayores a la demanda de servicio para su procesamiento, por lo tanto, el costo marginal de procesar los residuos sería mayor a la utilidad marginal de demandar aquellos servicios.

⁶ El lector puede encontrar referencias completas en la sección de Bibliografía recomendada.

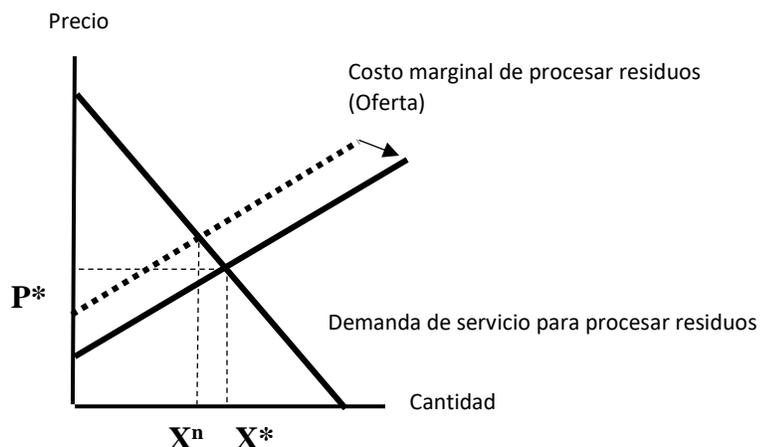
Gráfica 2. Curva de demanda con depósitos de basura superior a los demandados



Al ir disminuyendo la utilidad marginal y siendo que la demanda de los servicios se basa en ella, la reducción de la demanda generará que el precio del procesamiento de residuos disminuya para llegar a X^* , siendo el óptimo de contaminación buscado. Mientras que la utilidad marginal disminuye por unidad de reducción de eliminación de residuos, no lo hace tanto como el costo de eliminación de residuos. Por lo tanto, el beneficio social por unidad de reducción en eliminación de residuos incrementa por un monto equivalente a la diferencia entre el costo marginal y la utilidad marginal.

En otro escenario se plantea que la oferta de eliminación de residuos está por debajo del punto de equilibrio como se muestra en la gráfica 3, en este caso el costo marginal de procesamiento es menor que la demanda por el servicio. Así tenemos que la utilidad marginal de eliminación de residuos es mayor al costo marginal del mismo.

Gráfica 3. Curva de demanda con depósitos de basura inferior a los demandados

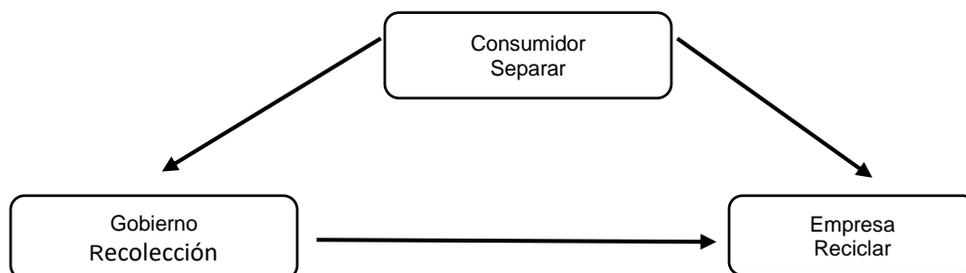


Ya que la utilidad de reducción por unidad de reducción de desperdicio sobrepasa los niveles de disminución de la cuota de procesamiento de desperdicio, entonces la mengua de la eliminación de residuos lleva a un menor beneficio social, por lo que el costo marginal de procesar residuos debe disminuir para aumentar la oferta y así llegar nuevamente un nivel óptimo.

En conclusión, la Economía Ambiental considera que la maximización del beneficio social se encuentra en el punto de equilibrio donde la utilidad marginal de eliminación de residuos es igual al costo marginal de la eliminación de residuos (*Ibid*, 105).

Dentro de esta visión los agentes tienen diferentes papeles para lograr integrar los residuos nuevamente en el proceso productivo como se muestra en la figura 1:

Figura 1. Los agentes dentro de la problemática.



Fuente: Elaboración propia con base a Shunsuke y Koichi, 2017

Esta división puede alcanzarse mediante medidas legislativas, donde se responsabiliza al consumidor a entregar los residuos debidamente separados para reducir costos, sin embargo, cuando llegan a las empresas, el proceso debe arrojar ganancias. Shunsuke y Koichi (2017), mencionan el caso del reciclaje de botellas de plástico, donde se debe considerar las fluctuaciones en los precios de las resinas vírgenes, ya que la hojuela reciclada debe ser competitiva frente aquella derivada del petróleo. Además, los oferentes de bienes producidos mediante fibras recicladas deben asegurarse un mercado que pueda pagarles un precio más atractivo frente de otros bienes, de lo contrario los capitales pueden moverse hacia otras industrias.

1.3. Economía Ecológica: en busca del beneficio social y ambiental

La Economía Ecológica es una rama teórica que busca establecer un mejor vínculo entre los análisis de las ciencias duras como la biología, con la economía para establecer relaciones de producción menos invasivas para el medio ambiente y las demás especies animales. En contra posición de la Economía Ambiental que considera el tema de los residuos sólidos urbanos como una externalidad negativa ocasionada por la producción y consumo de mercancías, la Economía Ecológica busca introducir tanto a los residuos como los recursos naturales dentro del flujo circular⁷.

Esta corriente considera que se debe ver al planeta como un sistema abierto, donde se necesita entrada de energía y materiales, y cuya salida se da mediante el calor disipado y los residuos, los cuales a través del reciclaje pueden ser parcialmente utilizados. El reciclaje, como se ve en esta teoría, puede entrar al mercado bajo el esquema de reciclaje de residuos, o darse un reciclaje de manera orgánica, mediante los ciclos naturales que convierten los residuos en recursos, como es el caso del CO₂ absorbido por las plantas y convertido en oxígeno, o el estiércol que se vuelve abono para las plantas. En la visión predominante en las economías modernas los residuos se acumulan o se integran en procesos de transformación muy contaminantes, como cuando son usados para combustibles (Martínez-Alier y Roca, 2000, 13).

Dentro de la Economía Ecológica existen diferentes perspectivas para encontrar soluciones y recomendaciones de políticas entorno a la gestión de los residuos sólidos urbanos. Emiliano J. Cahe y Jorge Prada (2019), enuncian las cuatro principales visiones para estudiar esta problemática.

⁷ El lector puede encontrar referencias para profundizar en el tema en la sección de Bibliografía recomendada.

Cuadro 1. Perspectivas para la gestión de residuos sólidos urbanos

ESTUDIO	CASO	BIBLIOGRAFÍA
RSU y externalidades	<ul style="list-style-type: none"> • Relación negativa entre la gestión y los servicios ecosistémicos. • Desarrollo de tecnologías para la gestión. 	<p>Chen, T.-C., y Lin, C.-F. 2008. Greenhouse gases emissions from waste management practices using Life Cycle Inventory model. <i>Hazardous Materials Vol: 155, 23-31.</i></p> <p>Chidiak, M., y Bercovich, N. 2004. "Microcréditos y servicios ambientales urbanos: Casos de gestión de residuos sólidos en Argentina.," CEPAL, Santiago de Chile.</p>
Técnicas de reducción	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar reducir las emisiones de GEI y costos de gestión de RSU. • Transformación de los residuos en otras formas de energía. 	<p>Adhikari, B. K., Trémier, A., Martinez, J., y Barrington, S. 2010. Home and community composting for on-site treatment of urban organic waste: perspective for Europe and Canada. <i>Waste Management & Research Vol: 28, 1039-1053.</i></p> <p>El-Hamouz, A. M. 2008. Logistical management and private sector involvement in reducing the cost of municipal solid waste collection service in the Tubas area of the West Bank. <i>Waste Management 28, 260-271.</i></p> <p>Chien Bong, C. P., Ho, W. S., Hashim, H., Lim, J. S., Ho, C. S., Peng Tan, W. S., y Lee, C. T. 2017. Review on the renewable energy and solid waste management policies towards biogas development in Malaysia. <i>Renewable and Sustainable Energy Vol: 70, 988-998.</i></p>
La relación con el comportamiento social	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo sostenible, compras inteligentes y tratamientos domiciliarios. 	<p>Armijo, C. 2005. El manejo de los residuos sólidos municipales bajo una visión de responsabilidad compartida. <i>Memorias del V Foro de Consulta Pública en Ensenada, Baja California, México.</i></p> <p>Gaiani, S., Caldeira, S., Adorno, V., Segrè, A., y Vittuari, M. 2017. Food wasters: Profiling consumers' attitude to waste food in Italy. <i>Waste Management Vol: 72, 17-24.</i></p> <p>Wei, Y., Li, J., Shi, D., Liu, G., Zhao, Y., y Shimaoka, T. 2017. Environmental challenges impeding the composting of biodegradable municipal solid waste: A critical review. <i>Resources, Conservation and Recycling Vol: 122, 51-65</i></p>
Evaluación y elección de propuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Enfoque monocriterial, asociado al costo-beneficio. • Enfoque multicriterial, consideran lo económico, ambiental y social. 	<p>Pin, B. V. R., Barros, R. M., Silva Lora, E. E., y dos Santos, I. F. S. 2018. Waste management studies in a Brazilian microregion: GHG emissions balance and LFG energy project economic feasibility analysis. <i>Energy Strategy Reviews Vol: 19, 31-43</i></p> <p>Falconí, F., y Burbano, R. 2004. Instrumentos económicos para la gestión ambiental: decisiones monocriteriales versus decisiones</p>

Fuente: Elaboración propia con base a Cahe y Prada (2019).

Para esta corriente teórica, la economía debe dejar de ser un sistema cerrado donde el medio ambiente es una simple externalidad, a veces positiva a veces negativa, para ser un sistema abierto donde las sociedades y sistemas naturales co-evolucionan (Carpintero, 2009).

En contraposición de la visión del DS y la Economía Ambiental, la Economía Ecológica tiene una visión más integral, donde la naturaleza no está subordinada a los intereses económicos de las clases dominantes y las agendas políticas, se busca concientizar a las poblaciones de la importancia del cuidado ambiental para mantener en funcionamiento a la sociedad, al no priorizar las necesidades actuales, realiza análisis considerando una temporalidad no lineal, como si lo hace la Economía Ambiental, además que establece los límites físicos a los que se enfrenta la humanidad, visión que dentro de la otra vertiente no necesariamente se tiene presente ya que dentro de sus discursos el papel de la tecnología cobra mayor relevancia.

Respecto a los residuos sólidos, la Economía Ecológica critica el uso de la técnica de alejamientos, siendo la más utilizada, ya que únicamente se busca enviar los residuos a un lugar lejano al de la generación, sin embargo, como estos han crecido exponencialmente reduciendo otros espacios geográficos, esta técnica ha perdido sentido práctico (*Ibid*, 143).

Cabe destacar la importancia que cobra el Estado dentro de las tres visiones revisadas hasta el momento, ya que proponen una intervención para regular la contaminación. Al ser un problema con un impacto tan complejo, se concluye que no es posible dejar que el libre mercado sea quien busque el equilibrio, ya que tanto el productor como el consumidor buscan “maximizar su utilidad”, de acuerdo a la Economía Ambiental, o no se tendrán los recursos necesarios para establecer fondos de rescate, como lo busca el DS, de tal forma que la Economía Ecológica sale de la visión conservadora, para pasar a una integral donde la intervención estatal establezca medidas que consideren al ecosistema como un todo, para introducir el consumo energético y los cambios en los patrones de consumo y producción.

Ralea (2011) menciona que, considerando la perspectiva ambiental, la gestión de los residuos se debe abordar a través de una escala de prioridades, las cuales son:

- Diseñar procesos y servicios con menor uso de materiales.

- Aprovechar al máximo los materiales involucrados.
- Reintegrar los materiales al sistema productivo.
- Transformar los residuos para valorizarlos como materia prima en los procesos de producción o prestación de servicios.
- Servirse del contenido energético de los residuos.
- Si no se pueden aplicar las opciones anteriores, entonces se debe aplicar la técnica de aislamiento.

En la Economía Ecológica se entiende que los costos económicos son limitantes para poner en práctica cualquier recomendación, pero avanza más allá de ellos al considerar también la disponibilidad de espacio y las limitaciones socioculturales, como la poca participación ciudadana en la segregación de los residuos, lo cual encarece y entorpece las actividades como la del reciclaje. Esta técnica es apreciada como la mejor para recuperar energía de una parte importante de los residuos sólidos, ya que la energía requerida por el proceso de producción suele ser superior que la contenida en los residuos, por lo que se debe priorizar frente a la tecnología de valorización energética (*Ibid*, 150).

Al tomar en cuenta la crítica de la Economía Ecológica se observa que no es posible llegar a soluciones sin la participación de los agentes productores, debido a que son ellos quienes tienen mayor poder de decisión sobre el uso y consumo de los recursos, entendiéndose como recursos también el espacio y la energía. Las iniciativas empresariales para combatir la acumulación de residuos deben incluir un aumento de la ganancia para ellos, debido a que son agentes que deben reproducir su capital, sin embargo, parte de la discusión teórica de esta corriente es que no es factible el crecimiento de la riqueza material sin incurrir en mayor degradación ambiental.

1.4. Diferencia con la visión de la Economía Circular

La Economía Ambiental es una teoría que se contrapone con las recomendaciones de la Economía Circular (EC) dado que mantiene una visión lineal sobre el manejo de los recursos naturales, considerando que es el mercado quien puede solucionar los problemas ambientales al proporcionar un valor monetario. Martínez (2000), analizó algunos instrumentos de regulación e incentivo económico fundados en las propuestas de la Economía Ambiental, mencionando que frecuentemente la relación entre políticas ambientales y empleo se plantean en términos de dilema, dado que estas se basan en el aumento de la productividad del trabajo, sin reducir las jornadas

laborales y aumentando el desempleo, además de utilizar de manera intensiva los recursos naturales y la energía (p. 187-191). Lo mismo sucede con el manejo de los recursos naturales y el ciclo de vida de las mercancías, como es el caso del PET, donde se tiene una economía lineal que incentiva comprar para poseer y desechar, vinculando los estilos de vida, empleos, normas y valores sociales arraigados a los procesos lineales, en contraste con el objetivo de la circularidad económica que busca un consumo colaborativo para compartir, redistribuir y reutilizar los productos (Jiménez, 2020:11).

Por otro lado, la EC busca generar oportunidades de negocio con la integración de los residuos a la actividad económica, pero la Economía Ecológica critica que a pesar de los beneficios que puede traer el reciclaje, no hay que dejar de lado que no es posible reciclar todos los materiales sin generar pérdidas energéticas, por lo que este tipo de prácticas deben venir acompañadas de otras soluciones como la reducción de consumo de materiales desechables, así como el crecimiento y desarrollo de una población que disminuya la Huella Ecológica al conservar el agua, cuidar las zonas de recreación, demandar productos con menor impacto ambiental y diferentes fuentes de energía. Por lo que el reciclaje de residuos puede ayudar a disminuir los GEI⁸ (Relea, 2011, 153). Sin embargo, la Economía Ecológica resalta que cada vez que se produce algo existen pérdidas irreversibles de energía y materia, por lo que llegar a una recuperación total es imposible y la dependencia de los recursos naturales inevitable (Jiménez, 2020:9).

1.5. Ecología Industrial: Iniciativa para modificar la integración de las industrias

De toda esta discusión nacen nuevas propuestas teóricas que buscan integrar la industria a formas de producción menos dañinas para el medio ambiente. Una de las ramificaciones surgidas ha sido la Ecología Industrial, la cual busca establecer herramientas teóricas y prácticas para impulsar las industrias a una nueva forma de producción. Intenta proporcionar recomendaciones y estrategias a las empresas para que integren sus recursos a un modelo circular donde se organicen y produzcan de tal forma que sea lo más parecido a un ecosistema natural. De acuerdo con Carrillo (2009), se identifican tres enfoques cuyos principales pioneros son los siguientes autores:

⁸ Los gases como el dióxido de carbono, metano y óxido nitroso han aumentado su concentración en la atmósfera, principalmente por la combustión de carbón, petróleo y gas, la tala de selvas tropicales y el desarrollo de la ganadería. Para mayor información el lector puede consultar las publicaciones de la comisión Europea: https://ec.europa.eu/clima/change/causes_es

Cuadro 2. Enfoques de la ecología industrial

Enfoque teórico	Principales autores
La ecología industrial como un proceso de desmaterialización de la economía.	Stephen Bunker; Hardin Tibbs; Lowe y Schmidt-Bleck
La ecología industrial vista desde el balance de materiales y de energía hasta su reintegración a los ciclos biogeoquímicos y de materiales.	Robert Ayres y Leslie Ayres
La ecología industrial como una estrategia que genera interacciones dentro del sistema industrial en analogía con los sistemas naturales.	Robert Frosch; Nicholas Gallopoulos; Braden Allenby; J. Ausbel

Fuente: Carrillo, 2009.

Hacia la década de los 50's del siglo pasado los intentos para mitigar el impacto causado al ambiente por la industria eran medidas tomadas por las empresas llamadas *al final de la tubería*. Esta expresión se refiere a que las empresas intentaban reducir el impacto de la contaminación, justo después de producir los residuos y antes de liberarlos al ambiente. La práctica presentó grandes desventajas, pues solamente canalizaban los daños causados de un medio a otro, sin traer consigo algún ahorro en el consumo de recursos o la disminución de las emisiones contaminantes. Con los movimientos sociales surgidos en la década de 1970, se crearon presiones a las empresas para implementar prácticas que fueran más benéficas para el medio ambiente. Se introdujeron conceptos como: Prevención de la Contaminación, Reciclaje, Minimización de Residuos, Producción más Limpia o Ecoeficiencia (Cervantes et al, 2009).

Lo que busca es la evolución de los paradigmas sobre manejo ambiental y de la integración de nociones de sostenibilidad en los sistemas económicos y ambientales, en los cuales los procesos productivos son concebidos como parte integral del ecosistema.

El aspecto tecnológico se mantiene como una variable de suma importancia para el desarrollo de las economías. Existen diferentes teorías⁹ que buscan explicar los motivos y formas en que las empresas cambian de un patrón tecnológico a otro, dando pie a que este movimiento ya no sea visto como una

⁹ El lector puede encontrar más información en: Antonelli Ch. (2008) *Localised Technological Change*. Routledge, NY y Londres. También en: Porter, M. (2008) *The Competitive Forces that Shape Strategy*. Harvard Business Review.

función de producción estática, sino más bien como un proceso dinámico que adopta diversas trayectorias. Este análisis es relevante para lograr establecer propuestas que induzcan a las empresas a tener modelos de negocio más apegados a los ejes del Desarrollo Sostenible ya que, si se parte del supuesto de que la finalidad última del empresario es obtener la ganancia máxima, se deben proporcionar los instrumentos que permitan obtener beneficios económicos junto con la disminución del impacto ambiental. En este sentido la Ecología Industrial propone la interrelación de las empresas para cerrar los ciclos productivos, con la intención de minimizar los residuos y que sean aprovechados por las mismas o por otras como materia prima, por lo que la comunicación entre ellas es fundamental (Martínez-Alier, 2000, 287).

A pesar del recibimiento que ha tenido en la academia las propuestas de la Ecología Industrial, cuando se trata de aplicarlos se han encontrado con limitaciones, como lo menciona Martínez (2000) los ecosistemas naturales se basen en ciclos cerrados, mientras que las economías industriales se comportan de forma lineal, por lo que establecer procesos interrelacionados entre ellas, implica tener una importante comunicación y diseños de producción pensados en las necesidades de distintas empresas (p. 284).

Entre los industriales y las administraciones públicas se mantiene una estrategia de ganar-ganar, donde se busca que el convertir los residuos en insumos con procesos menos invasivos sea económica y ambientalmente posible, pero sobre todo que sean rentables. Para las empresas, la Ecología Industrial es, además, un campo interesante en el desarrollo de una nueva contabilidad ambiental. No se exige aún a las empresas que calculen, ni que compensen sus pasivos ambientales. Sin embargo, por la vía de las protestas ambientalistas, por la vía de las políticas públicas y por la vía judicial, el tema de la responsabilidad ambiental de las empresas, tanto nacional como internacional, va avanzando (Martínez, 2003).

1.6. Origen del concepto de Economía Circular

Se menciona brevemente como se ha incluido el tema de los RSU dentro distintas discusiones teóricas para proteger al medio ambiente, lo que ha generado una constante evolución de pensamiento y propuestas para mitigar el impacto de estos dentro de la Biósfera, surgiendo en los últimos años un debate en torno a la visión de la EC.

Como se menciona en la primera sección, la sostenibilidad debe mantener el equilibrio entre sus tres ejes principales, por lo que no debe descuidar la variable tiempo dentro de los mecanismos para

lograrlo; debido a esto, la visión lineal de la economía y de la integración de los recursos naturales, criticada por varios autores como se enuncia anteriormente, da pie a la creación de un nuevo modelo de integración y explotación de recursos. La Economía Circular busca tanto, prosperidad económica como social y ambiental, apoyándose en los principios de reducir, reutilizar, reciclar, e ideas de diseño sostenible; ideas provenientes del Informe de Nuestro Futuro Común donde la integración de los elementos sea dinámica y en un modelo cerrado (Prieto, et al: 2017).

Durante los años noventa el concepto de sostenibilidad comenzó a influir en diferentes esferas de la sociedad, por lo que la comunidad científica creó nuevos modelos de inclusión para los desechos, con el objetivo de considerarlo recursos. De acuerdo con Prieto (2017:89), *fue hasta 1990 cuando Pearce y Turner formularon literalmente el término "Economía Circular", proponiendo un flujo económico cerrado que explicaba cómo sería posible su funcionamiento.*

Existe un debate sobre el origen del modelo presentado por la Economía Circular, se menciona que, en 1848 el primer presidente de la Real Sociedad de Química declaró: “una fábrica ideal de productos químicos no debe tener desperdicios, solo productos, cuanto mejor uso se haga de los desperdicios, mejor será la fábrica y los beneficios” por lo que desde aquel entonces le idea de un ciclo productivo integrado y abierto era planteado (Murray, Skene, & Haynes, 2015).

También se ha considerado que esta visión tiene su origen en China, como lo mencionan Liu, Li, Zuo, Zhang, y Wang (2009), ya que es propuesto por los académicos en el año de 1998 y aceptado formalmente por el gobierno en el 2002 como una nueva estrategia de desarrollo teniendo como objetivo principal la protección del medio ambiente, la prevención de la contaminación y el desarrollo Sostenible.

Una fundación que se ha encargado de difundir el concepto de EC es la Fundación Ellen MacArthur, creada en 2010. A través de ella se han publicado varios informes que buscan incrementar el conocimiento y la discusión sobre el tema, por ejemplo, el informe "Hacia la economía circular" examina el potencial económico ofrecido por esta nueva teoría. La EC se considera como un nuevo modelo industrial que se opone al modelo lineal de consumo de recursos basado en *tomar, fabricar y disponer*. Su objetivo es eliminar los desechos que son dañinos para el medio ambiente, mediante la promoción del uso de productos con componentes naturales que pueden reabsorberse en la biosfera sin causar grandes daños, así como la reutilización de componentes técnicos no adecuados para la biosfera, por lo que se busca el enfoque de reutilización, reparación y reciclaje. El consumo

final de bienes debe, en una economía circular, basarse en una economía funcional de servicios donde los productos y consumidores tomen un papel más activo (Gallaud, 2016, 3).

Siguiendo a la Fundación Ellen MacArthur como la principal promotora de la Economía Circular, esta menciona en su página oficial¹⁰ que es difícil definir sus orígenes ya que no se puede establecer una única fecha o adjudicarla a un autor, pero enumera las siguientes escuelas de pensamiento como sus principales desarrolladoras:

- **Diseño Regenerativo:** En EEUU John T. Lyle comenzó a desarrollar ideas sobre diseño regenerativo que podían aplicarse a todos los sistemas, es decir, más allá de la agricultura, para la cual se había formulado anteriormente el concepto de regeneración. Podría decirse que puso las bases del marco de la economía circular, que se desarrolló especialmente y ganó notoriedad gracias a McDonough, Braungart y Stahel.
- **Economía del rendimiento:** En 1976, el arquitecto y economista Walter Stahel esbozó en su informe de investigación para la Comisión Europea *The Potential for Substituting Manpower for Energy*, escrito junto con Genevieve Reday, la visión de una economía en bucles (o economía circular) y su impacto en la creación de empleo, competitividad económica, ahorro de recursos y prevención de residuos.
- **De la cuna a la cuna:** El químico y visionario alemán Michael Braungart desarrolló, junto con el arquitecto estadounidense Bill McDonough, el concepto *Cradle to Cradle* (de la cuna a la cuna) y su proceso de certificación. Esta filosofía de diseño considera todos los materiales empleados en los procesos industriales y comerciales como nutrientes, de los cuales hay dos categorías principales: los técnicos y biológicos. Se centra en el diseño de la eficacia en lo relativo a los productos con un impacto positivo y la reducción de los impactos negativos del comercio mediante la eficiencia.
- **Ecología Industrial:** La Ecología Industrial es el estudio de los flujos de materiales y de la energía a través de sistemas industriales.
- **Biomímesis:** Janine Benyus, define su enfoque como una nueva disciplina que estudia las mejores ideas de la naturaleza y luego imita estos diseños y procesos para resolver problemas humanos. Por ejemplo, estudiar una hoja para diseñar una célula fotovoltaica. Piensa que la biomímesis es la innovación inspirada por la Naturaleza.
- **Economía Azul:** Impulsada por Gunter Pauli, empresario belga y anteriormente Director Ejecutivo de Ecover, la Economía azul es un movimiento de código abierto que reúne una serie de casos prácticos recopilados inicialmente en un informe del mismo nombre entregado al Club de Roma. Como dice el manifiesto oficial, «utilizando los recursos disponibles en los sistemas en cascada, (...) los residuos de un producto se convierten en la entrada para crear un nuevo flujo de caja».
- **Capital Natural:** Se refiere a las reservas mundiales de activos naturales, incluidos el suelo, el aire, el agua y todos los seres vivos. En su libro *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*, Paul Hawken, Amory Lovins y L. Hunter Lovins describen un economía en la que los intereses empresariales y ambientales se superponen, reconociendo las interdependencias que existen entre la producción y el uso del capital hecho por el hombre y los flujos de capital natural.

Sin embargo, Gallaud y Lapreche (2016) consideran que las referencias dadas por esta organización no son exhaustivas, ya que las raíces de la Economía Circular se deberían conectar con las teorías

¹⁰ El lector puede encontrar mayor información en la siguiente liga: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto>

de la Ecología y los primeros debates para integrar la problemática ambiental con los modelos de desarrollo económico, mencionando la Declaración de Estocolmo de las Naciones Unidas, el informe *Nuestro Futuro Común*, entre otros (p. 17).

Reike, Vermeulen y Witjes (2017) declaran que la Economía Circular ha sido relacionada con el "*Tableau Economique*" de Quesnay, asimismo, mencionan que la idea de cierres de bucles de materiales se remonta al siglo XIX, como el trabajo de P.L. Simmonds (1814-1897). Además, históricamente, siempre ha habido sectores económicos que evolucionaron a partir de desechos y subproductos como los tintes en productos petroquímicos. Después de las preocupaciones por controlar y reducir la contaminación, emergieron advertencias tempranas de agotamiento de recursos y límites al crecimiento, como la publicación del Club de Roma en 1972 (p. 3).

Jianguo Qi et al. (2016) afirma que el concepto de economía circular apareció por primera vez a principios de la década de 1990 como un término genérico en la literatura inglesa, planteándose por primera vez por dos economistas ambientales británicos D.W. Pearce y R.K. Turner en su libro *Economics of Natural Resources and the Environment* (p. 2).

La visión de la Economía Circular ha ido adquiriendo mayor popularidad, estos mismos autores rastrean que el primer artículo publicado en *Journal of Resources, Conservation and Recycling* es de 2007, pero sugieren que el crecimiento del tema se da a partir de 2015 a 2017. Asimismo, Frank, Andrea y Jason (2021), hacen un análisis sobre el manejo de los recursos naturales bajo la visión de la Economía Circular repasando algunos aportes recientes a esta teoría.

1.7. Definiciones de Economía Circular

La Fundación Ellen MacArthur define que “una economía circular es un sistema industrial restaurador o regenerativo por intención y por diseño. Sustituye el concepto de “caducidad” por el de “restauración”, se desplaza hacia el uso de energías renovables, eliminando el uso de químicos tóxicos, que perjudican la reutilización, y el retorno a la biosfera, y busca en su lugar, la eliminación de residuos mediante un diseño optimizado de materiales, productos y sistemas y, dentro de estos, modelos de negocios” (p. 3).

La Unión Europea define a la Economía Circular como una economía donde “el valor de los productos y materiales se mantiene durante el mayor tiempo posible; los residuos y el uso de recursos se reducen al mínimo, y los recursos se conservan dentro de la economía cuando un

producto ha llegado al final de su vida útil, con el fin de volverlos a utilizar repetidamente y seguir creando valor. Este modelo puede crear empleo seguro en Europa, promover innovaciones que proporcionen una ventaja competitiva y aportar un nivel de protección de las personas y el medio ambiente del que Europa esté orgullosa. También puede ofrecer a los consumidores productos más duraderos e innovadores que aporten ahorros económicos y una mayor calidad de vida.”

El reporte del Foro Económico Mundial del 2014 plantea el concepto Economía Circular como:

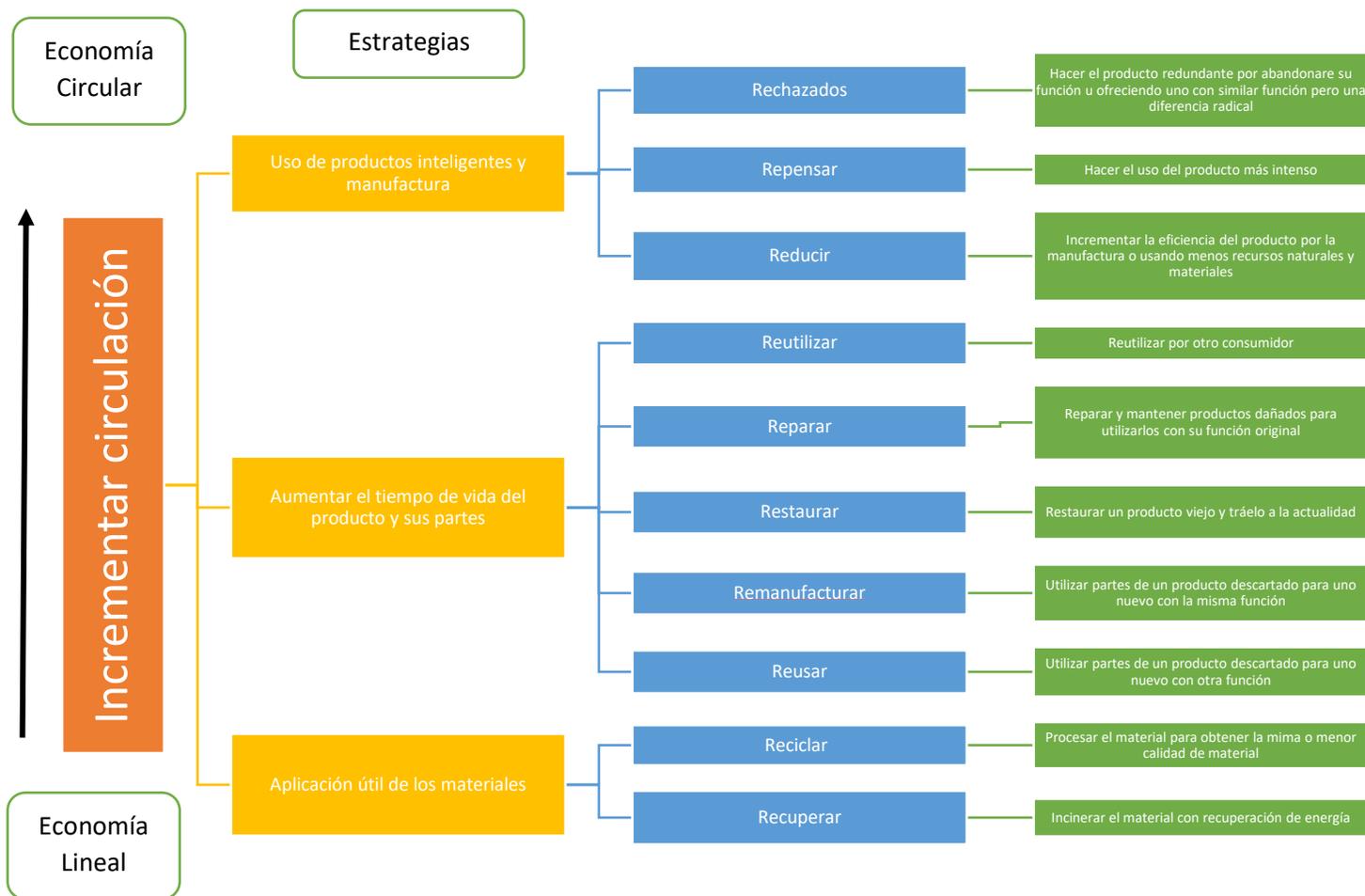
“Un sistema industrial que es restaurativo o regenerativo por intención y por diseño”. Se reemplaza el concepto de fin de ciclo de vida mediante la restauración a través del uso de energía renovable, eliminación del uso de químicos tóxicos que perjudican la reutilización y regresan a la biosfera y apunta a la eliminación del desperdicio a través de un diseño superior de los materiales, productos, sistemas y modelos de negocio.

Las palabras “restaurativo o regenerativo” tiene gran importancia dentro del concepto de Economía Circular debido a que esta no trata únicamente de la reducción o prevención de la contaminación sino también de reparar los daños causados anteriormente.

El concepto circular fomenta la generación de riqueza y empleo en el contexto de un uso inteligente de los recursos. Se busca que los modelos de negocio circulares obtengan ventajas competitivas cada vez mayores en los próximos años, debido a que se crea más valor de cada unidad de recurso que el modelo tradicional lineal *'take make-dispose'* (World Economic Forum, 2014).

Sin embargo, el concepto de Economía Circular ha recibido varias críticas debido a que no logran establecer un consenso sobre el alcance de dicha visión. En primera instancia se habla de un marco para dicha teoría, donde se consideran desde las tres R, que son reducir, reutilizar y reciclar, hasta criterios más amplios que llegan a nueve R's. Aunque en la revisión de literatura elaborada por Kirchherr et al., (2017), se establece que en general la mayoría de los conceptos para la Economía Circular queda establecida con cuatro R's: reducir, reutilizar, recuperar y reciclar, en ese sentido jerárquico. En la figura 2 se menciona el alcance y combinación de las nueve R's que describen las actividades asociadas en la búsqueda de implementar las estrategias de la EC.

Figura 2. Marco de las nueve R's.



Fuente: Elaboración con base a Kirchherr et al., (2017).

Se observa que dentro de las definiciones de Economía Circular los residuos tienen un papel relevante para la implementación de nuevos procesos productivos donde, la generación de desechos se plantea como una pérdida, ya que deben ser integrados como insumos, además se utilizan principios que son atractivos para las empresas como la disminución de costos, ahorro en el gasto energético, atracción de nuevos consumidores, generación de empleo y riqueza, etc. Por otro lado, el Estado nuevamente es concebido en esta visión como un agente de participación activa, al propiciar incentivos y recursos que permitan integrar a la población en la recuperación de los residuos y la reutilización de estos, lo cual significaría una menor inversión para el agente productor. Por otro lado, el hecho de alargar el tiempo de vida de la mercancía atrae a los consumidores que

han manifestado su inconformidad por el daño ambiental de las industrias, por lo que otorga estrategias atractivas para los inversionistas.

Considerando las diferentes visiones de sustentabilidad y la combinación de las R en los teóricos de la Economía Circular, se han dado definiciones distintas como:

- Es flujo de material de circuito cerrado en todo el sistema económico en asociación con los llamados principios de las tres R. Teniendo en cuenta aspectos económicos minimiza la materia sin restringir el crecimiento económico (Lieder, 2016).
- Es un modo de desarrollo económico que requiere el cumplimiento de las leyes ecológicas. Es, en esencia, una economía ecológica que sigue los principios de "reducir el uso de recursos, la reutilización y el reciclaje" (Zhijun, 2007).
- Se trata de disociar el crecimiento del consumo de recursos. Se trata de diseñar productos que sean más fáciles de reutilizar o reciclar (Dupont, 2015).

Para fines de esta investigación se utilizará la definición de Economía Circular como:

Una economía circular describe un sistema económico que se basa en modelos comerciales que reemplazan el concepto de fin de vida por la reducción, la reutilización, el reciclaje y la recuperación de materiales en los procesos de producción, distribución y consumo, operando a nivel micro, meso y macro, con el objetivo de lograr el desarrollo sostenible, lo que implica crear calidad ambiental, prosperidad económica y equidad social, a beneficio de las generaciones actuales y futuras (Kirchherr et al., 2017, 225).

1.8. Principios de la Economía Circular

Actualmente el concepto de Economía Circular es promovido por la UE y otros gobiernos como China, Japón, el Reino Unido, Francia, Canadá, los Países Bajos, Suecia y Finlandia, así como por varias empresas como Coca Cola, Google, Renault, Philips, entre otras, pero es China el primer país en establecer una ley basada en esta concepción. La Comisión Europea estimó recientemente que las transiciones económicas de tipo de economía circular pueden generar ganancias económicas anuales de 600,000 millones de euros sólo para el sector manufacturero de la UE (Korhonen, 2018, 39).

La Fundación Ellen MacArthur menciona que la EC se basa en los principios de:

- Eliminar residuos y contaminación desde el diseño.

- Mantener productos y materiales en uso.
- Regenerar sistemas naturales.

Debido a estos principios Serón (2020), considera que la EC va mucho más allá de la recuperación de productos y materiales a lo largo de la cadena de valor, por lo que se proponen siete elementos necesarios para construir una estrategia:

- Priorizar los recursos renovables.
- Repensar el modelo económico.
- Diseñar pensando en el futuro.
- Colaborar para crear valor conjunto.
- Preservar y reutilizar lo que ya está construido.
- Usar los residuos como recursos.
- Incorporar la tecnología digital.

Por otro lado, de acuerdo con el Foro Económico Mundial, para lograr implementar la Economía Circular obteniendo beneficios económicos y ambientales, debe estar fundamentada en estos tres principios:

- Diseños eficientes de los productos: realizar diseños que sean desmontables y reutilizables para propiciar la eliminación de desperdicios.
- Diferenciación de los materiales: se debe tener una estricta diferenciación entre los materiales y los componentes para reconocerlos como productos duraderos.
- Uso de energía renovable: el uso de energía renovable es fundamental para reducir la dependencia de los recursos fósiles y apoyar a la recuperación de los sistemas.

Con estos tres principios se pueden obtener métodos para establecer los diferentes precios entre los materiales reciclables y los recursos vírgenes, como son:

- *Inner circle*: Se refiere a minimizar los materiales que se utilizan. Se busca tener un círculo productivo donde se sufran menos transformaciones al momento de reutilizar, remodelar y re – fabricar, para poder utilizarlo con mayor rapidez.
- *Circling longer*: El objetivo es maximizar el número de ciclos consecutivos, ya sea mediante reparación, re - fabricación o reutilización.
- Uso de los materiales en cascada: Con la diversificación de la reutilización de los materiales, se establecen cadenas entre diferentes industrias, dando nuevos usos a residuos de origen distinto.
- El poder de entradas puras: Radica en aumentar la recuperación y redistribución del material no contaminado, manteniendo la calidad para extender la longevidad del producto y la productividad del material.

El discurso y las recomendaciones de las EC están enfocadas en modelos de negocio que permitan el crecimiento de ganancia, pero que a su vez se generen modos de organización y producción que no requieran niveles de desperdicio que aceleren el cambio climático y la extinción de la flora y fauna.

Resulta más atractivo para el capitalismo una teoría que le permite introducir cambios en los procesos productivos que responden a la creciente demanda de productos con ecoetiquetas, materiales orgánicos y la integración de un porcentaje de materiales reciclados.

Este enfoque ha proliferado mucho en la UE, siendo el referente para establecer marcos legislativos y orientar los planes de manejo para los desechos.

La transición a una economía circular exige la introducción de cambios en todas las cadenas de valor, desde el diseño de los productos hasta los nuevos modelos de gestión y de mercado, desde los nuevos modos de conversión de los residuos en un activo hasta las nuevas formas de comportamiento de los consumidores. (Cortinas, 2017).

El comportamiento de los consumidores tendrá un papel más activo ya que serán parte del proceso de recolección, de acuerdo con las estrategias planteadas por algunos países como Alemania, donde la correcta separación y recuperación de botellas de plástico facilitan y abaratan el reciclaje de este material. El Estado deberá intervenir mediante los programas de educación y leyes que penalicen la falta de separación de residuos, haciendo más atractiva la práctica a los empresarios.

Referente a la empresa la economía circular va introduciendo conceptos que redefinen su papel y comportamiento uno de ellos es de Responsabilidad Social Corporativa (RSC). Ferat, et al (2016) realiza una breve descripción sobre los inicios de este concepto dentro de la teoría económica y social. Indica que en un principio las empresas se comprometían con la sociedad a través de actividades altruistas, principalmente las establecidas y desarrolladas en EEUU. Sin embargo, estas donaciones no compensaban las consecuencias negativas sobre el medio ambiente que la producción de sus mercancías ocasionaba, ni siquiera estaban en línea con las condiciones negativas que demandaban de sus trabajadores.

Esta autora puntualiza que el inicio de la RSC se encuentra en 1930 y se incrementa en 1960 cuando se empezó a considerar el impacto de RSC en la política y la economía; mencionando que teóricos como Dodd y Berle en 1932, debatieron durante el simposio "*For Whom are Corporate Managers*

Trustees” sobre el tipo de servicio social que hacían las empresas al generar ingresos. También señala que el concepto ha evolucionado y tomando fuerza gracias a la participación de las ONGs.

Entonces tenemos que el término responsabilidad social de las empresas (RSE) o RSC, significa garantizar el éxito de una empresa integrando consideraciones sociales y medioambientales en las actividades de la empresa. En otras palabras, satisfacer la demanda de los clientes y gestionar, al mismo tiempo, las expectativas de otras partes interesadas: los trabajadores, proveedores y la comunidad de su entorno. Contribuir de forma positiva a la sociedad gestionando el impacto medioambiental de la empresa (González, 2011:61).

En la actualidad se habla de una RSC que debe ir acorde a los objetivos del desarrollo Sostenible. De acuerdo con Christian Aid, la RSE moderna nació durante la Cumbre de la Tierra de 1992 en Río de Janeiro, cuando las recomendaciones de regulación patrocinadas por la ONU fueron rechazadas a favor de un manifiesto para la autorregulación voluntaria presentado por una coalición de empresas llamada Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible. Así, se considera que la RSE es una iniciativa totalmente voluntaria, dirigida por una empresa, para promover la autorregulación como un sustituto de la regulación a nivel nacional o internacional. La RSE abarca los códigos voluntarios, principios e iniciativas que las empresas adoptan en su deseo general de limitar la responsabilidad corporativa a la autorregulación (Adefolake, 2012:15).

Kalmykova, Sadagopan y Rosado (2017) identifican como principios comunes de la EC, en una revisión de la literatura, los siguientes aspectos:

- La optimización de stock: maximizar el valor de los recursos en cuanto se usan.
- Eco-eficiencia: algunos enfoques proponen a la eco-eficiencia como sinónimo de Economía Circular, pero otros lo toman como consecuencia de creación de empleo, valor económico, reducción de emisiones y desperdicios, mejorar la seguridad de recursos y disminuir la volatilidad de sus precios.
- La idea de eco-efectividad: La transformación de los productos y sus flujos de materiales asociados, de modo que forman una relación de apoyo con los sistemas ecológicos y el crecimiento económico futuro.
- Prevención de residuos: se refiere al reconocimiento de la capacidad limitada de la Tierra para la asimilación de la contaminación.

1.9. Recomendaciones para implementar modelos de negocio

La Fundación Ellen Macarthur propone algunas estrategias de innovación para implementar cambios en las cadenas y procesos productivos, así como en la percepción del consumidor sobre la compra de productos con nuevas características y empaques. Recomienda que la innovación debe surgir desde el origen modificando tanto el empaque como la mercancía final, transformando el diseño, materiales y canales de distribución. Para esto, propone tres puntos clave (Ellen Macarthur Foundation, 2020):

- Repensar el empaque: Pasar a materiales reciclables, comestibles o compostables, eliminando todos los elementos innecesarios como las películas de plástico que los envuelven o etiquetas, así como modificar el diseño para que pueda ser reutilizado.
- Repensar el producto: Modificar el diseño del producto para simplificar el empaque o incluso eliminarlo, como es transmitir la información de un modo físico a uno digital u ofrecer productos sólidos en lugar de líquidos.
- Repensar el modelo comercial: Significa innovar en el modelo de entrega y suministro del producto, así como incrementar la participación del consumidor en la recuperación de materiales y empaques reutilizables.

Asimismo, presenta tres estrategias principales que ayudan a transitar de un modelo de negocios lineal a uno circular en cuestión del empaquetado de las mercancías, mencionando:

- La eliminación directa e innovadora: la eliminación directa es retirar todos los elementos del no indispensables del empaque. Mientras que la eliminación innovadora es modificar el empaque que es esencial a través de nuevos materiales que prolonguen su ciclo de vida.
- La reutilización: Diseñar un empaque resistente en conjunto con nuevos modelos de suministro de la mercancía, estableciendo módulos para rellenar la botella o venta de productos a granel.
- La circulación de materiales: Se debe diseñar y utilizar materiales reciclables o de compostaje que sean útiles y de fácil acceso a otras empresas e industrias, mejorando los canales de comunicación y distribución entre los sectores.

Por otro lado, la Fundación Unión Europea-América Latina y el Caribe (2018) a raíz de analizar diferentes estudios de caso sobre la implementación de la EC recomienda ocho pasos para desarrollar estrategias particulares para implementar modelos de negocios acordes a la EC.

1. Se deben esquematizar todos los procesos y actividades para localizar aquellas prácticas que deben cambiar, tomando en cuenta todas las unidades empresariales, así como los productos y servicios ofrecidos y utilizados.
2. Deben hacer partícipes a los empleados, clientes, representantes del sector, organizaciones involucradas en el mercado particular, proveedores y consultoras.
3. Se debe asegurar el compromiso de los directores, dado que el estudio elaborado indica que la mayoría de los proyectos de EC son financiados inicialmente por las propias empresas, por lo que deben estar conscientes de las ventajas y desventajas que puede traer el cambio.
4. Deben definir desde el inicio como se interpreta la EC en términos de estrategia y actividades ya que, las particularidades de cada sector y negocio requieren un concepto único y transmitible al resto de los involucrados en proceso de producción, distribución y venta.
5. Deben establecer objetivos cuantificables mediante la instauración de indicadores clave de rendimiento para medir el progreso y elaborar informes sobre los resultados.
6. Se debe contar con un grupo que revise los resultados sobre la implementación de estrategias de EC para ayudar a entender que es lo que ha funcionado y que no, así como para apoyar en la planificación de rutas de trabajo a largo y corto plazo.
7. Se debe iniciar el cambio en los procesos empresariales con la intención de producir beneficios que permitan alterar posteriormente los productos.
8. Por último, se deben dar a conocer sus iniciativas y resultados con la intención de atraer nueva demanda, inversionistas y reforzar relaciones existentes.

Se mencionan de manera general estas recomendaciones debido a que, las especificaciones de cada sector y productos requiere de estrategias específicas y desarrolladas a sus necesidades.

1.10. Críticas y límites de la Economía Circular

Las empresas pueden encontrarse con las barreras de conocimiento ante nuevos temas, integración entre funciones, estructura de la cadena de valor, financiación y tecnología. Para entender mejor el por qué una empresa podría o no transitar a una Economía Circular, se debe tener como base sus principales características y limitantes.

Penrose (1962), define a la empresa como una organización administrativa “cuyas actividades están relacionadas y coordinadas por unos planes estructurados a la luz de sus efectos sobre la empresa como un todo. Todas estas unidades tienen cierta forma de decisión central responsable de los planes

generales bajo los cuales la jerarquía administrativa de la empresa opera” (Penrose, 1962: 18). Ella considera que no basta con ver a la empresa de forma estática, sino que debe considerarse como una organización dinámica que evoluciona en el tiempo.

Adicionalmente, Penrose habla sobre los problemas a los que puede enfrentarse una empresa para crecer y abarcar una mayor parte del mercado, indicando que “la adaptación a los cambios (crecimiento) presenta diferentes problemas. Uno de ellos es el ajuste a las condiciones de corto plazo –las diarias o mensuales que exigen las operaciones-, y otro, es el ajuste a los cambios a largo plazo y la elaboración de planes de amplio alcance.” (Ibid: 20).

Por otro lado, Teece, et al. (1997) consideran que las empresas presentan respuestas rápidas e innovación flexible en la producción frente a cambios en el mercado, pero esto debe estar guiado con la capacidad gerencial para coordinar y redireccionar las competencias internas y externas de manera eficiente, además de considerar lo que se denomina el *path dependencies*, el cual indica hacia donde puede ir la empresa de acuerdo a su posición actual y el camino por venir, mostrando la importancia de la historia y el lugar del desarrollo de la empresa (Ibid: 522).

La EC se enfrenta críticas sobre la posibilidad de aplicación a nivel macroeconómico, por lo que, considerando los fundamentos de las teorías que han analizado el comportamiento de la empresa, parece poco atractivo el camino a seguir para el cambio en la forma de producción; como los menciona Antonelli (2008: 121) una empresa toma decisiones de inclusión y exclusión de un segmento específico en el proceso de producción si se consideran como el resultado de formas específicas de la actividad económica caracterizadas por su propia forma de competencia, conocimiento tecnológico y organizacional.

La aplicación de los principios establecidos por la Economía Circular requiere cambios fundamentales en la estructura de organización de las empresas y la relación entre los diferentes agentes económicos. La EC busca que los ciudadanos se comporten como consumidores verdes, atendiendo al etiquetado de las mercancías y la información sobre el impacto ambiental de la producción, así como la implementación de nueva tecnología y apoyos del Estado a las empresas que cambien hacia la EC, implicando un capitalismo renovado (Hobson y Lynch, 2016).

Ritzen y Olundh (2017) consideran que la transición de una producción lineal a una circular requiere nuevos modelos de trabajo donde la capacidad de la empresa por introducir innovaciones, tanto tecnológicas como de organización, es una parte fundamental. Asimismo, estos autores identifican

que las principales barreras a las que se enfrenta una empresa para transitar hacia la EC son por la tecnología a desarrollar para diseñar un nuevo producto, la integración de nuevos procesos de producción y la calidad del material reciclado. También se encuentran con barreras financieras por la complejidad de calcular los costos y beneficios derivados de los cambios requeridos, dado que faltan más casos de negocios que ilustren las ganancias a obtener (p. 10).

Lo anterior, representa una limitante para la implementación de la Economía Circular considerando que existen críticas señalando deficiencias y omisiones en su desarrollo teórico, como lo puntualiza Millar et al. (2019) al resumir algunos problemas que enfrenta el concepto como la falta de consenso sobre su definición, el que no es posible tener un proceso de producción de ciclo cerrado debido a la segunda ley de la termodinámica y el efecto que puede traer la reducción de costos en los niveles de demanda, lo cual puede disminuir los efectos positivos en el medio ambiente al necesitar una mayor cantidad de materiales reciclados y aumentar el uso de energía para incrementar las ganancias. Por otro lado, Kirchherr (2019) señala que existe una falta de investigación empírica sobre la implementación de la EC, y la que existe llega a conclusiones basadas en muestras pequeñas, además, la mayoría de las investigaciones y recomendaciones parten de la industria manufacturera y se enfoca en los países desarrollados.

1.11. El reciclaje dentro de la visión de la Economía Circular

La Economía Circular busca la intersección de los aspectos ambientales y económicos, así como salir del sistema lineal que la economía convencional presenta; por lo tanto, se propone un nuevo modelo de sociedad que utiliza y optimiza los recursos y flujos de materiales, energía y residuos. Además, esta visión es generadora de empleos, debido que la integración de los recicladores base es esencial para recuperar residuos que puedan reintegrarse al proceso productivo.

Resulta interesante la propuesta de la EC al introducir al consumidor, no sólo como el agente que compra la mercancía, si no como aquel que es parte de la innovación e interacción con las empresas al participar en la reintegración de los residuos en el proceso productivo y el uso eficiente de las mercancías que son puestas en el mercado.

Un caso famoso sobre la aplicación de la Economía Circular es el de la compañía automotriz Renault con su planta industrial en Choisy-le Roi, Francia, donde se reintegran las autopartes usadas, con un costo de 50 % al 70 % del valor original. En la planta procesadora se emplean 325 personas, mucho

más que las requeridas para la manufactura en línea de autopartes de las otras plantas, sin embargo, los beneficios son favorables, debido al menor impacto de la materia prima en el costo final. Con esta modalidad, Renault ha logrado una reducción del 80% en el consumo de energía, del 88% en el consumo de agua y del 77% en la generación de residuos con relación al modelo tradicional de producción (Lett, 2014). Otro ejemplo a mayor escala es el publicado por la EMF¹¹ sobre el “marco y plan de implementación de Economía Circular para adquisiciones en la ciudad de Toronto” el cual tiene como objetivo buscar contratos de compras anuales a proveedores que ofrezcan modelos empresariales que empiecen a integrar la EC, enfocándose principalmente en los sectores de producción y servicios de comida, gestión de residuos, información y tecnología, textiles y ropa, y construcción e ingeniería.

Los retos a los que se enfrenta la implementación de la Economía Circular en el reciclaje son la aplicación a escala debido a la participación de diferentes sectores, el trabajo informal que impera en la actividad de acopio y la gran mezcla de productos y materiales que componen a los residuos¹². Una mercancía está compuesta por diferentes tipos de materiales que por la globalización, provienen de diferentes países, por lo cual los residuos pueden terminar en lugares muy alejados a los de origen. Para la Economía Circular, la dispersión geográfica es una importante fuente de fugas, por lo que cerrar aquellas brechas es de los principales objetivos cuando se analizan los diferentes niveles de la cadena de suministros (World Economic Forum, 2014).

Además, se debe considerar que, al llegar el fin del primer ciclo de vida de un producto, su recuperación se encuentra sujeta a la distancia y a los costos de transporte. Sumando a esto, existe una gran proliferación de materiales como es la gran variedad de plásticos, la mayoría de estos creados por la combinación de varios polímeros con químicos para agregar características como resistencia al calor, resistencia a impactos, etc.

Algunas barreras para transitar de un sistema lineal a uno circular caen sobre cuatro principales categorías: (World Economic Forum, 2014)

- Incentivos no alineados;
- mercados de escala;

¹¹ https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Toronto_200313_191220.pdf

¹² Ciencias TV (febrero 18 de 2019). Los retos del reciclaje en México, re pensando nuestros hábitos de consumo. https://www.youtube.com/watch?v=r5_cpRfWzKU

- Capacidades logísticas inversas¹³ e infraestructura limitada;
- falta de facilitadores en la transición;
- soluciones a los puntos de fuga.

El Foro Económico Mundial propone las siguientes soluciones para superar estos puntos y acelerar la implementación del modelo circular:

- Configurar redes inversas globales

Crear cadenas de suministro eficientes para vencer la dispersión geográfica. Las redes inversas tanto de materiales como de productos son de igual importancia que las directas y deben tener la misma eficiencia y rentabilidad para que los beneficios de la economía circular se hagan visibles.

- Establecer un sistema a escala

Para establecer un sistema a escala es importante que las compañías trabajen con sus socios en los diferentes ciclos directos e inversos, todos deben evaluar las oportunidades de ganancia. La obtención de valor de los flujos inversos de productos depende del diseño eficiente de la red inversa, que debería tener la misma sofisticación que las redes de suministro directas.

- Reorganizar y racionalizar los flujos de materiales puros

El objetivo de la economía circular es cerrar las brechas en un nivel global a través de los stakeholders, industrias y diferentes geografías; para obtener los beneficios de este cierre, los flujos de materiales que son puros deberán realizarse mediante cambios en toda la cadena de suministros y en todas las industrias.

- Innovar en modelos de negocio por el lado de la demanda

La modificación de los modelos de negocio es un aspecto clave para la superación de problemas de dispersión geográfica y de pérdida de calidad.

Los nuevos sistemas deberán facilitar el acceso a los productos, componentes, materiales dentro de las cadenas y el uso posterior.

En esencia, el modelo comercial de la cadena de suministro circular debe ofrecer acceso a insumos completamente renovables, reciclables o biodegradables como sustitutos de los lineales. Un ejemplo:

¹³ La capacidad para obtener procesos de gestión de retorno de productos, reutilización de envases u otros materiales, manejo de residuos para reciclar y reacondicionamiento de productos rechazados (Antún, 2004).

la energía renovable es una entrada de recursos esenciales para casi cualquier cadena de valor circular de un producto, reemplazando la energía no renovable.

Esa búsqueda impulsa el modelo de negocios de Recuperación y Reciclaje. Con este modelo, una empresa busca valor no sólo cuando considera sus productos finales, sino también todas las corrientes de materiales que se ejecutan en su negocio. En otras palabras, cada subproducto y flujo de desechos se optimiza para maximizar su potencial de ingresos.

Las empresas observan la complejidad en cuanto a la reutilización de los residuos, la degradación de los materiales y la impureza de los subproductos utilizados en el proceso de reciclaje. Las características físicas de los flujos de residuos pueden hacer imposible establecer una sinergia; el estado físico y los componentes de los residuos a veces son incompatibles con otro proceso de fabricación. El reciclaje industrial degrada los materiales, que pierden pureza ya en las primeras etapas de la fabricación al mezclarse y procesarse junto con una diversidad de aditivos que aseguran que logren las propiedades deseadas. A través del proceso de reciclaje, los materiales pueden degradarse, por lo que no es suficiente para recuperar los desechos. En cambio, es necesario también preservar sus propiedades a lo largo del proceso de reciclaje. La clasificación y separación de residuos también representan desafíos técnicos y organizativos para el reciclaje. Clasificar el plástico, desperdicios de metal y todo tipo de desechos es muy costoso, ya que resulta en un costo adicional combinado con la recolección y el transporte. Finalmente, algunos materiales no fueron diseñados para ser reciclados y son prácticamente imposibles de reutilizar, ya que la separación de sus componentes plantea varias dificultades y representa costos importantes para las empresas (Gallaud, 2016: 67).

Dentro de este reto la participación entre el consumidor y productor cobra mayor relevancia, ya que la separación y recuperación de los materiales es parte de las actividades de los consumidores de acuerdo con las recomendaciones de la EC, por lo que esto podría abaratar el transporte y la reutilización. Sin embargo, mientras no se implementen acuerdos sobre los diferentes materiales y diseños a utilizar por las industrias, la integración de estos en diferentes procesos productivos no será eficiente.

Gallaud (2016) elabora estudios que intentan demostrar reducciones sustanciales en el gasto y una mayor independencia con respecto al suministro de materias primas. Una mayor interacción con los consumidores también puede reforzar su lealtad. El diseño simplificado del producto puede permitir

a las empresas administrar mejor el ciclo de vida de sus productos. En el nivel macroeconómico, los efectos positivos también se traducirían en más creatividad e innovación, fomentando así el empleo y el bienestar. En este último punto, se reducirían las externalidades negativas resultantes de los desechos.

Un cambio en la forma de consumo también se vuelve una parte importante de la Economía Circular; los nuevos sistemas de consumo serían grupos de usuarios y comunidades que comparten el uso de la función, el servicio y el valor de los productos físicos en oposición a los individuos que solo poseen y consumen los productos físicos. La idea es involucrar tanto como sea posible la capacidad material existente en los sistemas económicos para un uso eficiente (Korhonen, 2018; 41).

Es de suma importancia la consistencia en las decisiones dentro de la empresa cuando se está trabajando dentro de un mercado que implica mucha informalidad como es el caso de las recicladoras. La organización y la estructura de la administración pueden ser fundamentales cuando se intenta mantener constantes en la cadena productiva, como es el abastecimiento de la materia prima.

1.12. Ejemplo sobre la inserción de la Economía Circular.

Se han realizado diversas acciones tanto en el ámbito político como empresarial, para introducir las teorías provenientes de la Economía Circular; a continuación, se enuncian algunos ejemplos de estos esfuerzos.

Jarkko, Lyytinen y Gatica (2018) elaboran una investigación para conocer la importancia de las instituciones en las actividades del reciclaje, principalmente el reciclaje de baterías dentro de Finlandia y Chile.

La comparación realizada entre esta actividad dentro de economías con diferentes niveles de crecimiento y desarrollo (Finlandia tiene un crecimiento del 2.7%, mientras que Chile del 1.5%), demuestra las complicaciones que enfrentan las empresas al no contar con un marco legislativo que incentive la práctica de reciclaje; tanto para obtener resultados positivos a nivel social, como para garantizar una rentabilidad atractiva que propicie el crecimiento en la inversión y creación de empleos dignos.

La investigación se enfoca en el caso de Akkuser, empresa que es lanzada en 2006 esperando las oportunidades generadas por el marco legislativo de la Directiva 2008/98/EC de la UE, donde se

enuncia la Responsabilidad Extendida del Productor (EPR). Dentro de este caso de estudio, se observa que los recicladores encuentran grandes beneficios por el apoyo gubernamental, al exigir que exista una separación de residuos, se incentive la recolección y se establezcan cuotas de recuperación en todo el país, acordes a los objetivos generales europeos, por lo que se permite el comercio internacional, generando mayores beneficios monetarios. El lado negativo que encuentra la empresa es que aún hace falta desarrollar mejor tecnología para recuperar una mayor cantidad de baterías y poder procesar los diferentes tipos de materiales que existen dentro de ellas. Además, no se cuenta con una legislación que enfatice la necesidad de producir baterías con insumos menos tóxicos, compatibles entre ellos y más fácil de reciclar, por lo que al mercado se lanzan una gran cantidad de baterías que no pueden entrar a este nuevo ciclo de producción, perdiendo valor de recuperación (*Ibid: 376*).

Para el caso de Chile, se investigó a la empresa Midas la cual inicia operaciones en 2003, pero con actividades de reciclaje desde 2008. El caso de Chile difiere sustancialmente del de Finlandia, debido a que en el primero se cuenta con una estructura legislativa que le permite operar a menores costos y abrir un comercio con otros países europeos. El reciclaje en Chile se mantiene a través de los principios de la responsabilidad social corporativa, queriendo decir, que las empresas se hacen responsables de la manera en que desechan los residuos y como los recuperan. Asimismo, se unifican para lograr actividades y programas que sustituyen los vacíos institucionales, como es el “*Rock & Recycle*” el cual va a diferentes colegios en varias ciudades con la finalidad de promover la cultura de la separación y reciclaje de diferentes materiales. Por otro lado, al no tener las empresas la obligación de recuperar los residuos de las mercancías que lanzan al mercado, Midas debe invertir en infraestructura, personal recolector y transporte, para poder obtener suficiente materia prima que haga rentable la actividad.

Las conclusiones de este estudio demuestran que las actividades de reciclaje, ahora bajo el análisis de la EC, resultan rentables y atractivas para los inversionistas, sin embargo, aún hace falta llenar vacíos institucionales y económicos para poder tener verdaderamente un ciclo cerrado en la producción, consumo, recolección y reintegración de la mercancía.

Conforme a los principales puntos del estudio realizado por Jarkko, Lyytinen y Gatica (2018), se pueden obtener recomendaciones útiles para el caso mexicano, como son:

- El desarrollo cultural de la sociedad juega un papel importante, en el sentido que se debe contar con el interés participativo de los hogares.
- El marco institucional favorece el crecimiento de las recicladoras al facilitar la separación y recolección de los residuos, así como cambiar definiciones y reglamentos para el manejo de estos.
- La EC necesita de dialogo continuo entre las autoridades, industrias, academia y sociedad civil para lograr modificar las estructuras y capacidades organizacionales de cada región.

El caso de Chile resulta muy similar a las condiciones que viven las recicladoras mexicanas como más adelante se detallará.

Por otro lado, Ángel Ruiz (2019) analiza el caso de la Ley Floral 14/18 de residuos en Navarra, España, cuyo objetivo principal es impulsar el reciclaje y la disminución de RSU con los enfoques de la EC. Esta ley se crea en 2018 siguiendo los principios de los objetivos del milenio de la ONU (ahora actualizados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible) y la normativa ambiental de la Unión Europea. De acuerdo con la legislación la meta es *“Favorecer la aplicación efectiva del principio de jerarquía de los residuos, promoviendo la prevención de su generación, fomentando la reutilización, fortaleciendo el reciclado y favoreciendo su trazabilidad.”*

Esta ley se ha considerado ambiciosa y novedosa por tres principales razones: primero porque sustituye el Plan de Prevención y Gestión de Residuos de Navarra aprobado un año antes, pero sin planes concretos de acción; segundo porque se contaba con un vacío legislativo en temas de residuos y su gestión, por lo que no se recurrió a los preceptos de la legislación básica, y el resultado se observa como un desarrollo legislativo; en tercer lugar porque es una ley participativa, ya que su construcción recurrió a periodos de discusión abiertos, alegaciones, aportaciones de especialistas y el público en general. (*Ibid*: 102-103).

Otra de las grandes aportaciones para el modelo español, es que se crea un Ente Público de Residuos de Navarra que busca una gobernanza compartida y coordinada entre el gobierno de Navarra y las entidades locales con la finalidad de gestionar los servicios de manera conjunta buscando la eficacia y continuidad. Este tipo de participaciones, parecen ser claves dentro de la EC, ya que como se ha mencionado anteriormente, se requiere de integración de los diferentes niveles de gobierno para que en conjunto asuman responsabilidades y presupuestos.

Como cualquier otro proyecto cuenta con algunas debilidades, la falta de claridad en la naturaleza jurídica del Ente público de residuos de Navarra, la autoridad creadora y los procedimientos de sus normas reguladoras. También puede ser causa de conflictos en la toma de decisiones, que la presencia mayoritaria sea de las entidades locales, ya que se debe fijar el peso de cada una en la toma de decisiones y las cuotas de participación.

En esencia, la Ley se basa en un esquema de quien contamina paga, creando el impuesto sobre los vertederos y la incineración, cuya recaudación será utilizada para el Fondo de residuos el cual será destinado para la prevención, reutilización, reciclado de alta calidad, sensibilización, educación y formación, mejora de los sistemas de recogida selectiva. Asimismo, se utilizará el sistema depósito-devolución-retorno para los envases de distintos materiales, además de la recogida selectiva obligatoria de la materia orgánica.

1.13. La ciudad: el espacio de generación de RSU

El problema de la degradación ambiental se conforma por factores que han ocasionado la desaparición de flora y fauna, la explotación de combustibles fósiles, así como la concentración de distintos desechos que contaminan diferentes zonas terrestres. Esto puede ser por emisiones de GEI, dañando la atmosfera, el aire y la salud; residuos tóxicos vertidos en mantos acuíferos, disminuyendo el suministro del agua para los sectores de ingresos bajos; y la acumulación de residuos sólidos, generados por la forma de consumir y producir mercancías, ocasionando el inevitable incremento de estos, sobre todo en las zonas urbanas que están expandiéndose continuamente¹⁴ (Rolando y Domínguez, 2010).

En los discursos actuales se recurre a la premisa que, por el creciente número de habitantes en el planeta algunos de ellos se quedarán sin los medios de subsistencia necesarios, por lo que esto llevará a un mayor nivel de contaminación. Estas consideraciones son parte de los llamados neo malthuseanos (Grundmann, 1991, 64).

De acuerdo con Rolando y Domínguez (2010: 71), la publicación del libro “The Population Bomb” de Paul Ehrlich, fue el origen de la controversial idea que *la base de todos los problemas de escasez*

¹⁴ IPCC (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza.

está en el hecho de que hay excesiva gente, por lo que esta visión de sobrepoblación retorna a Robert Malthus en una versión moderna conocida como “neomalthusianismo”.

La forma en que se ha configurado el espacio urbano dentro del sistema capitalista ha establecido patrones de consumo y producción provocando la concentración de la población, sobre explotación de los recursos naturales y producción de una gran cantidad de residuos.

1.14. Las definiciones de ciudad

Harvey David (2013) menciona que la ciudad es un mundo creado por el humano y por lo tanto el tipo de ciudad que se desea está ligado al tipo de humano que queremos ser, a las relaciones sociales que se establecen, la dinámica que se desarrolla con la naturaleza, el estilo de vida que buscamos y los valores estéticos que respetamos. Por lo que considera que la ciudad “es mucho más que un derecho de acceso individual o colectivo a los recursos que esta almacena o protege; es un derecho a cambiar y reinventar la ciudad de acuerdo con nuestros deseos” (p. 20).

Las ciudades van adaptándose a las necesidades de producción, ya que se convierten en centros de diferentes servicios y agentes consumidores, por lo que la sociedad que la habita debe ir transformando sus capacidades y características a razón de lograr adaptarse para ser partícipe del mercado laboral.

Martínez (2013) también menciona que dentro de la lógica de exclusión de la ciudad capitalista surgen concentraciones urbanas denominadas barrios “El barrio compone y significa a este amplio sector de la población que se ha constituido a partir de las luchas urbanas por el acceso a los servicios, a la vivienda, a la educación y, también, a la participación política. Así, los barrios –que desde el discurso hegemónico de la ciudad son espacios empobrecidos, excluidos, marginales y marginados, carentes de cultura–, son construidos y (re)significados por sus pobladores como un espacio de vida, de cultura propia, de solidaridad, de resistencia y de alternativa” (p. 261).

Es importante considerar esta clase de espacios, ya que son los más vulnerables respecto a las consecuencias de extracción de recursos y acumulación de residuos, al convertirse en los lugares con menor accesibilidad a los servicios ofrecidos por el Estado. Respecto a los residuos sólidos urbanos, las zonas adecuadas para los estratos sociales con ingresos más bajos tienen una gran concentración de RSU, así como baja infraestructura para la separación y recolección apropiada. Este tema se abordará más adelante.

Castells (1997) cuestionaba si se debiera iniciar un estudio donde no se dividiera el espacio en urbano y rural, debido a que es el primero quien absorbe las relaciones económicas del segundo, además que el espacio urbano va en crecimiento, por lo que las áreas rurales son abandonadas después de perder fertilidad, en espera de ser transformadas en nuevos centros urbanos. Considera, que las nuevas tecnologías de información permiten una articulación de procesos sociales a distancia que socaban la especificidad de un determinado territorio como unidad de producción y consumo (p.11). Esto puede traducirse a las condiciones de los residuos, ya que, dentro de un país, se observa que la periferia de la ciudad absorbe los RSU, como es el caso de la Ciudad de México (CDMX); que, al no ser capaz de tratar la mayoría de estos, principalmente derivado del cierre del Bordo Poniente que recibía aproximadamente 12,600 t al día¹⁵ de los RSU de la CDMX, los envía al Estado de México y se disponen en sitios “reconocidos” mas no “autorizados”, es decir, se llevan a espacios abiertos (“reconocidos por la autoridad”) y no a rellenos sanitarios (son los autorizados).

Desde una perspectiva global los canales de comunicación y el desarrollo tecnológico facilita el comercio de todo tipo de mercancías, incluidos los residuos, dando como ejemplo el caso de China, que comenzó a comprar una enorme cantidad de materiales considerados desechos, con la finalidad de impulsar la industria del reciclaje. Sin embargo, debido a la baja calidad de los materiales, las normas para la importación de los mismos se volvieron más severas, generando inconvenientes para los países exportadores.

Castells et al (1997), comparten la visión de que las ciudades han sido espacios construidos para explotar la fuerza de trabajo y vender mercancías, así como para concentrar los capitales con la finalidad de reducir tiempo y costos. También se observa que hacen énfasis en las diferencias que han generado las ciudades latinoamericanas al ser herencia de las colonias con respecto a las urbes europeas. Contemplando lo anterior, se puede concluir que el espacio urbano ha sido construido para obtener un modelo de consumo con poca conciencia sobre las consecuencias en la capacidad de carga del ecosistema; el sujeto formado en las zonas urbanas es aquel que no tienen conexión real con la naturaleza y con todo el ciclo que representa la producción y desecho de un bien o servicio, por ende, la generación de los residuos sólidos urbanos va incrementando.

¹⁵ PROFEPA (2010). El Gobierno Federal y el Gobierno del Distrito Federal acuerdan cerrar el relleno sanitario Bordo Poniente. Recuperado de: https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/3476/1/mx.wap/el_gobierno_federal_y_el_gobierno_del_distrito_federal_acuerdan_cerrar_el_relleno_sanitario_bordo_poniente.html

Martínez (2009) indica que la ciudad es vista por algunos autores como un ecosistema artificial llamado “Tecnosfera” ya que dentro de ella interactúan seres bióticos y abióticos, produciendo un intercambio de materia y energía. Sin embargo, dentro de la Tecnosfera los procesos de intercambio no llevan a un equilibrio, más bien conducen a un estado de degradación e inestabilidad ambiental.

Las ciudades pueden ser también, biodiversas y no inherentemente dañinas para el ecosistema si éstas son diseñadas bajo una planeación ecológica. La ciudad es proveedora de comodidad, alimentos, valores culturales y espacios de recreación, a pesar del crecimiento demográfico y los estilos de desarrollo económicos, por lo que, cuando los sistemas urbanos son manejados con equidad y la pérdida de servicios ecosistémicos¹⁶ es correctamente combatida, los beneficios en cuanto al bienestar y habitabilidad del ser humano pueden ser significativos (Torres et al., 2015, 29).

1.15. La Economía Circular en las ciudades

Partiendo del principio de que las ciudades son lugares de transformación e idealmente, donde se transforme el espacio a favor de la reproducción humana, la Economía Circular busca cambiar el enfoque urbano que se ha seguido en las últimas décadas al proponer el uso de tecnología para concebir ciudades inteligentes.

De acuerdo con los datos de la Fundación Ellen Macathur (EMF) el 54% de la población mundial vive en las ciudades generando el 85% del PIB mundial. Estas cifras son significativas considerando que es el sector generador de residuos sólidos urbanos y mayor consumidor de mercancías, por lo tanto, los principales cambios a realizar para disminuir el impacto ambiental deben generarse en los espacios urbanos.

Conforme a lo expuesto por la EMF, pionera en el estudio de la EC, las ciudades se han comportado bajo el esquema de un modelo lineal donde toman, hacen y tiran, por lo que el planeta no logrará satisfacer las necesidades de una población creciente, bajo esas condiciones (Bolger K. & Dovon 2019; Satu Paiho et al, 2020; Chong-Wen, 2021). La propuesta de la EC radica en establecer un diseño urbano que sea restaurador y regenerativo, mediante la eliminación del concepto desperdicio,

¹⁶ La evaluación de los Ecosistemas del milenio define los servicios ecosistémicos como aquellos beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas. Pueden ser de dos tipos: directos o indirectos. Se consideran beneficios directos la producción de provisiones como agua y alimentos (servicios de aprovisionamiento), o la regulación de ciclos como las inundaciones, degradación de los suelos, desecación y salinización, pestes y enfermedades (servicios de regulación).

alargando la vida útil de los activos, dando paso a nueva tecnología digital y buscando resiliencia económica tanto para la ciudad como para los ciudadanos.

Esta visión podría ser criticada bajo las teorías de los autores vistos anteriormente, como es el caso de Castells (1997) quien menciona que el nuevo paradigma tecnológico modifica profundamente las condiciones laborales y la forma de organización del trabajo, debido a que nos encontramos en una economía en la que las actividades estratégicamente dominantes funcionan como una unidad al integrarse con conexiones electrónicas instantáneas procesadas por sistemas de información; bajo este panorama las empresas se descentralizan creando unidades de gestión semi autónomas, proliferan pequeñas y medianas empresas, formando redes de cooperación variando según la tecnología, mercado o línea de producto. En el contexto de la competencia, debido a esta dualidad de independencia y cooperación, tienden a aproximar las condiciones de trabajo, buscando zonas con menos costos y regulaciones laxas acentuando el *“proceso histórico de desagregación del trabajo en base a un nuevo modelo flexible de relaciones laborales”* (p. 25-27).

Lo anterior no deja de ser más veraz en 2019 que lo fue a finales de los 90’s, entonces la pregunta sería, bajo las condiciones en las que se encuentra segmentado el espacio, ¿qué tan factible es para las ciudades mudarse al modelo propuesto por la EC?

Algunas ciudades comienzan a formular planes de trabajo y proyectos para poner en marcha la transformación hacia un espacio urbano inteligente y sostenible, la iniciativa lanzada por EMF en 2017 llamada *“Circular Cities Network”* destaca que una ciudad circular debe incluir los siguientes elementos:

- **Construcción del ambiente:** Esta debe establecerse bajo construcciones eficientes que utilicen materiales reutilizables y reciclados sin dañar la salud; otorguen flexibilidad al espacio y posibiliten la generación de energía y alimentos.
- **Energía:** Resiliencia de la ciudad al proporcionar sistemas de energía que permitan el consumo eficiente reduciendo costos e impactos ambientales.
- **Movilidad:** Una movilidad urbana que sea accesible, costeable y efectiva, mediante transporte público y la construcción de calles y avenidas que disminuyan el tráfico y propicien el uso de otros medios de transporte distintos al auto particular.
- **Sistema de alimentos:** el sistema de alimentación debe considerar el retorno de los materiales tanto a la producción como a la biósfera mediante la absorción.

La Unión Europea busca implementar esta visión dentro de su desarrollo espacial, así como algunas ciudades de Estados Unidos y la iniciativa lanzada por los Países Bajos en Rio de Janeiro, donde empresas e instituciones holandesas participan con el gobierno brasileño para aplicar sus innovaciones (Revista Circle, 2018).

Es posible decir que transformar las ciudades no es factible en todos lados, siendo que el principal eje de la EC es la reutilización y reducción de los residuos, lo cual conlleva a una gran inversión en tecnología, imposibilitando a otros territorios que han servido como fuente de fuerza de trabajo barata y recursos naturales a países que ahora se observan como pioneros en el cuidado del medio ambiente. La disminución de los RSU parece una tarea ardua para aquellos territorios que contemplan otros problemas sociales, como es el caso mexicano.

1.16. Diferenciación entre los tipos de residuos sólidos urbanos para conocer el impacto del residuo PET

Una vez mencionada la visión de la Economía Circular, se procede a revisar la definición y el comportamiento de los RSU para entender el impacto negativo que generan en el ecosistema y que tanto pueden aportar en el combate de este, la recolección y reciclaje de los residuos de PET.

Las ciudades enfrentan el gran reto de gestionar los RSU, ya que su crecimiento se acompaña con problemáticas como el abasto de agua, alto consumo de energía, recursos naturales, así como las implicaciones de la contaminación provenientes del desarrollo. Torres y Cedeño (2015) indican que: “Dondequiera que existan asentamientos humanos, los residentes necesitan abasto de alimentos, agua potable y formas de disponer los residuos, ya sean líquidos o sólidos. En las áreas urbanas, estos servicios son provistos mediante el efectivo funcionamiento de los ecosistemas y están usualmente localizados en las regiones aledañas o en territorios más alejados, como el caso del suministro de alimentos. En condiciones ideales, los residuos generados a partir del consumo en las ciudades deben dirigirse hacia la provisión de nutrientes de los hábitats y ecosistemas; del mismo modo, el desperdicio necesita contar con un manejo adecuado y, al igual que la provisión de agua potable, es responsabilidad de los gobiernos locales” (p. 23).

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) menciona que los residuos se clasifican en peligrosos y no peligrosos, difiriendo los requisitos para la manipulación y el tratamiento. Dentro de los no peligrosos se encuentran los RSU los cuales son los generados por

fuentes como hogares, tiendas, pequeñas empresas y espacios públicos, constituyendo la categoría de residuos más visible e importante para la opinión pública.

La Organización Panamericana de la Salud en conjunto con la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria Ambiental y El Banco Interamericano de Desarrollo, publicaron un trabajo sobre la gestión de los residuos donde se mencionan las siguientes definiciones:

- Residuos sólidos domiciliarios: Residuos sólidos o semisólidos de origen exclusivamente residencial, generados por la actividad humana dentro de la vivienda.
- Residuos sólidos urbanos o municipales: Residuos sólidos o semisólidos provenientes de las actividades propias de los núcleos poblacionales en general, que incluyen los residuos de origen domiciliario, comercial, de servicios, institucional, de mercados, hospitalarios comunes o no peligrosos, los generados en las oficinas de las industrias, en el barrido y limpieza de calles y áreas públicas, en podas de plantas de calles, plazas y jardines públicos.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) define los residuos sólidos municipales como los generados por los hogares, incluidos los residuos voluminosos, aquellos residuos similares de comercios, edificios de oficinas, instituciones, pequeños negocios, jardines y de espacios públicos provenientes del barrido, pequeños contenedores y limpieza de mercados.

El IPCC incluye en los RSU a los desperdicios de comida, jardines y parques; papel, cartón, madera, textiles, hueso, piel, plástico, metal, vidrio, porcelana, cerámica, y otros como polvo, tierra, cenizas y residuos electrónicos.

Para fines de esta investigación se usará la definición de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) la cual enuncia al *residuo como aquel material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven. En función de sus características y orígenes, se les clasifica en tres grandes grupos: Residuos Sólidos Urbanos, Residuos de Manejo Especial y Residuos Peligrosos.*

La configuración de las ciudades ha ocasionado que los residentes únicamente sean generadores de contaminantes y demandantes de recursos y servicios ya que “con la conformación de ciudades altamente urbanizadas, la relación que el individuo tenía con la naturaleza comienza a diluirse [pero] la ciudad moderna a diferencia de otras previas al capitalismo tiene una mayor dependencia del ambiente para mantener su dinamismo” (Martínez, 2009, 39). Por lo que, al terminar con los recursos provenientes del propio territorio y su capacidad de carga, comienzan a explotar las zonas aledañas y desplazar los RSU para poder demandar mayor espacio.

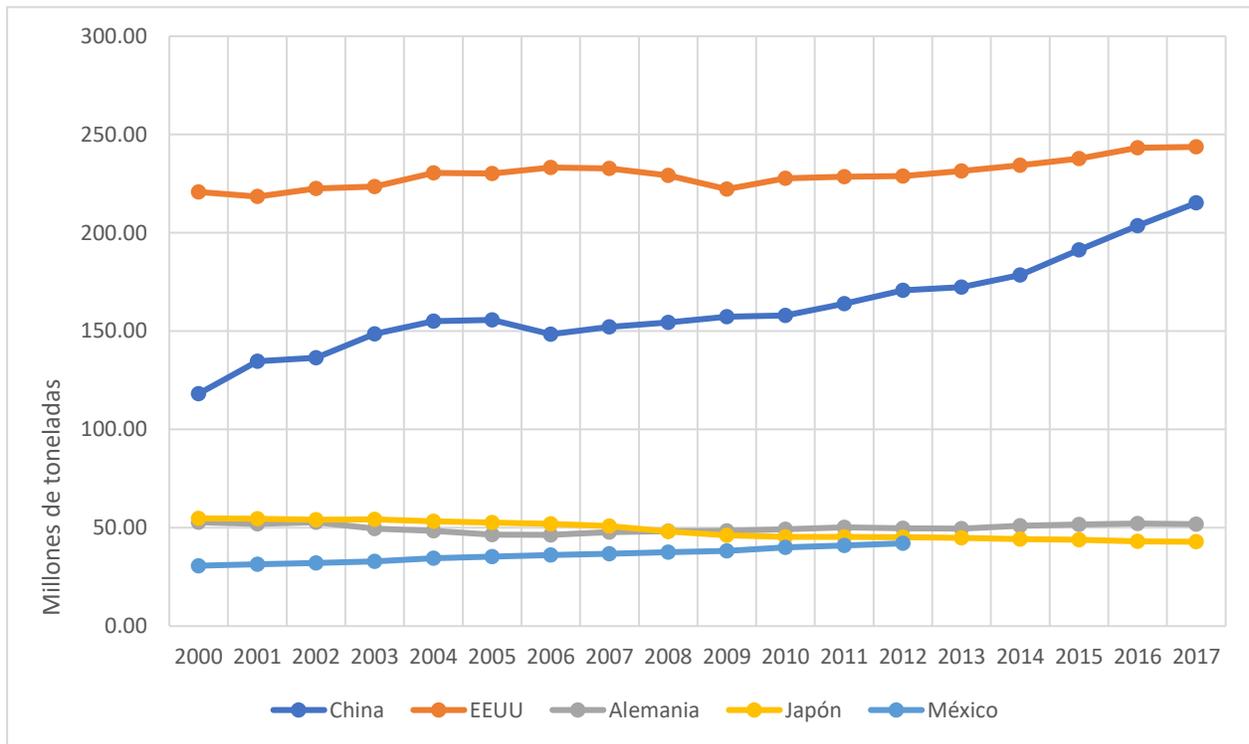
En 2014 la ONU reportaba que el 54% de la población mundial se encontraba en zonas urbanas, proyectando que para 2050 se llegará al 66%. Por otro lado, señala que desde 1990 se pasó de 10 megaciudades a 28 en 2014, las cuales albergan a 453 millones de personas, representando el 12% de la población urbana mundial. De ellas, 16 están en Asia, cuatro en América Latina, tres en África, dos en América del Norte y el resto en Europa. Para 2030, se calcula que habrá 41 ciudades con más de diez millones de habitantes.

De acuerdo con datos del Banco Mundial (BM) en promedio las ciudades generan 1.3 billones de toneladas (btn) de RSU al año, considerando que van a aumentar a 2.2 btn al año. Esto representa un gasto en el manejo de RSU para un país de aproximadamente \$205,4 billones de dólares. Esta es una cifra promedio estimada por el BM, ya que la información disponible sobre este tópico no es de fácil acceso, sobre todo por la mala gestión de los residuos en países subdesarrollados y la enorme informalidad que se genera en dicho sector, a pesar de ser un servicio proporcionado por el Estado.

La concentración de RSU representa un gran reto debido a que deben ser recolectados, transportados, tratados y dispuestos de forma segura, a fin de proteger la salud de la población y el medio ambiente. De acuerdo con el informe presentado por el Banco Mundial, la recolección es de los principales desafíos para la mayoría de las naciones. En 2002 un residente urbano generaba en promedio 0.64 kg de RSU al día, pero para 2012 se incrementó a 1.2 kg, dando pie a estimar que en 2025 sea 1.42 kg de RSU por persona al día. Siguiendo con los resultados del BM, se concluye que los países subdesarrollados, gastan la mayoría del presupuesto asignado al manejo de desechos en la recolección, dejando una fracción mínima para técnicas de disposición final.

De acuerdo con datos de la OCDE, los países que mayor cantidad de RSU generan son EEUU, China, Alemania y Japón. En la gráfica 4 se observa que para 2014 EEUU generó 234,471 toneladas, mientras que Japón para el mismo año reportó 44,317 toneladas.

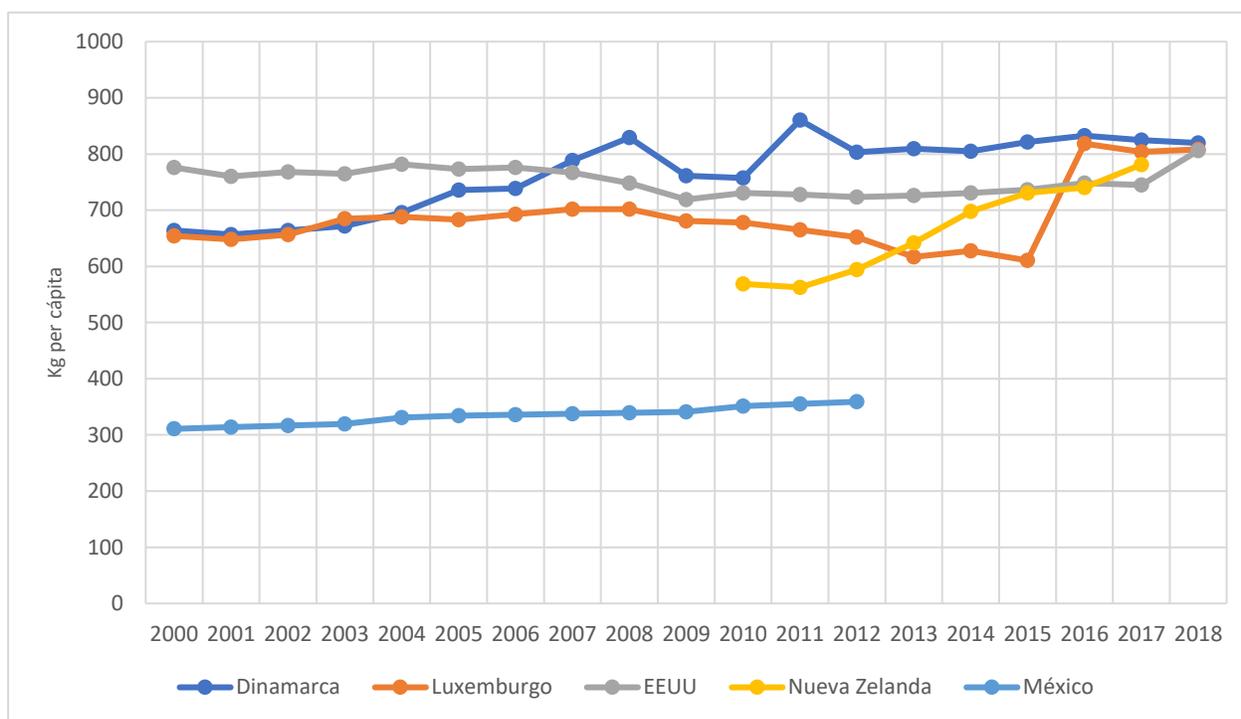
Gráfica 4. Los países miembros de la OCDE con mayor cantidad de RSU. Fuente: Elaboración propia con base a datos de la OCDE.



Fuente: Elaboración propia con base a datos de la OCDE.

En lo que respecta a la generación de RSU per cápita, se observa que se cumple el comportamiento esperado al considerar que conforme aumenta el nivel de vida en un país, el acceso a mercancías desechables y el fetiche a la moda y marcas, propician una mayor generación de desechos. En la gráfica 5 se observa que los países que tienen el nivel más alto de RSU per cápita son Dinamarca, Luxemburgo, EEUU y Nueva Zelanda; mientras que México se encuentra por debajo de esas tasas.

Gráfica 5. Países miembros de la OCDE con mayor generación de RSU per cápita.



Fuente: Elaboración propia con base a datos de la OCDE

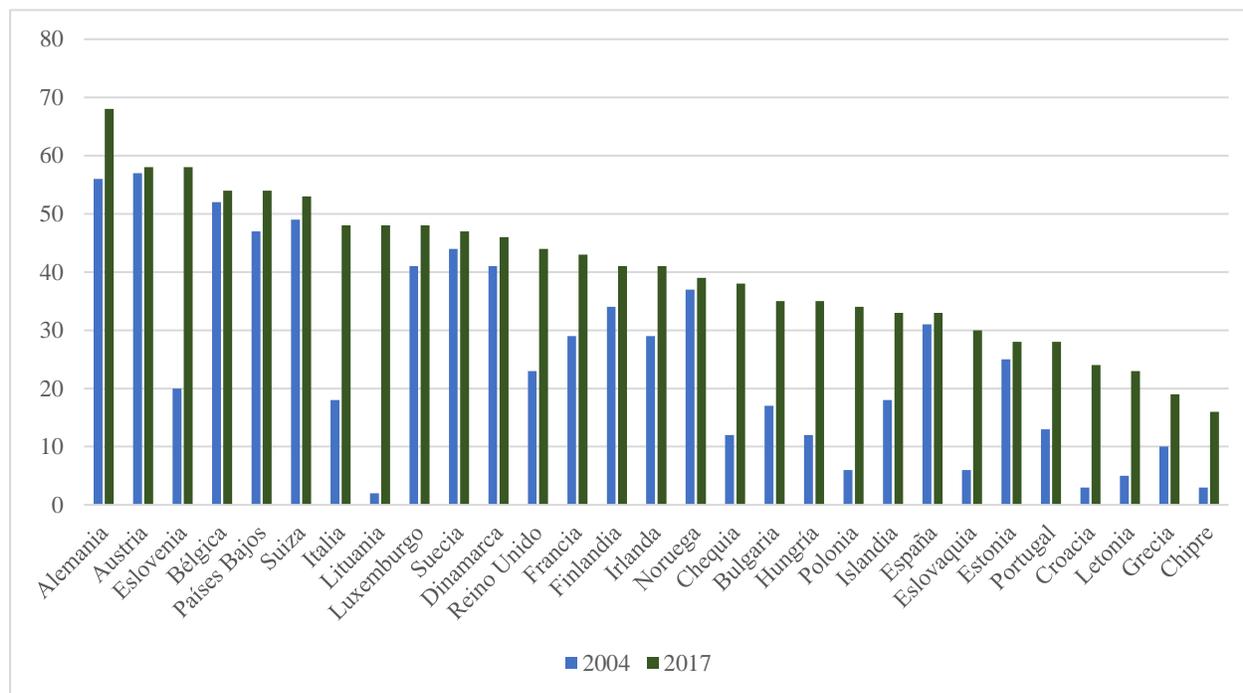
Dentro de la dinámica de las ciudades, la relación entre la contaminación y el crecimiento económico es positivo. Conforme una sociedad va incrementando sus niveles de ingreso también lo hace las cantidades de residuos, debido a que en la lógica del capitalismo el bienestar se traduce en consumo y el consumo con una lógica de producción lineal ocasiona que los recursos para la fabricación de mercancías sean en su mayoría vírgenes y el ciclo de vida de dichos productos se acorten al ser arrojados a los basureros sin antes pasar por un proceso de recuperación.

Adicionalmente, se puede observar que los países desarrollados son los que presentan las tasas más altas de recuperación y reciclaje de los residuos sólidos debido a la implementación de algunos principios de la Economía Circular, como lo publica la UE¹⁷ en su portal electrónico. En la gráfica 6 se puede observar que Alemania en 2017 alcanzó una tasa de reciclaje de residuos sólidos urbanos del 68%, siguiendo Austria con el 58%, Bélgica y los Países Bajos con el 54% y Suiza con el 53%.

¹⁷ [https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en#:~:text=The%20European%20Commission%20adopted%20the,\(CEAP\)%20in%20March%202020.&text=It%20targets%20how%20products%20are,for%20as%20long%20as%20possible](https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en#:~:text=The%20European%20Commission%20adopted%20the,(CEAP)%20in%20March%202020.&text=It%20targets%20how%20products%20are,for%20as%20long%20as%20possible).

De acuerdo con la gráfica 6, Dinamarca y Luxemburgo son los países que mayor generación de RSU per cápita reportan, sin embargo, conforme a los datos de la gráfica 6 se tiene que estos llegaron a una tasa del 46% y 48% respectivamente, de reciclaje.

Gráfica 6. Tasas de reciclaje de los países en la Unión Europea.



Fuente: Elaboración propia con base a datos de la UE

1.17. La generación de RSU en la Ciudad de México

Conforme a la información del INEGI¹⁸ la CDMX cuenta con un territorio de 1,494.3 km², representando el 0.1% del territorio nacional, a pesar del reducido espacio, concentra la mayor cantidad de población del país, con 9,209,944 habitantes en 2020, dando un km² para cada 6,163 personas.

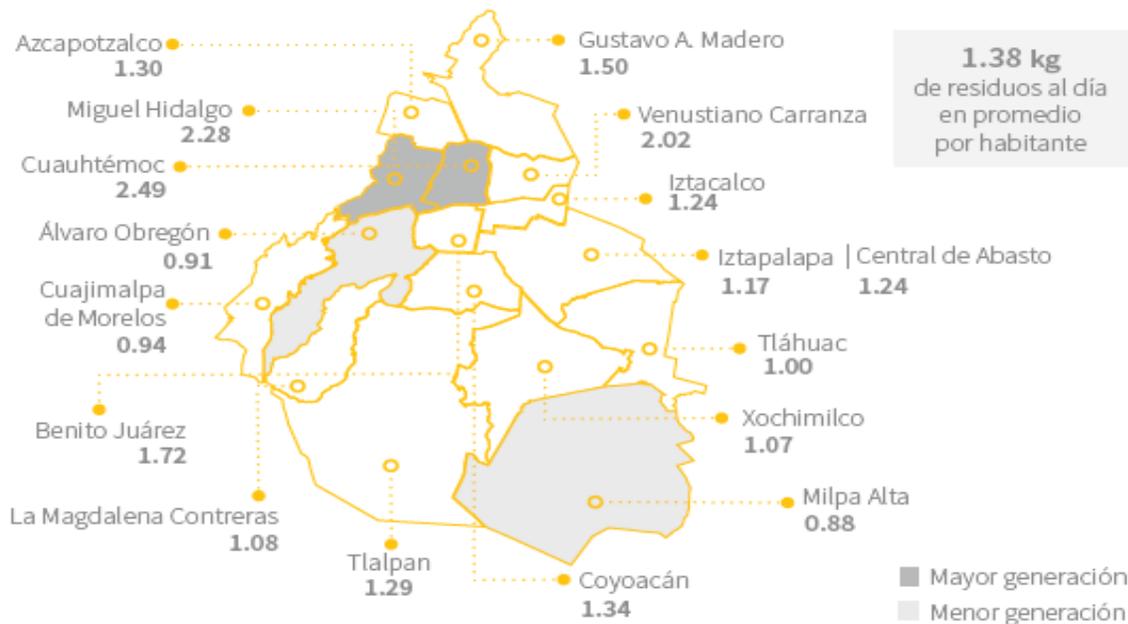
Esta situación provoca que el territorio cuente con una demanda alta de servicios ecosistémicos en comparación con el resto de las entidades del territorio nacional. La CDMX presenta el mayor gasto por consumo de bienes y servicios con \$1,278.26 millones conforme a lo reportado en INEGI (2014), el segundo lugar lo ocupa el Estado de México (\$442.40 millones), el tercero Jalisco (\$376.39

¹⁸ <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/default.aspx?tema=me&e=09>

millones) y por último Tlaxcala con \$16.15 millones. Las diferencias en consumo también se traducen en diferentes cantidades de RSU que genera cada entidad. INEGI (2014), sitúa en la misma jerarquía a los primeros tres estados mencionados, reportando para la CDMX una cantidad recolectada de RSU en promedio diario de 16.48 millones, el Estado de México con 13.04 millones y Jalisco de 6.94 millones; para esta categoría Campeche ocupa el último lugar con 0.71 millones.

Al ser la CDMX la principal ciudad del país y el mayor generador de residuos, esta investigación analiza el comportamiento de las alcaldías que conforman dicha entidad respecto a la generación de los RSU, con la finalidad de observar cuales regiones concentran la mayor cantidad y cuales han iniciado proyectos de recuperación y reciclaje con resultados medibles. En la figura 3 se observa que la alcaldía Cuauhtémoc (2.49kg) y Miguel Hidalgo (2.28kg) son las que reportan la mayor cantidad de residuos al día por habitante, mientras que Cuajimalpa de Morelos (0.94kg) y Milpa Alta (0.88kg) tienen la menor cantidad entre todas las alcaldías (SEDEMA, 2018).

Figura 3. Mapa de la CDMX por generación per cápita de residuos sólidos (2017).

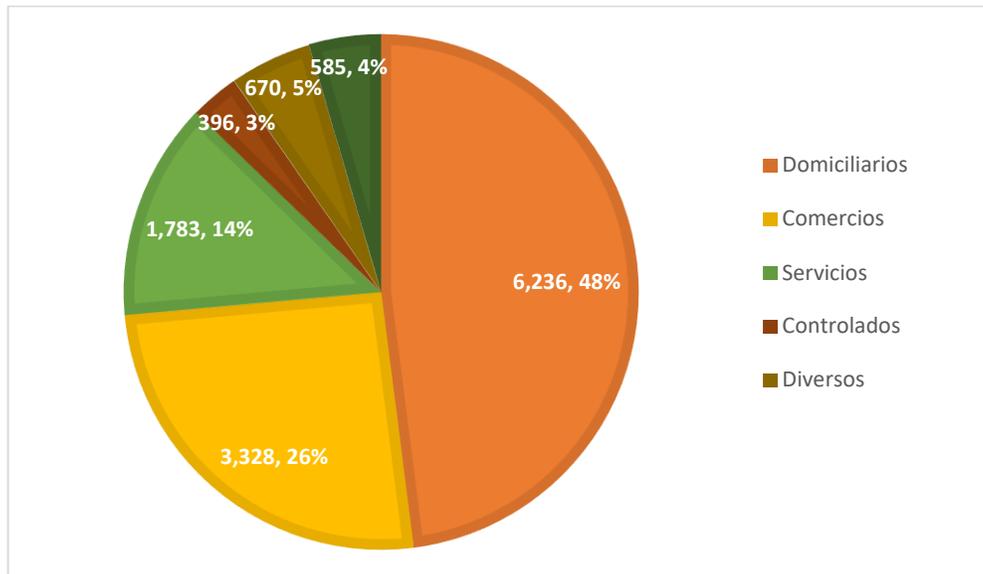


Fuente: Secretaría de obras y servicios, 2018

Para fines analíticos, la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México (SEDEMA) analiza por separado a la Central de Abastos como una causante de generación de RSU

debido a la cantidad de comerciantes y mercancías que se concentran en el lugar. En la gráfica 7 se muestra la generación de RSU por fuente, siendo los domiciliarios los responsables del 48% del total de RSU que se registran:

Gráfica 7. Generación de residuos (t/día) por fuente durante 2017.

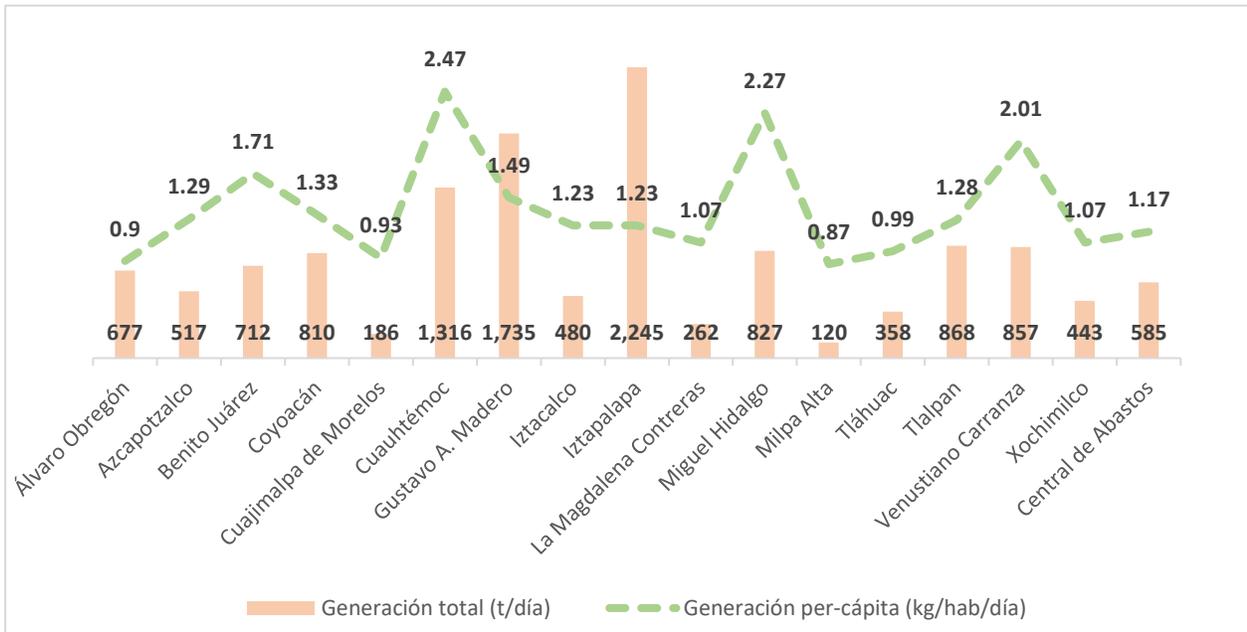


Fuente: Elaboración propia con base a SEDEMA, 2018.

Al ser los hogares quienes producen una mayor cantidad de RSU, los recicladores podrían obtener una ventaja de ese comportamiento, debido a que la separación y diferenciación de estos se vuelve una de las etapas más complicadas dentro de todo el proceso, pero si se logra establecer una relación positiva en conjunto con una legislación que eduque y obligue a los ciudadanos a separar los RSU, se puede optimizar y abaratar el proceso. Lo anterior puede sustentarse con el ejemplo mencionado en el capítulo primero, sobre el reciclaje de baterías en Finlandia y Chile.

Posteriormente, se muestra en el gráfico 8 la generación de RSU conforme a las alcaldías que conforman a la CDMX.

Gráfica 8. Generación de RSU por municipio en 2018.



Fuente: Elaboración propia con base a SEDEMA, 2019.

Se observa que las alcaldías que más RSU generan son Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Cuauhtémoc. Conforme a los datos publicados por Coneval (2018) los municipios de Gustavo A. Madero, Iztapalapa y Tlalpan son los que concentran el mayor número de personas en condiciones de pobreza. Esto podría dar a entender que son los individuos de bajos recursos los principales generadores de RSU, sin embargo, las características sociales y culturales de la CDMX son elementos importantes que se deben considerar para explicar porque en esos territorios se genera una mayor cantidad de RSU.

La problemática de expuesta se acentúa por la falta de planificación y constancia en los proyectos propuestos para el manejo, transformación y disposición final de los residuos de la CDMX, como se observa con lo sucedido después del cierre del relleno sanitario Bordo Poniente.

En enero de 2012 cierra definitivamente el relleno sanitario Bordo Poniente, el cual se localiza en la Zona Federal del ex Lago de Texcoco con la justificación que, al superar la capacidad de depósito de residuos se presentan riesgos *de contaminación a fuentes de abastecimiento de agua, así como la eventual interferencia con la operación de drenes pluviales y de aguas residuales del Valle de México, poniendo en riesgo la seguridad de la población ante posibles inundaciones.* En el momento del cierre del relleno sanitario se plantea el desarrollo de proyectos para la explotación de energías limpias con la instalación de una planta de termovalorización y biodigestor, pero no se

concretó por razones políticas, financieras y de planeación. Adicionalmente, se tiene instalada una planta de composta que procesa desechos orgánicos en abono, sin embargo, el gobierno de la CDMX declara en 2020 que la *planta transformadora de residuos orgánicos en composta será reemplazada para instalar reactores que, con los mismos desechos, producirán pellets de carbón para ser usado como combustible en la carboeléctrica de Petlacalco*, lo cual ha generado polémica porque para algunos críticos esto no cumple con los objetivos de la Economía Circular (Saldaña, 2020).

1.18. Contaminación por plástico: El caso del PET

La acumulación de los residuos es un grave problema para la salud humana, los espacios naturales, la vida silvestre e incluso la expansión del capital, por la disminución de espacios potenciales para su reproducción. El problema se reconoce a partir de 1960's ya que la contaminación del suelo se une a los tópicos de la contaminación del aire y agua, exigiendo mejores acciones a los Estados para contrarrestar dicha situación. Desde 1972 la Agencia de Protección Ambiental de EEUU se pronunció a favor de cambiar las *actitudes tradicionales y hábitos*, pidiendo un cambio dentro de las instituciones y la relación con la naturaleza (Martin, 1999, 200).

Debido al enorme consumo de productos plásticos y el porcentaje que representan en la composición de todos los residuos, se han vuelto un problema para las naciones ya que cada día se acumulan, tanto en zonas marinas como en rellenos sanitarios.

La ONU anuncia en 2015 que tres cuartas partes de la basura marina era plástico, sobre todo proveniente del empaque y embalaje, estiman que entre 4.8 millones de toneladas y 12.7 millones de toneladas de desechos de plástico ingresan al océano cada año debido a una gestión inadecuada de los residuos (Naciones Unidas, 2017).

Se calcula también que en 2015 se generaron 6,300 millones de toneladas de residuos plásticos, por lo que para 2050 puede que se arrojen tan solo en vertederos o en espacios abiertos, 12,000 millones de toneladas de esta basura. El panorama se torna preocupante debido a que la producción de resinas y fibras vírgenes pasó de dos millones de toneladas en 1950 a 380 millones de toneladas en 2015. Aproximadamente el 42% de todos los polímeros que no son de fibra se han utilizado para el envasado, que se compone principalmente de Polietileno, Polipropileno y PET (Geyer, 2017).

De acuerdo con datos del Banco Mundial (2018) en 2016 el mundo generó 242 millones de toneladas de plástico, de los cuales 12% entran en la clasificación de RSU. Los desechos plásticos son fuente

de obstrucción para las tuberías y drenajes, causan enfermedades respiratorias cuando son quemados, representan un peligro para la fauna silvestre cuando los ingieren ya que pueden ocasionarles enfermedades digestivas e incluso la muerte, como ocurre sobre todo para la vida marina en donde representa un peligro. Además, bajo la luz ultravioleta proveniente del sol, los plásticos se degradan en microplásticos que son casi imposibles de recuperar contaminando cadenas de producción de alimentos y degradando hábitats naturales (p. 117).

Se ha demostrado que el ser humano puede ingerir microplástico mediante el consumo peces, lo que ocasiona estrés psicológico, cáncer de hígado y disfunción hormonal afectando la fertilidad femenina. Esto debido a las características físicas y químicas de los plásticos, por lo que, también se puede llegar a absorber químicos en el agua marina (Naciones Unidas, 2017, 26).

Dentro de la generación de residuos plásticos el de mayor proporción es el PET; México es el segundo consumidor de envases de PET para refrescos en el mundo y el primero para recipientes de agua embotellada. El consumo de refresco es elevado; en promedio, cada mexicano ingiere 163 litros de refresco al año, siendo de PET la gran mayoría de envases utilizados; el uso de agua embotellada también representa un problema. En 2014, se consumieron 234 litros por persona, lo que generó 21 millones de botellas de PET al día. Con esto, se tiene que la tercera parte de la basura doméstica en México se debe a los envases de PET, ya que se producen aproximadamente nueve mil millones de botellas al año (Cumplido, 2017).

La Ciudad de México genera alrededor de 16,458 toneladas de RSU, de los cuales el 5.1% son residuos de envases y empaques de plástico, debido a que es la zona con mayor consumo de productos plásticos provenientes del empaque y el embalaje. De acuerdo con datos de SEMARNAT, la tercera parte de la basura doméstica de la ciudad se debe a los envases de PET. La basura plástica es la que tiene una mayor tasa de crecimiento, debido al alto consumo de comida productos de un solo uso; la SEDEMA reporta que en promedio una persona utiliza 150 bolsas al año, y se contabiliza un promedio de 49.49 t/día de plástico, del cual se aprovecha el 76.3%.

1.19. Gestión de RSU en la Ciudad México

Las recomendaciones internacionales mencionan que la forma en que se debe combatir la acumulación de RSU es primordialmente con la reducción, a través de menor consumo y reutilización de materiales. En segundo lugar, se encuentra el reciclaje, compostaje o la digestión anaeróbica; seguida por la valoración energética, que incluye procesos tales como la combustión y

pirólisis. La siguiente medida es la eliminación, ya sea en vertederos o mediante incineración sin valorización energética. Por último, están los basureros controlados y no controlados (PNUMA, 2010, 18).

Venegas, García y Sánchez (2014) mencionan que en México existe un problema en el manejo de los residuos sólidos, ya que la mayoría de las ciudades y localidades rurales carecen de rellenos sanitarios adecuados y de una estructura gubernamental que haga frente de manera eficiente a este relevante problema ambiental. Los gobiernos locales son los responsables de gestionar sus RSU, pero cuentan con grandes deficiencias, una de las explicaciones que encuentran los autores es que las nuevas atribuciones en materia de gestión ambiental llegaron a los ayuntamientos cuando apenas se estaban consolidando como gobiernos, ya que lograron hacerlo hasta 1999, mientras que la atribución de responsabilidades relacionadas con la atención de problemas ambientales se incrementaron a partir de 1988 con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Las capacidades gubernamentales las definen como la habilidad para realizar tareas apropiadas con efectividad (p. 28).

Por otro lado, Núez (2016) menciona la ausencia de una cultura de evaluación del impacto que el cambio en el uso del suelo provoca en el ecosistema de México, dado que propician que 50% de los RSU se depositen en tiraderos a cielo abierto, con un control mínimo y un alto grado de dispersión de los materiales. Por tanto, los sitios de disposición final perjudican directamente su entorno, al situarse en zonas frágiles como reservas naturales, cuencas de escurrimiento, áreas de recarga sumándose la producción incontrolada de biogás y la filtración de lixiviados a aguas subterráneas (p. 189).

Dentro de la Ciudad de México son las Alcaldías y la Secretaría de Obras y Servicios las encargadas del manejo de los residuos en las calles y avenidas públicas, siendo el barrido la actividad primaria para este objetivo. Durante 2018 se contaron con 8,155 barrenderos que atendieron 6,943 rutas. Aproximadamente, un barrendero atiende los residuos de 1,268 habitantes. Además, se cuenta con un personal que labora de manera voluntaria, debido a que no tiene un contrato con el gobierno, careciendo de prestaciones y seguridad social. Estas personas viven de las propinas y los residuos que puedan recuperar y vender (SEDEMA, 2019).

De aquí se desprende un problema social para la gente que requiere de una mayor intervención estatal para lograr condiciones laborales favorecedoras e incluyentes.

Por otro lado, se cuenta con el parque vehicular de recolección los cuales también se encuentran a cargo de las alcaldías, teniendo 1,769 rutas y 2,652 unidades de diferentes modelos y antigüedades. Es importante mencionar los modelos con los que cuentan los recolectores de CDMX, ya que para propiciar la separación y recuperación de los residuos es importante tener la infraestructura adecuada. Sin embargo, a pesar de las iniciativas para separar los RSU, la ciudad cuenta con únicamente con 565 vehículos de doble compartimentos los cuales facilitan la recolección de los residuos clasificados en orgánicos e inorgánicos, que representa el 24% del total, mientras que los de carga trasera son el 44%. La clasificación como “otros”, que abarca los carros auxiliares como camionetas pick up, estaquitas y compactadores pequeños son el 14% del total, lo que hace notar la falta de inversión en el mejoramiento del transporte para disminuir la pérdida de material sensible a ser reciclado.

Conforme a datos de SEDEMA, ya que la Ciudad de México no posee sitios de disposición final, es necesario pagar una tarifa, conocida como costo de disposición para depositar los residuos en alguno de los sitios de disposición final autorizado, por lo que en 2019 el costo ascendió a 617 millones de pesos.

Siguiendo la visión de la EC, no se debe considerar como desecho aquello que dejo de ser útil para el consumidor final, sino que debe visualizarse una relación circular entre la totalidad de la mercancía producida y aquella que cumplió con la finalidad por la que fue adquirida, estipulando que una vez satisfecha la necesidad del consumidor, este debe depositarla en lugares adaptados para ser vista como un nuevo recurso que servirá de materia prima a otro ciclo productivo. Bajo esta perspectiva la reutilización es la primera recomendación dentro de la visión de la EC, mientras que el reciclaje es segunda recomendación. El reciclaje debería atraer suficiente capital y unificar a los agentes económicos para lograr establecer una industria fuerte que pueda competir dentro de un mercado dominado por productos elaborados con resina virgen¹⁹.

1.20. El reciclaje para disminuir los RSU

La práctica del reciclaje es recomendada por los principales organismos internacionales, considerando que es una forma que cumple con los planteamientos teóricos de la Economía Ambiental.

¹⁹ Las condiciones que debe tener un plan de manejo de RSU son señaladas dentro del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Título segundo planes de manejo.

El reciclaje de los desechos permite la apertura de un nuevo mercado que atrae a los capitales deseosos de reproducirse y obtener nuevas ganancias, además alarga el ciclo de vida de la mercancía dándole un nuevo valor de uso.

Para muchos materiales como algunos polímeros y el papel, estas condiciones ya existen, así que el mercado está listo para absorberlos y colocarles un precio, dependiendo su escasez o abundancia.

De acuerdo con datos del PNUMA (2010) en 2004, 2008 y 2009, el sector del reciclaje facturó 32.500, 60.300 y 37.200 millones de euros, respectivamente. Esto representó el 1,69%, 2,70% y 1,94%, para dichos años, del valor añadido bruto del sector manufacturero, de la electricidad y de la gestión de residuos. Además, las oportunidades de empleo son mayores que las de otro tipo de procesamiento de residuos; comparando el impacto económico del reciclaje con el de implementar vertederos de basura o incineradoras, el primero es dos veces superior ya que proporciona trabajos pocos calificados hasta puestos de especialización media y alta (p. 29).

Este tipo de práctica puede traer también beneficios ecológicos en términos energéticos, el IPCC en su cuarto informe afirma que “la minimización, el reciclaje y la reutilización de residuos representan un potencial importante y cada vez mayor para la reducción indirecta de las emisiones de gases de efecto invernadero a través de la conservación de las materias primas, una mejor eficiencia energética y de los recursos y evitando el consumo de combustibles fósiles.”

También ahorran energía por el proceso de fabricación, ya que un material reciclado necesitará menor energía al transformarlo, por ejemplo, en el caso del aluminio la energía requerida es 88% menor que la usada en el proceso de transformación de la materia original (PNUMA, 2010, 31). Para el caso del PET, ECOCE reporta que la producción botella a botella consume entre 50% al 100% menos energía que la de otros envases en producción original.

Para poder considerar si el reciclaje traerá consecuencias positivas al medio ambiente, es necesario tener presente la paradoja de Jevons.

Jevons observó que una innovación tecnológica que hiciera más eficiente el uso de carbón no disminuía el consumo de este material, al contrario, lo aumentaba porque lo hacía más productivo permitiendo el crecimiento de la industria. Esa relación entre eficiencia y escala se cumple en el capitalismo (Foster, 2010:427).

Cumpléndose la paradoja de Jevons para el reciclaje, entonces se debe observar un aumento de la demanda de desechos, lo cuales, lamentablemente no siempre se integran en ciclo de producción para sustituir las materias primas de su valor de uso original, si no que pueden ser insumos de otras mercancías, así que la demanda de estos va incrementándose, provocando una mayor necesidad de generar dichos residuos.

Debido a que el polímero utilizado para los empaques son los que menor tiempo de vida tienen (el mismo año que se producen se desechan), representan un gran problema para la disminución de estos residuos. Como se menciona más arriba, casi la mitad de producción de polímero son para empaque y el PET, es el principal componente.

Con la llegada del PET al mundo, la industria del empaque y el embalaje se fortificaron y diversificaron, además que la industria refresquera vio en este material lo requerido para incrementar el acceso de su producto a las masas.

Al ser la CDMX la región con mayor concentración de población del país es la zona donde se consume y genera un mayor número de residuos plásticos. De acuerdo con la información publicada por SEDEMA (2020) al día en la CDMX se generan 359 toneladas de envases plásticos, de los cuales el 36% es recuperado. En 2004 es cuando entra en vigor la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal con la intención de obligar a los habitantes de la ciudad a separar la basura en orgánica e inorgánica, aunque ya en 2010 se contaba con una estrategia de recolección donde se organizaba el día en que se recogería diferente tipo de residuos. En 2020 se reforma la ley de Residuos Sólidos para prohibir en 2020 la comercialización, distribución y entrega de bolsas plásticas y para que a partir de 2021 se prohíba la de productos de un solo uso como son tenedores, cuchillos, cucharas, palitos mezcladores, platos, popotes o pajitas, bastoncillos para hisopos de algodón, globos y varillas para globos, vasos y sus tapas.

Asimismo, SEDEMA (2020) cuenta como instrumento de regulación el Plan de Manejo para tener un control de la información sobre los residuos provenientes de generadores de alto volumen, generadores de residuos de manejo especial y empresas dedicadas al reciclaje y manejo de residuos, que por sus características de operación no requieren de una Licencia Ambiental Única. Adicionalmente, los clasifica en función de la cantidad y tipo de residuos, teniendo ocho categorías:

- Categoría A: Teclados, impresoras, faxes, DVDs/VHS/Beta, MP3, mini consolas, cámaras fotográficas, cámaras de video, PDAs, escáner, mini componentes, radiograbadoras, consolas amplificadoras, teléfonos fijos,

teléfonos inalámbricos, proyectores, No-breakers, mouse/ratón, radios, radios de coche, multiplexores, amplificadores/bocinas, ecualizador, microondas, aspiradoras, licuadoras, planchas, lavaplatos, secadoras de platos, cafeteras, secadoras de pelo, motores.

- Categoría B: CPUs, monitores, laptops, mini laptops, discos duros, tarjetas varias y televisiones.
- Categoría C. Celulares y pilas.
- Categoría D: Cargadores, cables, discos y películas.
- Categoría E: Balastras, monitores, pantallas, pilas alcalinas, transformador, TV's lamparas, refrigeradores, toners.
- RT: Recolección y transporte.
- RE: Residuo de Manejo Especial.
- ERR: Empresas que se dedican a reutilizar y reciclar residuos sólidos.

En las ERR se encuentran las encargadas de la recolección de PET y al cierre de 2019 se contaban registradas 33 empresas. Bajo esta modalidad, en la CDMX se reporta que de PET se recuperan 131,501.79 toneladas al año. Este tema, se abordará con mayor detalle en la sección 2.3 y 2.4 de la presente.

1.21. La integración del reciclaje con la Economía Circular

Como se menciona anteriormente, el reciclaje se ha analizado desde diferentes perspectivas teóricas proponiendo diferentes métodos técnicos para comprobar su eficiencia en lo que respecta a si es la mejor manera para tratar los RSU.

Con la economía circular se busca la intersección de los aspectos ambientales y económicos para salir del sistema lineal que la economía convencional presenta. El modelo de sociedad que busca es uno donde las formas de producción y consumo sean más eficientes y con menor impacto negativo sobre los ecosistemas, considerando que la participación de todos los sectores de la sociedad debe tener una presencia más activa, tanto para decidir qué y porqué consumen de esa forma, hasta tener educación y conciencia sobre la forma en que desechan y separan los residuos. Su principal objetivo es reintegrar los materiales en desuso a las cadenas productivas y se realice una transición hacia tecnologías y modos de organización que se comporten como un ecosistema que se alimenta y equilibra entre sí.

Se han realizado estudios sobre el flujo y stock de materia para analizar el impacto en la economía y poder dar recomendaciones sobre el manejo adecuado de las materias primas y los residuos. Uno de ellos es propuesto por Zhang y Wei-Qiang (2017), sobre la relación entre el ciclo material y el

crecimiento económico, considerando que es esencial entender el metabolismo social para lograr una desmaterialización. La base teórica de la que parten estos autores son estudios realizados en los 80's y 90's sobre la curva de Kuznets la cual establece que la relación entre el crecimiento de la actividad económica y el deterioro del medio ambiente tiene la forma de una U invertida (Oliva, 2019), estudios posteriores que daban mayor rigor al flujo de energía y materia con relación al Producto Interno Bruto (PIB); así como el desarrollo de estadísticas que permiten analizar la desmaterialización.

En términos teóricos, el trabajo presentado por Chao Zhang y Wei-Qiang Chen (2017) permite tener una clara idea de la integración de un material reciclable al ciclo productivo. El marco de investigación mostrado respecto al crecimiento económico y los indicadores de stock de material y flujo fundamentan la necesidad de promover el reciclaje para reducir la demanda de insumos vírgenes, de tal forma que el crecimiento económico se base en la desmaterialización de residuos y disminución de extracciones de recursos naturales.

Tanto en el estudio presentado por Korhonen (2018) como por Zhang y Wei-Qiang (2017) se menciona la importancia en la forma de consumo y el nivel de vida de los estratos sociales para lograr disminuir los desechos y la extracción de recursos vírgenes.

En relación con el flujo de PET, se hacen recomendaciones para que se recupere la mayor cantidad de botellas y sean llevadas a la industria refresquera o algún otro sector para que, en caso de no tener la calidad suficiente para el sector alimenticio pueda ser utilizada para producir textiles, zapatos, bisutería, etc.

Sin embargo, para algunos interesados en el tema del reciclaje, puede que no sea la mejor alternativa llevar polímeros para ser procesado como materia prima, ya que hay otras formas para deshacerse de los RSU, como los rellenos sanitarios o la incineración para proporcionar energía, que pueden ser menos contaminantes y más baratos.

Raymond Gradus (2017) realiza un estudio de costo-eficiencia comparando la incineración de todo tipo de polímeros y la separación y reciclaje de cada uno de ellos dentro de los Países Bajos; elaborado una breve descripción en un principio de cómo el país llegó a ciertos niveles de reciclaje y cuáles fueron las políticas implementadas. Efectúa un análisis que incluye diferentes tipos de costos, como el de transporte, separación e impuestos a las empresas, hasta los beneficios recibidos por la disminución de CO₂. Las conclusiones a las que llegan son que no es rentable reciclar debido

a los costos de transporte y separación, además estos no se compensan con lo que se podría ganar a través de los bonos de carbono, debido a las fluctuaciones de los precios en estos, para cuando realizaban el estudio tenían un muy bajo valor de mercado.

Sabiendo que, la ONU, la UE y las nuevas visiones como la Economía Circular, consideran la incineración como último recurso, los autores realizan una serie de recomendaciones: tratar de reducir los costos de transporte con una mejor organización en la recolección; impulsar a la industria del reciclaje con apoyos económicos para que exista mayor innovación tecnológica y se pueda realizar una separación post consumo más eficiente y económica.

Otro tema es el comportamiento del consumidor final, ya que puede demandar productos con ciertas características que sean negativas para el medio ambiente, o que no proporcionen la basura de manera adecuada para facilitar su reciclaje y separación. Andrew Abbott (2017) realizó un estudio econométrico para analizar el comportamiento de la población respecto a la disponibilidad de depósitos para los residuos separados en cada acera o los centros de depósitos locales. Hacen un análisis sobre la facilidad de sustitución y complementar los mecanismos para los residuos reciclables. Encontraron que para la basura inorgánica no hay gran cantidad de diferencia, pero entre la orgánica es bastante diferente el resultado. Aquello se puede explicar por la edad, nivel educativo, ingresos etc. Por lo que también se pueden hacer recomendaciones de política incluso por municipios. El gobierno debe pensar la forma en que se debe recoger la basura previamente separada, ya que esto es lo que incrementa los costos de planificación y aprovechamiento.

Considerando los estudios mencionados, se demuestra la importancia de monitorear y replantear la forma en que los RSU llegan a la disposición final. Con el artículo de Andrew Abbott se demuestra la importancia de informar a la población sobre la manera más adecuada de separar la basura y que alternativas se pueden tener en caso de que las presentadas no sean las correctas.

Desde 2006 el reciclaje de botellas de PET en México ha aumentado, primero gracias al crecimiento de las actividades nacionales que demandan PET post consumo; segundo por el aumento del precio internacional de los pellets de PET virgen; y tercero, por la creciente demanda en el mercado internacional de materias primas secundarias, especialmente de Asia (Schwanse, 2011).

Representantes de la industria del reciclaje de plástico han manifestado la falta de insumos para poder cubrir la demanda externa, ya que no logran establecer una infraestructura ni relaciones entre trabajadores en la basura y empresarios para recuperar una mayor cantidad de PET.

Por otro lado, los costos de transporte también son altos para el caso de México, lo cual cumple con la expectativa establecida en los resultados del estudio elaborado por Raymond Graus (2017), considerando que los Países Bajos cuenta con una infraestructura más desarrollada, es difícil que el gobierno mexicano pueda proporcionar a corto plazo, un sistema de recolección más económico y eficiente que apoye el crecimiento de la industria del reciclaje. Por estas razones, en general en México se opta por rellenos sanitarios, perdiendo la oportunidad de reintegrar a la cadena productiva los residuos plásticos.

Como indica Korhonen, (2018), las resistencias de las empresas a transformar sus condiciones productivas, puede llevar a no seguir las recomendaciones de la Economía Circular y por lo tanto no innovar en busca de la sustentabilidad. Por lo que considera que la organización interna, las estrategias de penetración de mercado y las relaciones entre las empresas son de vital importancia.

Con la finalidad de reducir la acumulación de los RSU, la CDMX ha implementado el programa de basura cero alineándose con las recomendaciones y objetivos de la Economía Circular. Las autoridades correspondientes (SEDEMA y SEMARNAT), esperan que la cantidad de residuos aprovechados pasen de 4,100 toneladas a 10,700 toneladas en los próximos años para llegar a 2030 con una generación de basura cero; esto con reformas a la legislación donde a partir de 2020 se prohíbe el uso de bolsas de plástico y en 2021 artículos de un solo uso como los popotes, utensilios de cocina, globos, etc.

1.22. Revisión de las propuestas

Conforme a lo planteado en el presente capítulo, se pueden ir obteniendo algunas conclusiones sobre como el reciclaje puede adentrarse dentro del mercado para dar una solución parcial a la acumulación de residuos PET.

Los problemas que hasta este momento se pueden ir identificando son los culturales, la sociedad mexicana no cuenta con las condiciones para iniciar el proceso de separación de basura. Dentro del espacio urbano no se han establecido lugares donde el depósito de residuos PET pueda ser de manera diferenciada, además que la educación impartida no penetra a los consumidores para que estos reutilicen y busquen el reciclaje de los productos consumidos.

Otra limitante es la intervención del gobierno, en el caso de Finlandia sobre el reciclaje de baterías, se planteaba que la definición mejorada sobre residuos facilitaba el comercio de los mismos, pero

veían que el no tener un control sobre las indicaciones para producir dicha mercancía, provocaba que se utilizaran diferentes materiales que dificultaban el reciclaje, ya que muchos de ellos requerían el uso de tecnología distinta.

El tema de la tecnología es otro limitante para el reciclaje tanto en la CDMX como en el resto de la República, como se ha mencionado anteriormente los países con ingresos superiores pueden establecer políticas que propicien el desarrollo de ciudades circulares, sin embargo, nos encontramos en un país en vías de desarrollo el cual no cuenta con los recursos para poner en marcha un programa de esa magnitud, los objetivos presentados por el gobierno del presidente de México Andrés Manuel López Obrador, van encaminadas al combate de la pobreza, priorizando el abasto de servicios y mercancías a sectores de la población más vulnerables, dejando en último la importancia del cuidado ambiental y el impacto en el hábitat natural para distribuir tales necesidades.

2. Producción de PET reciclado

2.1. Historia de la producción de plástico

Antes de la producción del plástico sintético ya se utilizaban algunas resinas naturales para la producción de materiales similares. En el siglo XIX, se manipulaban algunos productos como el caucho y el celuloide, que son considerados antecesores de los plásticos modernos (García, 2009, 72). El pionero en utilizar el caucho fue Thomas Hancock, en 1820 creó una masa plástica al mezclar goma cruda en una máquina ideada por él.

Para 1860 el estadounidense Wesley Hyatt desarrolla un método para producir celuloide el cual es utilizado con gran éxito en la fabricación de objetos como placas dentales y cuellos de camisa, y a pesar de su mala calidad, por ser inflamable y deformarse con la luz solar, tuvo un gran éxito comercial. En 1907 es cuando son introducidos los polímeros sintéticos. Por otro lado, el Dr. Leo Baeckeland descubre un compuesto denominado baquelita y lo comercializa en 1909 (Lugo de Lille, 2008, párr. 6).

Las guerras mundiales trajeron un mayor auge a la industria del plástico. Con la primera guerra mundial la empresa DuPont obtuvo grandes ganancias gracias a que se enfocó en producir telas artificiales derivadas del plástico. Esta empresa era conocida por producir explosivos, pero desde 1907, estaba buscando otro uso para las plantas de nitrato. Desde 1910 se orientó a los químicos, adquiriendo establecimientos para obtener patentes de celuloideos, y así producir pinturas, laca, piel y seda falsa, entre otros derivados (*Ibid: 27*).

La segunda Guerra Mundial trajo grandes avances tecnológicos en muchas industrias, y en lo que respecta al plástico, este conflicto le trajo grandes beneficios comerciales. Debido a las reducciones en suministros de las materias primas, este insumo fue una fuente inagotable para sustituir a muchos otros. En el caso de Alemania, por ejemplo, perdió fuentes naturales de látex, por lo que inició un gran programa que llevó al desarrollo de un caucho sintético utilizable (Lugo de Lille, 2008, párr. 14).

La entrada de Japón en el conflicto mundial cortó los suministros de caucho natural, seda y muchos metales asiáticos a EEUU, por lo que ahí se intensificó la producción y desarrollo del plástico para

textiles, mientras que otras formas de este insumo se utilizaron en la fabricación de blindajes y materiales bélicos (Lugo de Lille, 2008, párr. 14).

Desde 1945 se tiene una industria fuerte que cambia por completo la forma de consumo, por lo que se promueve con mayor auge el conocimiento científico y técnico del plástico (García, 2009. 77).

El desarrollo histórico del plástico lo ha posicionado como el material de mayores usos y con mayor presencia en mercancías con poco tiempo de vida, afectando considerablemente la concentración y acumulación de RSU.

Se estima que cerca 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, siendo el polietileno y el PET (Polietileno Tereftalato), los residuos con mayor presencia, debido a que representan la mayor proporción en la fabricación de envases (Vázquez, 2014).

2.2. Los inicios de la industria del plástico en México

La industria del plástico en México toma auge durante el periodo donde se inicia el proceso de industrialización y gracias al movimiento de sustitución de importaciones. Los estímulos fiscales, el incremento del gasto de gobierno y la nacionalización de PEMEX dan la oportunidad a dicha rama de apuntalarse.

La industria del plástico se vio muy beneficiada del apoyo estatal, ya que gracias a los programas establecidos tuvo un importante despegue. En la década de los años 30`s se establecieron pequeñas fábricas transformadoras de plástico que importaban la totalidad de sus insumos para la producción de artículos pequeños. Después, para inicios de los 40`s, se formaron empresas transformadoras que producían derivados de celulosa, utilizada para elaborar cepillos, peines, muñecas, entre otros (Vergara, 2012, 127).

En 1941 es patentado el PET y desde entonces ha tenido un continuo desarrollo y uso particular para las bebidas envasadas como el refresco. En México se empezó a utilizar para este fin a mediados de la década de los ochenta (Lugo de Lille, 2008, párr. 24).

A pesar del apoyo gubernamental para el fortalecimiento interno, el fracaso de los programas a la industria nacional radica, que en aras de buscar la modernización y sustitución de mercancías, se apoya el uso de tecnología extranjera sin tener adaptación ni innovación a partir de ella dentro del

país, ocasionando que, para los 70's, algunas industrias como la textil, resinas, fibras artificiales y elastómeros, utilizaran una capacidad instalada no mayor al 60% (Nafinsa-CEPAL, 1971 en Vergara, 2012, 64).

Durante los 40's la industria del plástico tiene un gran despegue, de 1940 a 1950, la tasa media anual de crecimiento fue de 36.8% y el empleo crece en 57.2%. En términos absolutos, existen tres empresas establecidas en 1940, mientras que para 1950 crecieron a 69 y de 26 empleados hasta llegar a 2,389; ya para 1960 se tienen 229 establecimientos y se emplean a 6,929 personas, con una tasa media anual de crecimiento de 12.7% y 11.2% respectivamente. Para 1970 se crece en 16.6% y el empleo aumento en promedio un 16.9%. El plástico para entonces es utilizado para toda clase de productos, desde la sustitución de materiales de lujo como las perlas, el marfil, la porcelana, hasta para la producción de juguetes y artículos de uso diario (Vergara, 2012, 127).

A pesar de los esfuerzos por el Estado para lograr elevar la producción de petroquímicos, la creciente demanda de productos de plástico ocasiona que aumenten significativamente las importaciones; cuyo consumo en 1970, llega a 190,000 toneladas aproximadamente (*Ibid*: 129).

En los años setenta, la industria farmacéutica inicia una transición tecnológica entre el envase del vidrio y el envase de plástico, ya que el primero representaba el 80% de los costos, por lo que esta sustitución da una gran ventaja competitiva que permitía mantener en el mercado mercancías que parecían no rentables, pero con demanda (*Ibid*: 147). Pero en realidad es con la llegada del PET que la industria del envase encuentra el material adecuado para sellar con facilidad y bajos costos un sinnúmero de mercancías.

En 1987 México inició la producción de PET y para 1989 ya se consumían alrededor de 11 mil toneladas en el país (Lugo de Lille, 2008, párr. 24).

Durante la década de 1970 a 1980 la industria del plástico únicamente creció en establecimientos un 2.7% y en empleo 4.1% como media anual. Respecto al periodo que va 1980 a 1999 su comportamiento mejoró con el 13.1% y 13.4% respectivamente (*Ibid*: 128).

Al liberar el mercado de la petroquímica, PEMEX pierde fuerza, cuando en 1992 se cambia la clasificación de los derivados del petróleo, la producción de mercancías claves para la industria del plástico queda en manos de capitales privados así que desde 1990 las inversiones en petroquímica fueron hechas por estos. Las principales empresas mexicanas que participaron en este mercado fueron: Alpek-Alfa, Grupo Irsa, Cydsa, Idesa y Primex. Cabe destacar que estas empresas se

establecen desde los años sesenta y setenta. Con la entrada de empresas tanto nacionales como extranjeros, aumentó la capacidad instalada para la producción de resinas termoplásticas en polipropileno, poliestireno, PVC y PET (Vergara, 2012, 113).

2.3. La producción del PET

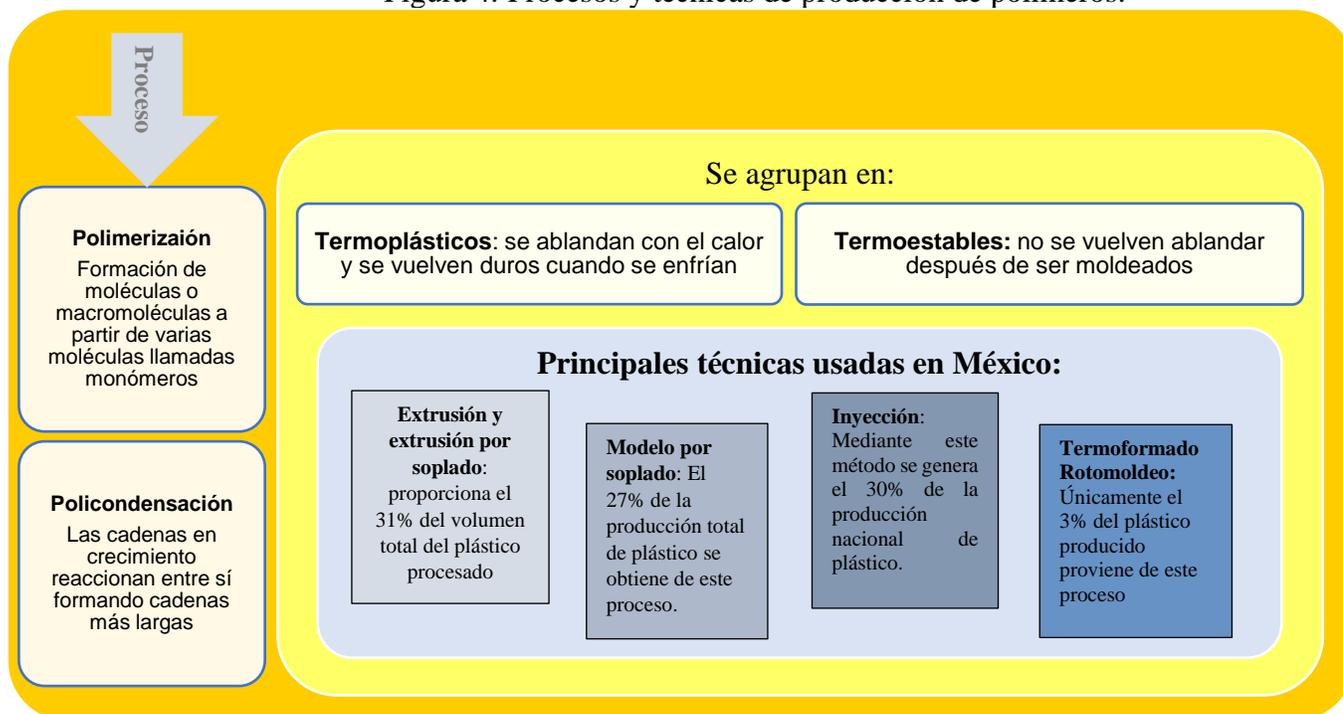
Como se mencionaba anteriormente, los polímeros presentaron muchas ventajas al ser considerados una materia prima barata, accesible y resistente, por lo que llegó a sustituir otros materiales y a diversificar su mercado.

Las ventajas que los productores de polímeros declaran sobre este material es que son: ligeros, durables, aislantes, con la propiedad de ser recuperados energéticamente mediante la incineración, higiénicos, inertes²⁰ y prácticamente irrompibles.

El proceso de producción inicia con la destilación en una refinería de petróleo, generando la separación de este en grupos más ligeros; en la figura 4 se describen brevemente los procesos y técnicas utilizados.

²⁰ No participa en ninguna reacción química. con los productos envasados. Esto permite envasar con seguridad medicamentos, alimentos y bebidas, etc.

Figura 4. Procesos y técnicas de producción de polímeros.



Fuente: Elaboración propia con base a Anipac 2018.

De este proceso de producción se obtiene los tipos de polímeros descritos en el cuadro 3 y además son sensibles a ser reciclados.

Cuadro 3. Tipos de plástico reciclables

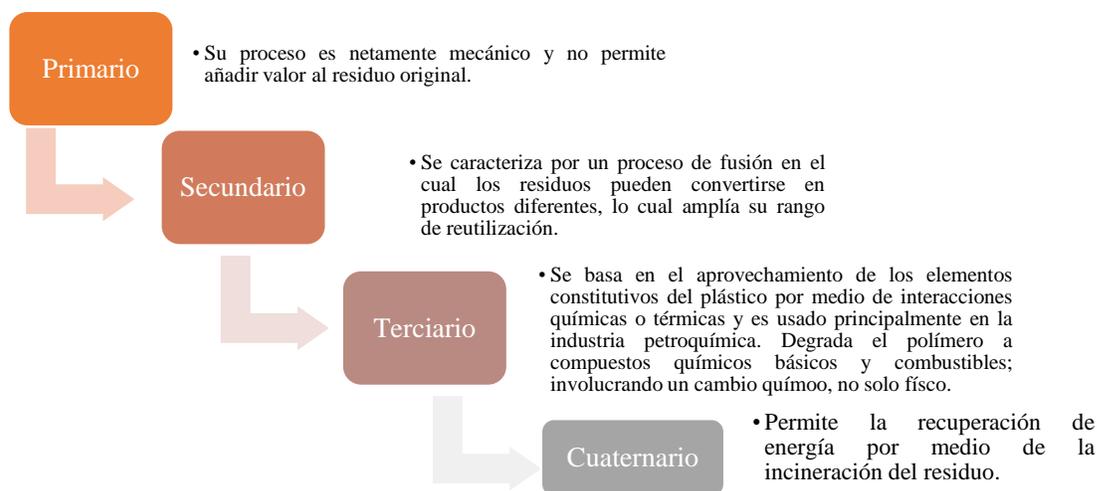
Tipo	Componentes	Usos	Ventajas
PET (Polietileno-Tereftalato)	Formado por 23% gas, 13% aire y 64% petróleo crudo, sus principales componentes son el paraxileno, el ácido tereftálico y el etilenglicol.	Envases con uso para bebidas, alimentos, aceites, cosméticos, además de también ser usado para películas transparentes, fibras textiles, bolsas para horno, bandejas para microondas, cintas de video y audio, geotextiles (pavimentación/caminos), películas radiográficas.	tiene barrera a los gases, es transparente, resistente al maltrato, liviano, impermeable y no tóxico.
PEBD/PEAD (Polietileno de Baja Densidad y Polietileno de Alta Densidad)	Producido por la polimerización del etileno derivado del petróleo	envases usados para detergentes, lavandina, aceite automotor, shampoo, lácteos, bolsas para supermercado, bazar y menaje, cajones para pescados, gaseosas, baldes para pintura, helados, aceites, tambores, caños para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario, macetas, bolsas tejidas, industria médica y productos para la agricultura	resiste bajas temperaturas, liviano, impermeable, no tóxico, excelente brillo y alta resistencia química.
PVC (Policloruro de Vinilo):	Se compone por sal común y petróleo o gas natural. Del petróleo se obtiene etileno mediante un proceso de craqueo. Por su parte, la sal es disuelta en agua y sometida a electrólisis para separar el cloro presente en ella.	Los productos de este material son usados para almacenar agua mineral, aceites, jugos, mayonesa, o para elaborar para marcos de ventanas puertas, caños para desagües y de redes de agua potable, mangueras, blisters ampollas para medicamentos, pilas, juguetes, envolturas para golosinas, películas flexibles para envasado, cables, juguetes,	Es liviano, ignifugo, resistente a la intemperie y la corrosión, transparente, no tóxico, tiene permeabilidad y no es atacado por bacterias, hongos e insectos.

Tipo	Componentes	Usos	Ventajas
		cuerina, papel vinílico, catéteres, bolsas para sangre y plasma, pisos, recubrimientos, carcasas de electrodomésticos o computadoras, placas para muebles.	
PP (Polipropileno)	Se produce mediante la polimerización del propileno, presentando una estructura molecular compuesta por un grupo metilo unido a un grupo vinilo.	El uso general de este material es película para empaquetar alimentos, cigarrillos, chicles, indumentaria, papas, cereales, envases industriales, hilos, cabos, cordelería, tubería para agua, jeringas desechables, tapas, envases, cajones para bebidas, baldes para pintura y helados, fibras para tapicería, telas no tejidas, alfombras, cajas de baterías y autopartes.	resiste temperaturas altas, es una barrera para roñas, impermeable, brilla, es liviano, no tóxico y con alta resistencia química.
PS (Poliestireno)	Es producto de la polimerización del monómero de estireno	se utiliza para producir botes que contengan lácteos, helados, dulces; también para vasos, bandejas para supermercado, máquinas de afeitar descartables; bazar: platos, cubiertos, bandejas, etcétera; juguetes, cassettes, contraportas y anaqueles.	Las ventajas mostradas son que es liviano, tiene brillo, impermeable, no tóxico resistente y de fácil limpieza

Fuente: Elaboración propia con base a Anipac, 2018 y Gómez Leonardo, 2017.

Considerando la necesidad de disminuir la acumulación de los RSU, otro proceso de transformación que ha incrementado su presencia en el mercado mexicano es el reciclaje por lo que, México durante 2012 logró reintroducir al proceso de producción 1.6 millones de toneladas de polímero reciclable, equivalente al 21.3% de los residuos generados. Hoy en día, existen cuatro métodos en el tratamiento del reciclado, denominados primario, secundario, terciario y cuaternario, como se indican en la figura 5.

Figura 5. Tipos de tratamientos.



Fuente: Elaboración propia con base en Arandes et al, 2004.

Los procesos de reciclaje inician desde el acopio de los residuos y su acondicionamiento para convertirlos de nuevo en materias primas mediante diversas operaciones como se indica a continuación:

Figura 6. Operaciones en el proceso de reciclaje.

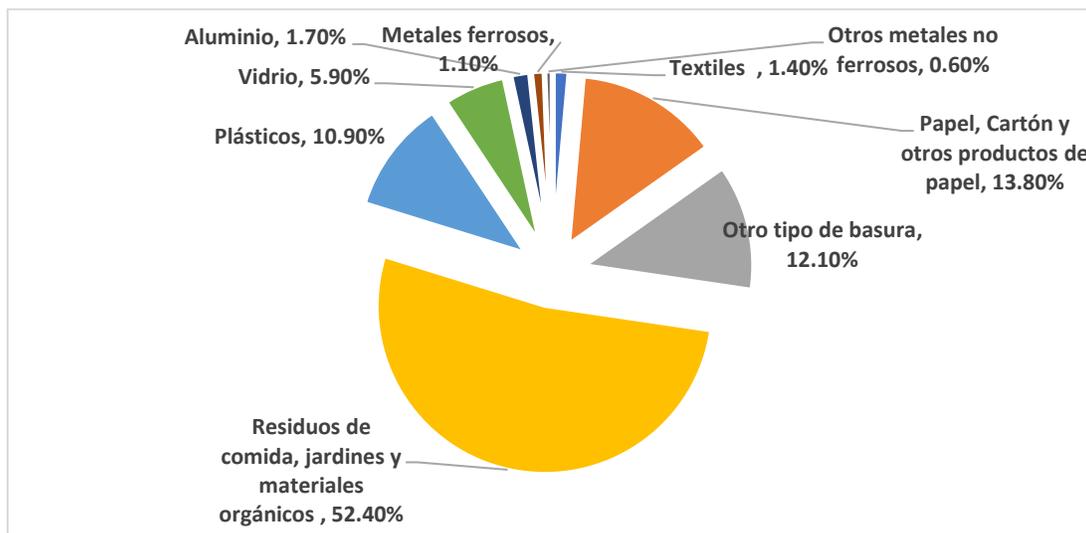


Fuente: Elaboración propia con base en Anipac, 2019.

Antes de considerar el reciclaje como una opción para reducir el porcentaje del PET dentro de los RSU, se podría pensar en cambiar el uso de las botellas de PET por alguno de sus sustitutos más cercanos, como es el vidrio.

Tomando los últimos datos disponibles de INEGI y SEMARNAT durante 2012, los RSU contienen un mayor porcentaje de polímeros representando el 10.9%, mientras que los de vidrio conforman el 5.9% y el 1.7% los metales. El principal componente de los residuos es de comida, jardín y materiales orgánicos con el 52.4%, como se muestra en la gráfica 9.

Gráfica 9. Composición de los RSU en México hacia 2018



Fuente: Elaboración propia con base en SEMARNAT, 2019.

La información que proporciona ECOCE²¹ en su página oficial desagrega un poco más los datos indicando que los residuos PET representaron el 2.63%, el plástico rígido y de película el 7.66% el vidrio de color el 1.60% y el vidrio transparente el 3.13%, como se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Composición porcentual promedio de los residuos en México

Tipo de residuo	Porcentaje
Alimentos	33.07%
Jardinería	10.84%
Loza y cerámica	0.46%
Construcción	0.70%
Pañal desechable	6.76%
Residuo fino	2.25%
Trapo	2.82%
Cartón	4.55%
Material ferroso	0.88%
Material no ferroso	0.57%
Papel	5.07%
PET	2.63%
Plástico rígido y película	7.66%
Vidrio de color	1.60%
Vidrio transparente	3.13%
Madera	0.79%
Otros	16.22%

Fuente: Elaboración propia con base a ECOCE, 2020

Una de las razones por las que se puede encontrar mayor cantidad de residuos de polímeros es porque mucho de esos productos son de un solo uso; como se explica al principio del capítulo, los bajos costos de producción y las características del material permitieron ser un sustituto de insumos que produjeron un abaratamiento de mercancías y por lo tanto la producción y consumo masivo de las mismas; sin embargo, el problema se traduce en acumulación de residuos debido a la poca resistencia y baja calidad de los mismos.

Anteriormente, se utilizaron botellas de vidrio para ofrecer líquidos de todo tipo al consumidor final significando una recuperación de las botellas por parte del distribuidor para reutilizarlas, pero a su vez complica el proceso de distribución, incluso por el peso de la botella y la fragilidad del material, el transporte se encarece. Por otro lado, la responsabilidad del envase pasa a ser parte del consumidor

²¹ <https://www.ecoce.mx/cifras-y-estadisticas>

final, por lo que, al no tener otra utilidad que la de almacenar el alimento y sin la cultura del acopio, se desecha.

Otra de las razones por las que los RSU presentan un menor porcentaje de vidrio es porque la recuperación de estos es mayor. Como se presenta en el cuadro 5 en la CDMX los materiales susceptibles a ser reciclados tienen tasas de recuperación muy por encima a la del PET.

Cuadro 5. Porcentaje de aprovechamiento de materiales reciclables en 2018

Material	Recuperación
Papel	96.04%
Metal ferroso	94.51%
Cartón	90.95%
Vidrio	90.69%
PET	53.00%

Fuente: Elaboración propia con base a datos de SEDEMA, 2019

El material que es aprovechado casi al 100% es el papel, seguido por el metal, mientras que el que representa el menor porcentaje es el PET al ser del 53.00%, presentando una gran diferencia con el resto que están por arriba del 90%. Esto demuestra la importancia de la separación de los residuos, una de las principales limitantes que mencionan los recicladores es que el obtener la materia prima se dificulta porque los recolectores base prefieren recuperar otros productos ya sea por el precio o la accesibilidad a ellos.

2.4. Inicio de la industria del reciclaje de polímeros en México

A raíz de la creciente producción de plástico, se inició tiempo después la recolección de las botellas para su reciclaje, de acuerdo con Héctor Castillo (1990) desde finales de los años 50's el tema de la pepena y el reciclaje cobra una gran importancia.

En México se registra que desde 1992 existen organismos que se encargan de la recolección y reciclado del plástico, pero es en 2002 que ante el crecimiento que tuvo el uso de envases de PET durante la década de los 90; y debido a que no existían las condiciones de educación, infraestructura y políticas públicas para enfrentar de manera integral la falta de información y el mal manejo de los residuos de envases de PET, aproximadamente 20 grupos de las principales marcas de la industria refresquera, de agua purificada y aguas minerales, convocados por el gobierno, se unieron para presentar una propuesta de solución ante la necesidad de atender las problemáticas de los residuos de envases y ver la oportunidad de mejorar su sistema de producción con la adquisición de materia

prima más barata fundando la asociación ambienta “Ecología y Compromiso Empresarial” (ECOCE).

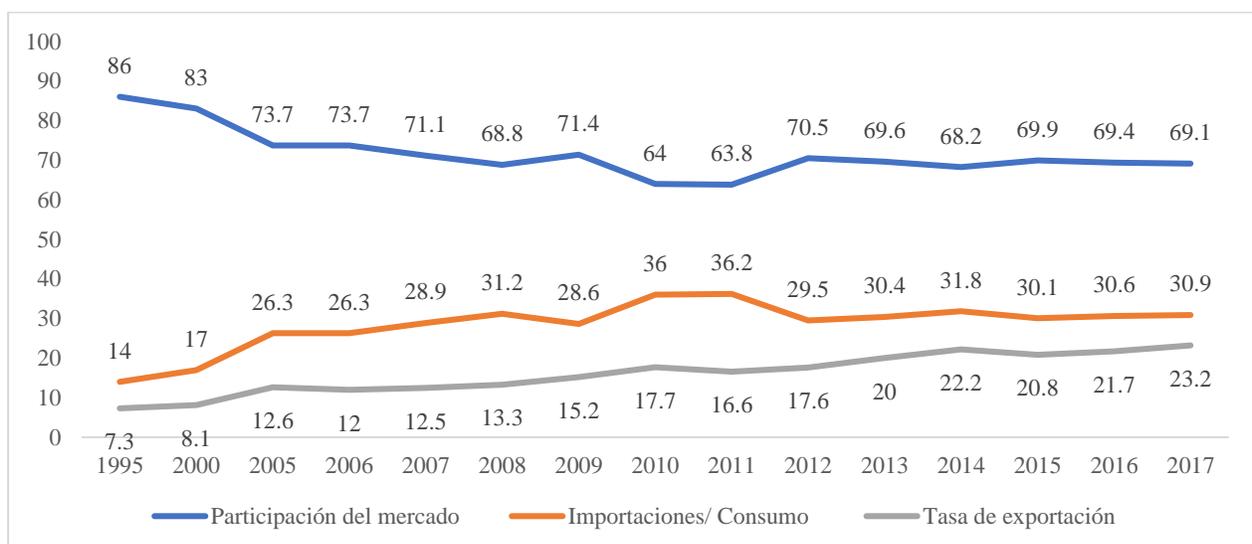
Además de esta organización se cuentan con otras que recolectan información y apoyan a las empresas de producción de polímeros y su reciclaje, las cuales son:

- Asociación Mexicana de Envase y Embalaje (AMEE)
- Asociación Nacional de la Industria del Plástico (NAIPAC)
- Instituto Nacional de Recicladores (INARE)

De acuerdo con lo reportado por estas organizaciones, en México la tecnología principalmente utilizada para el reciclado es el mecánico, pero también se cuenta con el reciclaje químico con el cual la inversión puede ser mayor y se requiere de tecnología extranjera.

La participación de las empresas nacionales transformadoras se ha visto disminuida en el mercado de México, perdiendo competitividad frente a los productos importados. La importancia de incrementar el consumo de productos nacionales radica en que se aumenta la demanda de pellets de PET y con la gestión de residuos y programas adecuados, estos pueden ser de botellas y otros productos reciclados manteniendo un ciclo de producción como se plantea bajo la perspectiva de la EC. En la gráfica 10 se observa cómo se han comportado las transformadoras dentro del mercado nacional.

Gráfica 10. Participación de la industria nacional en la transformación de plástico (%).



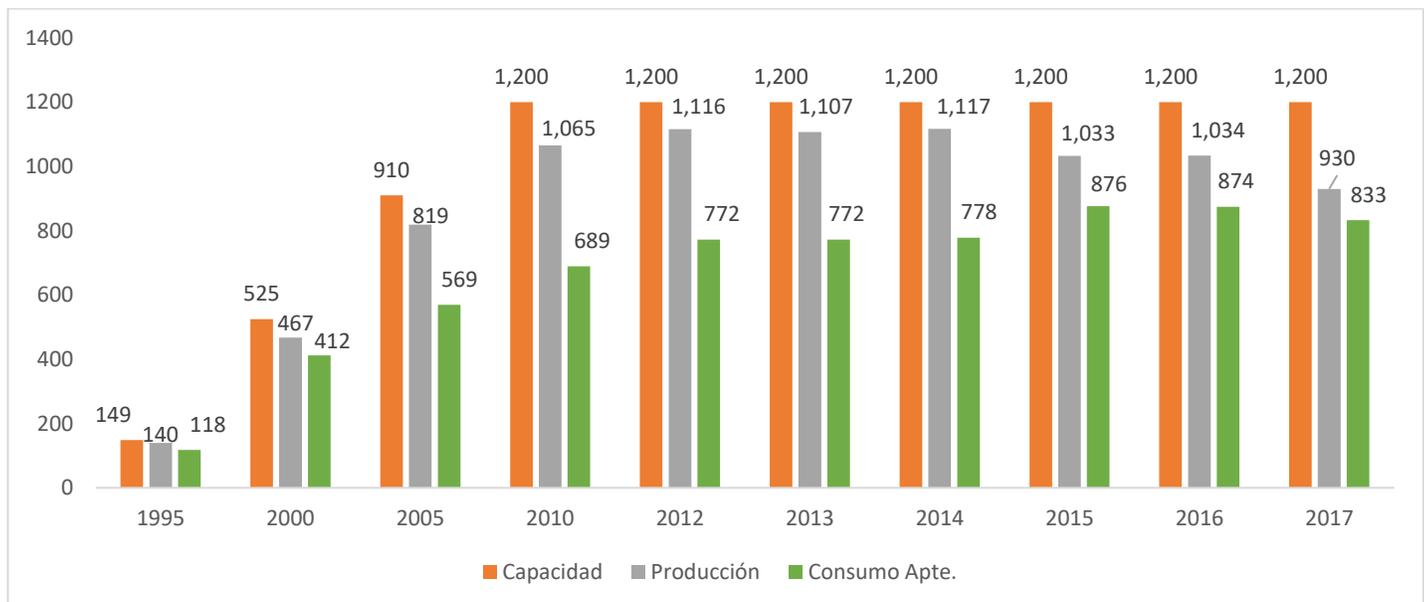
Fuente: Anuario estadístico Anipac, 2019.

La participación en el mercado de las empresas mexicanas creció en 5% pasando de 63.8% en 2011 a 69.1% en 2017. Se observa un crecimiento sostenido de la exportación que en 2000 representaban solamente el 8% de la producción y en 2017 alcanzó el 23.2%. Aún con este crecimiento, por cada kilogramo que se exporta se importan casi dos kilogramos de productos de plástico. Por lo que el consumo de productos importados ha ido en aumento, en 2011 alcanzó su punto máximo al representar el 36.2%, para descender en 2012 a 29.5%, pero subir de nuevo en 2017 al 30.9%.

Tanto la demanda nacional como la internacional impactan en la producción de las resinas de plástico, y aunque existen diferentes clasificaciones las que nos ocupa es la resina de PET.

La resina de PET virgen se ha comportado como la de mayor capacidad instalada en México, superando 1.2 millones de toneladas (t) al año y tasas de operación mayores al 90%. Sin embargo, a pesar del crecimiento que ha presentado el consumo de resina virgen, a partir de 2011 se pierde dinamismo debido a la reducción de peso de los envases para bebidas y a una mayor disponibilidad de resina reciclada para la producción de botella-a-botella, como se observa en la gráfica 11, el consumo en 2014 fue de 778 mil t/a, para 2015 creció en 12.60%, pero para 2016 decreció en 0.23% y 4.69% en 2017. Por otro lado, la producción también tuvo un descenso, de 2014 a 2016 fue del 7.43%, pero de 2016 a 2017 cayó en 10.06%.

Gráfica 11. Oferta y Demanda de resina PET virgen (miles de toneladas).

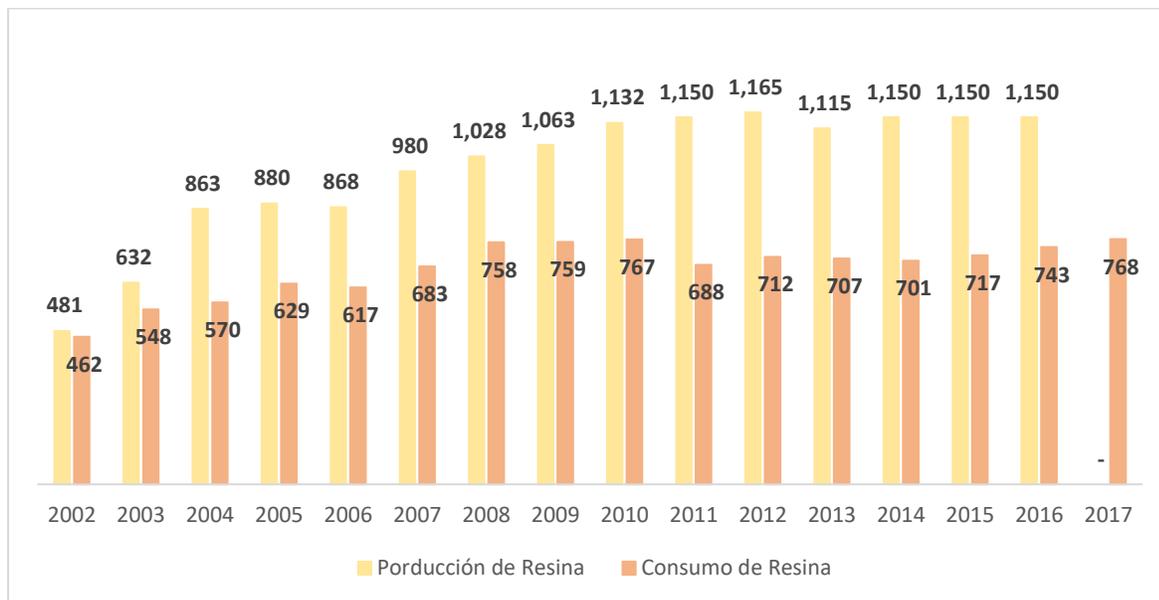


Fuente: Anuario estadístico Anipac, 2019.

Aunque la participación de mercado de los fabricantes nacionales se mantuvo alrededor del 90% en 2006-2011, en 2012-2014 se aprecia un aumento de las importaciones de grados para botella retornable. Las exportaciones de resina PET se estabilizaron y equivalen casi al 20% de la producción nacional (Anipac, 2019).

Al comparar los datos de producción y consumo de resina virgen contra la reciclada se observa que la resina virgen ha aumentado su capacidad y consumo, gracias a las fluctuaciones en los precios del petróleo y la demanda internacional de productos reciclados. La producción de resina reciclada en 2005 era de 879,500 t/a, pero para 2008 llegó a 1,027,679 t/a, representando un crecimiento de 16.85%, por lo que para 2012 se llegó a 1,165,000 t/a, teniendo un crecimiento durante 2008 a 2012 de 13.36%, sin embargo, la producción bajó para el siguiente año, estabilizándose desde 2014 en 1,150,000 t/a. Lo anterior se observa en la siguiente gráfica.

Gráfica 12. Producción y consumo de resina reciclada de PET en México.



Fuente: Elaboración propia con base a datos de ECOCE, 2019, disponible en <https://www.ecoce.mx/cifras-y-estadisticas>

Los beneficios que representa el reciclar el PET son varios, de acuerdo con la información presentada por ECOCE una tonelada de PET reciclado, equivale a ahorrar:

- 4.44 barriles de petróleo, que se usarían para la resina virgen
- 3.32 toneladas de CO₂ no emitidas
- De 25m³ a 35m³ de espacio en rellenos sanitarios o tiraderos

Estas razones en temas ambientales son válidas para preferir el consumo de resinas recicladas a resinas vírgenes en la producción de botellas. Pero una razón más efectiva, es la diferencia entre los precios; la resina virgen de PET tiene un precio de venta entre \$15 y \$18 por kilo, mientras que la resina reciclada se encuentra aproximadamente entre \$5 y \$13, dependiendo la calidad. A nivel global en 2018, el precio del PET virgen llega a USD\$1,464 por tonelada, mientras que el PET reciclado tiene un precio de USD\$1,205 por tonelada²². Para los recicladores mexicanos, es importante mantener el precio de la resina reciclada menor al de la virgen, debido a la calidad y transparencia de la hojuela de la resina virgen; el proceso para hacer más transparente la resina reciclada la encarece, pero mencionan que el beneficio que representa es visual, no compromete la calidad de la botella. Este detalle, genera otro limitante para los recicladores, debido a que no pueden mezclar botellas de diferentes colores porque la nitidez de la hojuela baja, así que pagan menos o incluso no aceptan botellas que no sean transparente, dificultando la venta para los recicladores base de estas.

Tanto las campañas para la concientización de la población, como las iniciativas para la disminución de los plásticos dentro de los residuos (en el capítulo anterior se mencionaban las consecuencias negativas de su acumulación), han propiciado el aumento en el porcentaje de aprovechamiento de las botellas para su reciclaje, lo cual también se traduce en la valorización de los envases. Para 2001 los residuos PET a granel valían \$0.30 el kilo, mientras que para 2017 se alcanzó el precio de \$3.5 por kilo. De acuerdo con datos publicados por ECOCE, la recolección de PET para su reciclado en los últimos años ha apuntado a México como uno de los países con mayores tasas de recuperación en AL, comparado con la UE que para 2016 reportó una tasa de recuperación del 57%, México muestra una tasa de 56%, seguidos por Brasil con el 42%, Canadá con el 40% y EEUU con el 31%. En la siguiente tabla se muestra la información sobre el acopio y reciclaje de los productos PET.

Cuadro 6. Acopio y Reciclaje (miles de toneladas)

Concepto	2012	2013	2014	2015	2016
CNA* de PET en México para envases	715	710	700	722	745
Total recuperado en el país	414	428	405	364	425
Tasa de recuperación	57.9%	60.3	57.8%	50.4%	57%
PET que se va a disposición final (potencial recuperación)	42%	39.6%	42.1	48.8%	42.9%
Dispersión en el medio ambiente (contaminación visual)	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Comercialización de reciclado nacional	38%	38%	46.2%	60%	56.3%

²² Fuente: <https://aclima.eus/plummeting-virgin-pet-price-threatens-recycling/>

Comercialización de reciclado para exportación (China, EEUU y otros)	62%	62%	53.8%	40%	43.7%
--	-----	-----	-------	-----	-------

*CNA: Consumo nacional

Fuente: Elaboración propia con base a datos de ECOCE 2019

La producción y comercialización de resinas PET reciclable resulta ser un negocio rentable y atractivo para los inversionistas, especialmente para las embotelladoras como es el caso de Coca Cola, empresa que invirtió dentro de México en dos recicladoras: Industria Mexicana de Reciclaje S.A. de C.V. (EMIR) y PETSTAR, S.A. de C.V. (PETSTAR), respecto al segundo se hablará en el siguiente capítulo. ECOCE reporta que, a raíz del crecimiento de la demanda de este material, en México se localizan 15 empresas recicladoras las cuales se muestran en el cuadro 7, con una capacidad instalada de consumo de 312 mil toneladas por año, una inversión de 339 millones de dólares, generando 2,380 empleos directos y 35,000 indirectos.

Cuadro 7. Comportamiento empresas productoras de resina

Empresa	Capacidad de Consumo Toneladas anuales	Inversión Millones de Dólares	Empleos
PETSTAR	67,000	100	600
IMER	25,000	27	200
CPR	25,000	28	200
PET ONE	24,000	25	200
Tecnología de reciclaje	15,000	18	100
Greenpet	15,000	15	100
Envases plásticos del Centro	10,000	10	100
Paktec	5,000	5	50
Morphoplast	30,000	36	300
Allen del Norte	24,000	20	150
Procesadora Tecnológica	5,000	5	50
Pet Performance IPISA	3,000	3	40
Plásticos W/XITO/PETALL	4,000	4	40
Green Mind	45,000	30	200
Indorama	15,000	13	50

Fuente: Elaboración propia con base a datos de ECOCE 2019

La inversión realizada por las empresas es alta, debido a que mucha de la maquinaria debe ser importada. Las estrategias implementadas por aquellas que se asociaron con ECOCE les ha permitido posicionarse en el mercado para, a través de aquella entidad, establecer la conexión entre el acopio y el procesamiento del PET, ya que se invierte aproximadamente 500 millones de pesos en la cobertura de eventos y comunicación, tratando de llegar a un mayor número de agentes económicos que apoyen la recolección y venta de botellas. Otros países reconocen de manera

positiva las actividades realizadas por ECOCE, como son Colombia, Guatemala, Panamá, Costa Rica y Brasil por lo que han buscado el intercambio de información y experiencias. A pesar de esto, ECOCE declara que es de vital importancia el apoyo del gobierno, para realizar reformas en la legislación como para mejorar la infraestructura de recolección de RSU, con el objetivo de incrementar el acopio de botellas PET, entre otros materiales. Por tal motivo es relevante revisar de manera general la legislación con la que cuenta el país.

2.5. Iniciativas en la Ciudad de México

México sigue las recomendaciones establecidas por la mayoría de los acuerdos internacionales, estableciendo diferentes reglamentos y normas de acuerdo con la constitución, ya que se da la debida libertad a los Estados y municipios para gestionar el tema de RSU.

En materia de políticas públicas nacionales se tiene la Ley General de del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente (LGEEPA), la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), el Reglamento de la LGPGIR y las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) publicadas por SEMARNAT, así como la normativa que en específico es publicada por cada organismo estatal y municipal.

Para fines prácticos, la región en la que este trabajo se enfocará es la Ciudad de México. Dentro del marco legislativo, se cuenta con:

- La ley de Residuos Sólidos DF
- Reglamento Ley de Gestión de Residuos Sólidos DF
- Programa de Acción Climática de la Ciudad de México
- Norma NADF 024 Separación de Residuos

Para poder promover el sistema de retorno de residuos, considerando esto como reintegrarlos a la cadena de valor, SEMARNAT y empresas privadas trabajan en conjunto para promover planes de manejo, de tal forma que las empresas se encargan de realizar la separación de los residuos y minimizar su generación, buscando fomentar la responsabilidad compartida (*Ibid*, 2016: 54).

Por otro lado, se estableció el programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) para 2016-2020. Este programa busca establecer un manejo adecuado de los residuos sólidos que se generan, con medidas que involucren los diferentes sectores de la sociedad, haciendo énfasis en la comunicación, capacitación, minimización, separación, aprovechamiento y valorización, a fin de

consolidar la gestión integral de residuos sólidos. Este se unifica con otros ya establecidos por la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA), presentados en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Programa de la CDMX para disminuir residuos sólidos

Programa	Descripción
Reciclación	Jornada periódica donde se acopian residuos eléctricos y electrónicos a través de la participación ciudadana.
Residuos de instituciones médicas asistenciales	Por parte de los generadores obligados a presentar planes de manejo sujetos a LAU DF.
Aceite vegetal usado de cocina	SEDEMA y el sector privado implementan la recolección de aceite vegetal usado.
Neumáticos usados	Se estableció un plan de manejo para este tipo de residuos, garantizando así su adecuada disposición.
Pilas usadas	El programa Ponte Pilas con tu Ciudad, brinda una alternativa ambientalmente adecuada para el manejo y reciclaje de pilas usadas.
Mercado del trueque	Programa de educación ambiental itinerante donde se acopian residuos con potencial de reciclaje, entre otros, intercambiándolos por productos agrícolas locales.

Fuente: Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México 2014, extraído de GIRSS 2016

Las metas establecidas en el programa, que esperan alcanzar al término son:

- Planta de composta con capacidad de 1,000 t/día de residuos biodegradables susceptibles de ser aprovechados.
- Recuperación de residuos inorgánicos con potencial de reciclaje, 3,300 t/día.
- Biodigestión de residuos biodegradables susceptibles de ser aprovechados, 2,500 t/día.
- Valorización energética de residuos inorgánicos de aprovechamiento limitado, 4,100 t/día.
- Procesos de transformación de residuos de cualquiera de las tres fracciones de residuos, 2,100 t/día.

Para alcanzar esas metas se necesita incorporar tecnologías de tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos. Además, se continúa recolectando basura en diferentes días dependiendo su clasificación; capacitar al personal de limpieza y recolecta para que conozcan la normatividad; mayor supervisión y creación de centros de acopio para los residuos con potencial de reciclaje; reorganizar y modernizar el sistema de administración de las estaciones de transferencia; capacitar a las autoridades y técnicos en los sistemas de separación de residuos y modernizar y ampliar la infraestructura y las flotillas de transporte (SEDEMA, 2016).

Conforme a los resultados publicados por SEDEMA²³, los programas establecidos muestran un incremento no constante en su recolección debido a que la participación ciudadana no aumenta ni se han introducido la participación empresarial en ellos. El gobierno ha realizado un esfuerzo por incluir mayor participación de los estudiantes en todos los niveles, estableciendo mecanismos de información, como las campañas establecidas en prescolares y primarias. Por ejemplo, previo a la fecha para el Mercado de trueque, la Dirección de Educación Ambiental de la SEMARNAT se reúne con los Directivos de la escuela con la finalidad de asesorarles en la logística, gestión y operación del evento, posteriormente organiza una Feria Ambiental para explicar la operación del mismo, así como sensibilizar a la comunidad escolar con actividades lúdico-educativas. Sin embargo, esto no ha generado los resultados esperados ya que se aprovecha menos del 10% de los RSU, lo demás queda en vertederos de basura y rellenos sanitarios (SEDEMA, 2018).

La SEDEMA inicia el programa del Recicladrón en 2013, reportando en dicho año una recuperación de 46,392 Kg de la Categoría A, 45,000 Kg de la Categoría B, 194 kg de la Categoría C, 4,094 Kg y de la Categoría D. La introducción de la categoría E inicia en 2016 con una recuperación de 209,187 kg. Para 2019 el programa recaudo 54,883 Kg de la Categoría A, 383 Kg de la Categoría B, 423 kg de la Categoría C, 343 Kg de la Categoría D y 299,281 de la Categoría E, por lo que se observa un crecimiento en la recaudación de los residuos.

Por otro lado, el programa del Mercado del Trueque inicia en 2012, con el objetivo de recaudar diferentes residuos propensos a ser reciclados a cambio de puntos verdes, los cuales funcionan como moneda para adquirir alimentos y productos básicos. La base de datos pública de la SEDEMA no desagrega en 2012 las diferentes categorías de residuos acopiados, es hasta 2013 que reporta la información dividida. Conforme a lo anterior, en el cuadro 9 se muestra el comportamiento del acopio de 2013 y 2019, donde se observa una disminución en la recaudación del PET de 31.53%.

Cuadro 9. Resultados mercado del trueque

Material (Kg)	2013	2019	Variación
Papel	27,247	16,933.00	-37.85%
Tetrapack	14,040.35	14,665.50	4.45%
Cartón	21,212	17,019.00	-19.77%
PET	29,651	20,303.00	-31.53%
Aluminio	1,642.01	2,079.00	26.61%

²³ Para más información revisar el portal de SEDEMA: <http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/datos/biblioteca-detalle/inventario-de-residuos-solidos-de-la-cdmx-2019>.

Lata	2,498	4,236.50	69.60%
Vidrio	31,232	36,636.50	17.30%
HDPE	5,694	4,613.00	-18.98%
Empaques flexibles	N/A	460.3	N/A
Electrónicos	17,644.31	29,012.00	64.43%

Fuente: Elaboración propia con base a la SEDEMA

En el cuadro 10 se muestran las variaciones de la cantidad de PET acopiado año con año, con lo que se observa que la recuperación de este material no ha ido en ascenso, sugiriendo que es necesario informar a la población sobre el beneficio del programa y las consecuencias positivas de recolectar sus residuos PET para transportarlos a las zonas de acopio y así aportar al desarrollo del reciclaje.

Cuadro 10. Resultados del acopio de PET en el programa mercado del Trueque de la CDMX

Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
PET (Kg)	29,651	23,359	19,392	20,708	20,166.00	20,199.00	20,303.00
Variación		-21.2%	-17.0%	6.8%	-2.6%	0.2%	0.5%

Fuente: Elaboración propia con base a la SEDEMA

Los programas del Recicladrón y del Mercado del Trueque fueron suspendidos en 2020 debido a la emergencia sanitaria generada por el virus SARS-CoV2.

Como se observa las políticas públicas y las modificaciones a la legislación vigente son herramientas necesarias para la industria del reciclaje dado que permite incrementar la cantidad de material recuperado y propenso a ser reciclado.

2.6. Iniciativas que impactan en el consumo de plástico

Dentro del Anuario estadístico de ANIPAC, se mencionan las siguientes prohibiciones y proyectos legislativos para regular la producción y consumo de plástico.

- En 2009 entró en vigor en la Ciudad de México la prohibición para el uso de bolsas de plástico y al poliestireno, la cual se expandió en 2010 en ocho entidades del país.
- Durante el periodo legislativo de 2016-2018, en México surgieron un total de 50 Iniciativas e intentos para prohibir, sustituir o reducir el consumo de bolsas de plástico, popotes y PET.
- De aquellas iniciativas seis proyectos han sido aprobados en términos de planes de manejo y programa de producción y consumo Sostenible de los plásticos, y dos fueron aprobados en

términos de prohibición de las bolsas tradicionales, con la salvedad de uso de bolsas reutilizables, con contenido de reciclaje o compostables, como fue para Monterrey y Querétaro.

- El Congreso de la Ciudad de México reformó la Ley de Residuos Sólidos para que, a partir de diciembre de 2020 quede prohibida la distribución y entrega de bolsas de plástico; mientras que, en enero de 2021, se incluyen popotes y cubiertos.

Adicionalmente, se debe mencionar la modificación a diversos artículos del Reglamento de la ley de Gestión de Residuos Sólidos DF para prohibir la comercialización, distribución y entrega de bolsas de plástico desechables.

2.7. Experiencia internacional en el reciclaje de botellas PET

Un ejemplo de éxito en la recuperación de botellas PET es el caso de Finlandia, donde se cuenta con depósitos de recolección de botellas post-consumo, lo cual ha incrementado el uso de resinas recicladas, ya que 93% de las botellas ofrecidas en el mercado son recicladas. Los resultados obtenidos se dan gracias a las estrategias de la UE para implementar la EC, las cuales fueron mencionadas brevemente en el primer capítulo. La industria del reciclaje de PET en este país se encuentra desarrollada a tal punto que los indicadores de los residuos plásticos lo tienen completamente diferenciados del resto de los residuos plásticos debido a que las tasas de recuperación son muy distintas, el resto se encuentra por debajo del 90%. Una de las principales razones que encuentran para este éxito ha sido la cultura empresarial, el compromiso del consumidor y la legislación que propicia la separación y obliga la instalación de contenedores para recuperación de residuos reciclables (Dahlbo, et al, 2017).

Alemania es el país con mejor éxito en temas de reciclaje, en particular el caso del PET. En 1998 se modifica la regulación alemana sobre empaques, exigiendo una cuota mínima de recuperación a las empresas. En junio de 2003 se hizo mandatorio el tener depósitos para las botellas post-consumo, donde las empresas, debido a esto se organizaron para establecer un sistema de reciclaje unificado para recuperar las botellas que tuvieron sus mismos diseños. El objetivo es producir botellas que sean más sencillas de reciclar, además de recuperar algunas que puedan reutilizarse, por lo que en promedio una botella alemana es rellenada hasta 15 veces, esto gracias también a que las empresas consideran eco-diseños (Snell, 2017).

Caroline Orset, Barret y Lemaire (2017) realizan un análisis sobre el impacto de las políticas en los consumidores y productores de diferentes plásticos, incluido el PET, señalando que no existe un consenso sobre la jerarquización del plástico respecto a cuál es el más dañino para el medio ambiente, además, las políticas a elegir dependerán de las prioridades del regulador y las presiones políticas y ambientales a las que se enfrente (p. 26). Por otro lado, Jean-Daniel y Nixon (2014) concluyen que existe una relación directa entre nivel educativo y la propensión al reciclaje, así como la ética y moralidad inculcada en una región ya que éstas pueden tener un gran impacto en la decisión de los sujetos para reciclar o no (p. 8).

2.8. El reciclaje de PET bajo la visión de la Economía Circular

Hasta este punto de la investigación se han revisado los orígenes y principios de la Economía Circular, presentado las consecuencias de los residuos de PET y el comportamiento de la industria, por lo que hasta el momento se puede concluir que el reciclaje de botellas PET permite transitar hacia modelos productivos que permitan la implementación de las recomendaciones de la teoría antes planteada.

Como se menciona en el capítulo primero sección 1.7, para lograr una Economía Circular se deben implementar tres principios, los cuales con el reciclaje de PET se puede ver su eficacia e incluso la necesidad de seguirlos:

- **Diseño eficiente de productos:** en los casos prácticos que se mencionaron, como la recuperación de botellas en Alemania, se hace hincapié en el diseño de botellas que faciliten reutilizarlas o reciclarlas. Para el primer caso el poder tener una forma única para cada productor de botellas y a su vez que estas sean recuperadas por los mismos, permite alargar su vida útil y ahorrar en costos de embotellamiento. En caso de reciclarlas se reintegran en el ciclo de producción formando un sistema restaurador.
- **Diferenciación de materiales:** como se indicó más arriba, el reciclaje también se encarece debido a que por cuestiones comerciales no desean mezclar colores de botellas para el proceso de reciclaje, así que tanto el consumidor como el productor deben concientizarse sobre el poco impacto que tiene el color en la calidad de la botella. Además, se busca incluir un mayor porcentaje de materiales reciclables y disminuir o eliminar aquellos que contaminan la hojuela, como es el caso del pegamento en la etiqueta.

- Uso de energía renovable: se mencionó el ahorro energético que tiene el producir resina reciclada en comparación de resina virgen, pero esto debe acompañarse con otras estrategias como usar energía solar, disminuir uso de agua y tener plantas de tratamiento para aquella que sea requerida.

En el siguiente capítulo se revisará el caso de PETSTAR como recicladora que cierra el ciclo de vida de las botellas al gestionar el acopio, producción de pellets y venta de botellas a su casa matriz.

3. Caso de estudio PETSTAR: un modelo de negocio en busca de integrar la Economía Circular

En la sección 2.4 de la presente, se menciona brevemente las condiciones del reciclaje en México, mientras que en el cuadro 6 se indica que ECOCE localiza 15 empresas recicladoras en el país, por lo que, conforme a las publicaciones de esta misma asociación, desde 2020 en México se logra recuperar al mes más de 35,000 toneladas de envases de PET, prácticamente 6 de cada 10 botellas lanzadas al mercado; así que, siguiendo esta tendencia, al año se reciclan 420,000 toneladas de PET equivalentes 16,800 millones de botellas, que evitan 1,394 toneladas emisiones de CO₂ y ahorran el uso de 1,848,000 barriles de petróleo (ECOCE, 2020).

Asimismo, México se coloca como el país con la mayor tasa de reciclaje de PET en el continente²⁴, teniendo a la planta recicladora más grande del mundo la cual es PETSTAR. Esta junto con IMER, ambas del grupo Coca Cola, logran procesar 85,000 toneladas de PET, equivalente a más de 4,100 millones de botellas al año. Dado que el universo de recicladoras identificadas en el país se reduce a quince, se considera a PETSTAR como un caso de estudio único para analizar las condiciones a las que se enfrenta la industria.

3.1. Metodología de análisis empleada

Díaz de Salas et al. (2011), enuncia que en los diccionarios especializados se define que el estudio de caso es una técnica o instrumento ampliamente utilizado en las ciencias humanas que sirve como una modalidad de investigación. En este sentido, el estudio de caso se refiere al paradigma N=1 que toma al individuo unidad como universo de investigación o lo que es igual, lo que se denomina estudio de caso único.

Por otro lado, Martínez Carazo (2006), menciona que el método de estudio de caso es una herramienta valiosa de investigación, y su mayor fortaleza radica en que a través del mismo se mide y registra la conducta de las personas involucradas en el fenómeno estudiado (p. 167). Este permite investigar fenómenos en los que se busca dar respuesta a cómo y por qué ocurre; estudiar un tema

²⁴ Negocios Imagen (26/marzo/2021). *Avances en el reciclaje en México*. <https://www.youtube.com/watch?v=3q0sh16le1A>

determinado y estudiar el fenómeno desde múltiples perspectivas (Chetty, 1996, citado por Martínez Carazo, 2006)

PETSTAR resulta ser la empresa más representativa sobre la industria del reciclaje de PET, dado que es clasificada como la más grande a nivel mundial dentro de su ramo, por lo que puede considerarse como el estudio de caso que refleja las principales limitantes que enfrenta en la zona de estudio y las herramientas utilizadas para enfrentarlas.

Como principal técnica de recopilación de información se utilizó la entrevista, la cual puede definirse *como la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio, a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto* (Canales, p. 163-165 2006, Díaz-Bravo et al. 2013).

Martínez Carazo (2006) detalla que se requiere la aplicación de distintos instrumentos de recolección de información, tales como: entrevista personal, encuestas por cuestionarios, observación directa, revisión de documentos y de datos estadísticos relacionados con el fenómeno estudiado (p. 186).

Respecto a lo anterior, se elaboró un cuestionario que se muestra como Anexo I de la presente, asimismo, se mantuvo una visita presencial a la planta de PETSTAR ubicada en Toluca, Estado de México, permitiendo recaudar más información sobre el proceso de trabajo y las innovaciones implementadas por la recicladora.

La literatura reconoce tres tipos de entrevistas, estructurada, semiestructura y no estructurada (Días-Bravo et al. 2013). Al respecto, se utiliza una entrevista semiestructurada la cual se define como *más flexibles y se planean de manera tal, que pueden adaptarse a los sujetos y a las condiciones. Los sujetos tienen la libertad de ir más allá de las preguntas y pueden desviarse del plan original* (Ibid, 163).

Adicionalmente, se complementa la recolección de información mediante una revisión hemerográfico y un análisis de los discursos y entrevistas publicadas por diferentes medios de comunicación que se van citando más adelante.

Por último, se indica que el análisis elaborado parte de los objetivos de la EC para identificar las principales estrategias implementadas por PETSTAR, las ventajas competitivas que presenta y como se alinean a los principios de la EC, por lo que se busca aclarar si PETSTAR logra: eliminar

los residuos y contaminantes desde el diseño y fabricación de la botella de PET; reintegrar los materiales de las botellas a la producción; priorizar el uso de recursos renovables y fuentes de energía renovable, modificar el modelo económico lineal; diseñar pensando en el futuro, tanto en la necesidad de los consumidores como en el impacto ecológico; y usar los residuos como recursos.

Cabe recordar que los residuos de PET representan el 2.63% del total de los RSU generados en México, por lo que es necesario fomentar modelos de negocio que permitan su recuperación y reciclaje para disminuir el impacto negativo en el ecosistema.

3.2. El inicio de PETSTAR

Petstar S.A. de C.V. (PETSTAR) tiene sus orígenes con la aparición Avagard México S.A. de C.V. (Avangard) en 1995; esta empresa es creada por Jaime Cámara Creixell, para cubrir la necesidad de insumos demandados por el mercado textil. Después de la crisis de 1994, Jaime Cámara se inclina por el negocio del reciclaje, por lo que el objetivo de Avangard fue acopiar y comercializar plásticos pos-consumo, consiguiendo recuperar 100 mil toneladas (t) al año.

Después de consolidarse en el mercado del reciclaje, parte de Avangard es comprada por Promotora Ambiental (PASA), iniciando el proyecto para constituir PETSTAR en 2006. El interés de formar una empresa dedicada a la fabricación de resina grado alimenticio, es también resultado de la alta competencia del mercado chino, ya que la mayoría de la producción era exportada, por lo que se buscaba que la resina se quedara dentro del país para las embotelladoras (Arteaga, 2016).

Para 2009 la construcción de PETSTAR se finaliza, con una capacidad de reciclar 28,000 t de PET al año obteniendo 22,000 t de resina. Durante ese entonces, Arca Continental (una de las embotelladoras más grande del país) era únicamente cliente, pero para 2011, esta y otras embotelladoras de grupo Coca Cola, se interesaron en comprar la planta, así que es adquirida por un grupo de accionistas conformado de la siguiente manera (PETSTAR, 2017):

- Arca continental embotelladora de Coca Cola 49.9%
- Coca cola México 30%
- Embotelladora del Fuerte 5.04%
- Nayar embotelladora de Coca Cola 1.84%
- Bepensa embotellador de Coca Cola 10.06%
- Corporación Rica embotelladora 2.20%
- Embotelladora de Colima 0.96%

La empresa establece sus estrategias de mercado y los modelos de trabajo, buscando lograr los siguientes objetivos:

- Neutralizar su huella hídrica y de carbono.
- Reducir el consumo de papel.
- No tener fugas de plástico.
- No residuos.

Lo anterior, va traducándose en acciones que siguen los planteamientos de la Economía Circular, ya que integran nuevamente al proceso de producción las botellas de PET que sus socios accionistas van arrojando al mercado, logrando en 2015 que el 35% del plástico que forma una botella de grupo Coca Cola proviene de resina reciclada.

3.3. Las fusiones y adquisiciones de la empresa para ganar

Antes de abordar el análisis de la empresa bajo la visión de Economía Circular, no se debe ignorar la filosofía a la que hace referencia PETSTAR ya que, dentro de sus informes publicados en su página electrónica²⁵, indica que tiene una filosofía de sustentabilidad. Se menciona la integración que hace entre la esfera social, económica y ambiental, siendo uno de los objetivos del Desarrollo Sostenible, por lo que PETSTAR debe utilizar las capacidades con las que cuenta para fomentar prácticas que disminuyan el impacto ambiental de la industria del empaque y embalaje, pero sin dejar de satisfacer las necesidades humanas actuales ni comprometer el crecimiento de su empresa o sus socios. Es por eso, que el comportamiento de la rentabilidad del negocio no deja de ser una prioridad ni el objetivo final de los accionistas.

Como se mencionó en el primer capítulo, la Economía Circular es en parte una evolución de la visión de sustentabilidad, por lo que, considerando el contexto histórico en el que se encuentra la industria del plástico, cómo la reforma aprobada a la Ley de Residuos Sólidos para prohibir la comercialización, distribución y entrega de productos con plástico de un solo uso, esta debe pasar a un modelo de negocio que mejore las prácticas de reutilización y reciclaje, para lograr entablar nuevos canales de comunicación con los consumidores. En caso de mantener la tendencia actual de diseñar políticas y campañas en contra del consumo de plástico, se dará la desaparición de pequeñas empresas que no tengan el capital necesario para transformarse y la creación de nuevas que

²⁵ Los informes se pueden descargar de la siguiente liga: <https://www.petstar.mx/petstar/sustentabilidad/>

produzcan sustitutos, así como el fortalecimiento de aquellas que tengan mejor capacidad de adaptación.

Una de las desventajas con las que se enfrentó Avangard, antes de ser absorbida por grupo Coca Cola fue la imposibilidad de crecimiento; al encontrarse enfocada en el reciclaje de PET para producir hojuelas como insumo de fabricación de textiles, la competencia era más complicada, el mercado chino estaba en ascenso y debido a eso la mayoría de las recicladoras mexicanas deseaban exportar su mercancía. En este punto, la empresa no tenía las capacidades ni las ventajas para abarcar mayor mercado y desarrollar innovaciones que la llevaran a expandirse, así que se fusiona con otra recicladora de capital extranjero.

Con esa fusión, la estrategia de la empresa cambia, ya no se dedica a la producción de resinas para textiles, sino que se enfoca a observar un punto del mercado desatendido que era la elaboración de resina con grado alimenticio. Como también lo indican Penrose, la empresa respondió con un cambio estratégico a las oportunidades que ofrecía el ambiente de su negocio.

Jaime Cámara fundador y director actual de PETSTAR, en una entrevista a *Eterpreneur* en 2016²⁶ indica que una de las razones por la que se decide vender la recicladora es que, a pesar de ser una empresa rentable y bien posicionada en el mercado, no tenía la capacidad para atender la demanda. Al ser adquirida por las embotelladoras de Coca Cola, permite tener un proceso de expansión y crecimiento, lo cual, ayuda a reducir costos en la producción de las botellas de PET, cumpliendo lo que indicaba Penrose, la empresa tiene mayor valor para el adquirente que para los accionistas.

Bajo la visión de la EC, la interconexión de diferentes eslabones de la cadena de valor permite el desarrollo de diseños ecológicos en los productos, modelos de gestión y mercado donde el resto de los agentes, como los consumidores, sean más activos, así como una reducción en los costos por la adquisición de materia prima. Al formar parte de grupo Coca Cola, se inyecta el suficiente capital para enfrentar los límites y riesgos que el cambio en el modelo de negocio requiere, dando un mayor beneficio a los accionistas.

Se buscó expandir la planta trayendo tecnología alemana, suiza e italiana para aumentar la capacidad de acopio y transformación de PET. En 2013 la planta cuenta con una capacidad de reciclaje de 65,000 t de plástico, para convertirlo en 50,000 t de resina grado alimenticio; significando que con

²⁶ Arteaga José (2016, 22 de septiembre). El mexicano que construyó la recicladora más importante en el mundo. *ENTREPRENEUR*. Recuperado de: <https://www.entrepreneur.com/article/282771>

esta expansión se logra duplicar la productividad de la empresa. Cabe destacar en este punto que lo que no se transforma en resina para botellas, se vende a otras empresas que utilizan PET para producir, textiles, joyería, envases plásticos no alimenticios, entre otros (PETSTAR, 2017: 16).

Con la expansión mencionada, PETSTAR logra posicionarse como la empresa de reciclaje grado alimenticio más grande del mundo, avalado por la firma de Reino Unido PCI PET Packaging Resin and Recycling, Ltd., por lo que para 2014 se reconoce a las embotelladoras del grupo accionario, la incorporación del 25% al 35% de resina reciclada dentro del proceso de producción de nuevas botellas (Ibid: 17).

Una de las limitantes que encuentra la EC para lograr los objetivos planteados, es la dispersión geográfica. En un mundo globalizado, un grupo tan grande como Coca Cola tiene presencia mundial, por lo que la adquisición de embotelladoras en diferentes regiones es una estrategia para reducir costos. Al adquirir PETSTAR, asegura el suministro de materia prima para la producción del empaque de su mercancía y un mayor control en el ciclo de vida de las botellas que arroja al mercado. Además, al usar las hojuelas de PET que no son de grado alimenticio, reproduce su capital en industrias distintas a la alimentaria. Lo anterior, se alinea a los resultados publicados por Gaullad (2006), mencionados en el primer capítulo.

3.4. PETSTAR como un referente del mercado de reciclaje

En una entrevista semi-estructurada realizada a la Gerente de Comunicación, Mónica Salinas Esquivel, se busca identificar las barreras de mercado y organizacionales a los que se enfrenta PETSTAR así como las fuentes de innovación y principales gastos en el proceso de producción. Lo anterior, para relacionar el comportamiento de la empresa con los resultados que busca la Economía Circular.

De acuerdo con las respuestas proporcionadas por la representante de la empresa, la etapa que absorbe un mayor porcentaje de costos y gastos es el acopio, sin considerar la transformación de la botella y el mantenimiento del sistema y maquinaria, ya que al ser un proceso químico y de tecnología italiana, suiza y alemana, es la inversión más grande. Se indica que el traslado de los envases a la planta recicladora requiere el 2.8% del total de los costos, por eso el acopio representa un reto para la producción.

Otro gasto para PETSTAR que les ha permitido enfrentar las limitaciones del acopio, son los programas sociales que los acercan a los recicladores base como son el programa de CEDIC y MAYAMA los cuales apoyan a los hijos e hijas de los pepenadores para mantener sus estudios. Dentro del informe de sustentabilidad (2018) se indica que 694 han sido beneficios, en Guadalajara a través de una alianza con MAYAMA se realizó una inversión de \$3,360,000, mientras que el programa CEDIC está enfocado a la nutrición y educación de niños y adolescentes de las regiones de Chimalhuacán y Nezahualcóyotl con una inversión de \$2,000,000. En conjunto se buscó invertir mínimo el 1% de la utilidad bruta que la empresa generó en 2018.

En términos de innovación, tanto tecnológica como organizacional, la investigación interna y el desarrollo de estrategias de personal interno (recomendaciones, retroalimentación, atención a los procesos), son las principales fuentes de innovación, siguiendo la oferta de insumos de maquinaria y equipo de los proveedores, ya que, la tecnología necesaria no proviene de México ni de alguna subsidiaria del grupo, por lo que se encuentran sujetos a las mejoras del mercado.

Referente a los motivos para realizar innovaciones primero consideran optimizar los procesos para aumentar la productividad, posteriormente como la relación con los clientes impacta para mejorar los precios de mercado, por lo que la reducción de costos es el tercer motivo para innovar, por último, se tiene la mejora del producto. Esta jerarquización resulta interesante ya que se observa la importancia de obtener mayor ganancia y participación del mercado mediante el precio, al buscar la reducción de costos antes que aumentar la calidad del producto.

Siguiendo esa línea, la búsqueda de garantizar la rentabilidad esperada del proyecto, es el principal factor al momento de elaborar las estrategias de inversión, indicándonos que la EC debe garantizar una rentabilidad lo suficientemente alta para que los inversionistas sigan interesados en mantener aquellos modelos de negocio. Como factores externos, se encuentran el crecimiento del mercado, lo que les permite realizar una mayor cantidad de mercancías y las políticas públicas de las cuales pueden apoyarse para realizar los proyectos.

3.5. Identificando las barreras de la introducción a la EC

Una clasificación de los recursos con los que cuenta PETSTAR, puede ser la siguiente:

Capital físico. - PETSTAR cuenta con la infraestructura para realizar toda la cadena productiva para reciclar una botella de PET. Tiene sus propios centros de acopio, el transporte que lleva el material

recibido hasta la planta ubicada en Toluca, Estado de México, tecnología extranjera actualizada que le permite mantener una productividad alta y eficiente, además gracias a que también pertenece a Coca Cola México, cuenta con los canales de comunicación para llevar su producto y subproductos²⁷ a los clientes objetivo.

Las plantas de acopio con las que opera PETSTAR se encuentran distribuidas en distintos Estados, contando con una en Toluca, Mérida, San Luís Potosí, Acapulco, Monterrey, Xalostoc, Guadalajara y la CDMX. A través de estas entabla relaciones con diferentes recolectores que compran los residuos PET a individuos como los pepenadores o alguna persona que recolecte a menor escala las botellas. Posteriormente, con el transporte particular de PETSTAR se recolectan los residuos y son transportados a las plantas de acopio para su inspección, de tal forma que puedan separar las botellas útiles para el reciclaje grado alimenticio, de aquellas que pueden ser utilizadas como subproductos.

La infraestructura de PETSTAR cobra relevancia dado que permite conocer las condiciones con las que una empresa debe contar para implementar los principios de EC. Al visitar la planta recicladora de PETSTAR, la cual se encuentra abierta al público, es posible conocer el proceso del reciclaje de las botellas PET, ya que cuentan con la maquinaria y los almacenes para la elaboración de la resina grado alimenticio, lo cual es el objetivo de la empresa; sin embargo, es imprescindible para PETSTAR contar con el financiamiento necesario que permita recolectar y transportar los residuos.

Una barrera identificada por la EC es la infraestructura limitada y las capacidades inversas, sin embargo, PETSTAR la enfrenta a través de la formación de la cadena productiva descrita. El problema del transporte y acopio, uno de los principales costos en la industria del reciclaje, lo resuelve mediante subsidiarias de grupo Coca Cola encargadas en de recolectar desechos y transportarlos a la planta recicladora desde Estados alejados, por lo que estas absorben parte de los gastos. Al tener diferentes empresas en las distintas etapas del proceso, se observa parte de las recomendaciones del Foro Económico Mundial, quien propone la configuración de redes inversas descritas en el primer capítulo.

Llevando esas condiciones a una escala mayor se percibe la dificultad de recolectar los residuos PET generados en la CDMX si no se cuenta con los vehículos adecuados para recibir los residuos separados, así como con centros de almacenaje y plantas de valorización que permitan recolectar y

²⁷ Los subproductos son aquellos residuos que transforma que no son utilizados para las hojuelas pellets grado alimenticio, esto puede ser plásticos diferentes al PET, cartón, alambre, etc.

mantener la calidad de los residuos con la intención de abaratar costos de producción y atraer a los capitales necesarios para incrementar las plantas recicladoras, de tal forma que se disminuya la acumulación de residuos PET y se favorezca la demanda de resina reciclada.

La fuerza de trabajo. - Es uno de los principales recursos de PETSTAR. Directamente genera 300 empleos dentro del proceso productivo, pero en el área administrativa y gerencial tiene 1000 empleados, los cuales se encargan de realizar una gran labor de organización para mantener una constante entrada de insumos. Por otro lado, gracias a las estrategias de organización establecidas, cuenta con el trabajo indirecto de 24 mil pepenadores, lo cual es clave para la industria del reciclaje.

El modelo de Economía Circular precisa la introducción de cambios en toda la cadena de producción, tanto de organización como tecnológicos. PETSTAR tiene la tecnología necesaria para obtener altos niveles de productividad (en el tercer capítulo se señaló la cantidad de pellet que produce al año frente a otras competidoras), además, cuenta con un modelo de gestión que le permite mantener la entrada de insumos constantemente, al contemplar los 24 mil pepenadores dentro de sus trabajadores, aunque sea de manera indirecta.

Consumidor final. - La estructura de la empresa permite que no deba enfocarse en conseguir y mantener a los clientes de su producto principal, debido a que todo lo fabricado es vendido a sus socios accionistas.

Los sistemas de coordinación, planeación y control son innovadores y poco imitados, debido a que ha desarrollado planes de trabajo con los acopiadores que facilitan la recolección del PET.

Retomando la recomendación elaborada por el Foro Económico Mundial de establecer un sistema a escala, se observa que grupo Coca Cola lo sigue, proporciona la misma sofisticación a la red inversa (PETSTAR) que, a la red de suministro directa, en este caso el producto que ofrece a los consumidores finales, las bebidas. Tiene un sistema donde se trabaja en las diferentes etapas, cerrando eficientemente el ciclo de los residuos sólidos de la mercancía ofrecida al público general; de tal forma, que logra desarrollar una empresa recicladora hasta convertirla en la más grande del mundo.

Otra barrera que identifica la Economía Circular es la participación conjunta de los diferentes agentes económicos, por lo que PETSAR indica que se reconocen los esfuerzos que se han realizado en la CDMX, como es la implementación de programas para la recuperación y separación de residuos (mencionados en el capítulo anterior), sin embargo, menciona que hace falta una mayor

legislación para incentivar la industria del reciclaje, así como promover y gestionar la separación de los residuos y su correcta disposición final. Los principales retos para PETSTAR es la falta de educación de los consumidores en la gestión de los RSU para el reciclaje de estos y la inadecuada infraestructura para la recolección y división de los diferentes materiales que componen los RSU, por lo que para ellos es importante actuar con responsabilidad compartida entre las autoridades, empresas, gobierno y sociedad buscando impulsar la industria del reciclaje.

3.6. Las ventajas y capacidades en el proceso de reciclaje

De acuerdo con la información proporcionada por la empresa, PETSTAR logra recuperar hasta el 70% de los envases que sus socios accionistas depositan en el mercado, esto significa que reciben alrededor de 40 pacas de 9 a 12 mil envases diarios. Para lograr esto se han implementado programas sociales que ayuden a mejorar la comunicación entre la empresa y los pepenadores. En primer lugar, PETSTAR los denomina Socios Acopiadores, debido a que ejercen un esquema de Acopio Inclusivo, buscando integrar a diferentes sectores para volver más eficiente la recuperación de PET.

Un socio acopiador, de acuerdo con los lineamientos de esta empresa, puede ser un pepenador urbano, un pepenador de basurero, el recolector o el consumidor final de la botella.

Toda la infraestructura para el acopio es de PETSTAR, por lo que también es importante para ellos los lazos que han generado con algunas asociaciones para lograr una mejor recuperación de este desecho, como es el realizado con el Centro Holístico de Capacitación, Dibujando un mañana, Comedor santa María y Hope. A través de ese trabajo, logra integrar a los pepenadores, a sus hijos y algunas comunidades indígenas dentro de los beneficios que arroja la industria del reciclaje. Tal parece que la intención de PETSTAR es dar certidumbre a los recolectores de PET dentro de la cadena de valor, brindando servicios con organizaciones altruistas, eliminando a los intermediarios y, de acuerdo con sus palabras, respetando los precios que los pepenadores establecen.

PETSTAR estableció ocho plantas de acopio ubicadas en Guadalajara, San Luis Potosí, Querétaro, San Pedro Xalostoc, Toluca, Acapulco y Mérida. Todos estos centros llevan lo recolectado a la planta PETSTAR.

Antes de llevar las pacas, que en general pesan media tonelada, a los centros de acopio, se evalúa y separa el plástico obtenido, ya que pueden entregarles diferente tipo, como Poliestireno o Polietileno

de alta densidad. También deben hacer una identificación de los colores de las botellas, ya que se buscan aquellas que no estén teñidas.

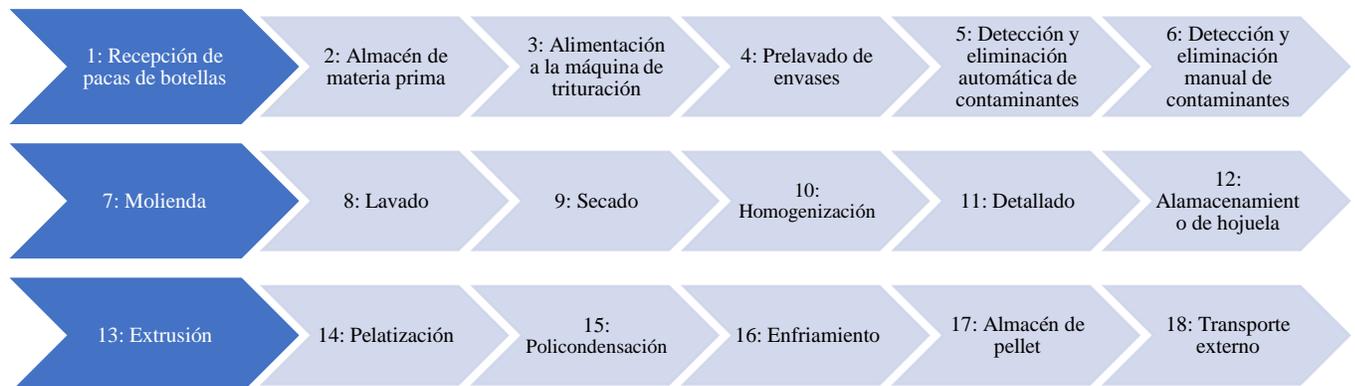
Esta selección es un proceso largo, aunque desde la etapa de acopio se intenta llevar las pacas a PETSTAR con las botellas separadas, es difícil por la cantidad que se maneja, además la tecnología que utiliza para el reciclaje permite arrojar el PET triturado con las condiciones que requiere su producción.

Después de seleccionar el material y clasificarlo, se compacta y se forman las pacas que son transportadas para el almacenaje y transformación dentro de la planta recicladora. En la visita realizada a la empresa, atendida por Anahí Martínez, se aclaró que, por controles de calidad y marketing, las botellas de los productos Coca Cola no pueden ser totalmente producidas con resina reciclada, debido a que el color de la botella se torna más oscuro, lo cual puede afectar negativamente la reacción del consumidor ante ciertos productos.

Para disminuir el color del pellet, dentro de la primera parte del proceso se separan las botellas que no son transparentes o azuladas, además de tener un centro de investigación y alto control de calidad para obtener una hojuela lo más translúcida posible.

Una vez que las botellas se encuentran en la planta recicladora, se distinguen 18 procesos, enumerados en la figura 7, desde la llegada hasta la salida del nuevo material. A saber:

Figura 7. Proceso de reciclaje en Petsart



Dentro de esta cadena, la mayor innovación de la empresa se encuentra en los procesos que van del 13 al 15, debido a que es ahí donde el plástico es transformado químicamente para lograr una hojuela de mayor calidad que la de sus competidores. No se tuvo acceso a este procedimiento, pero se sabe

que su centro de investigación hace análisis para lograr mejorar el proceso y tener una resina más limpia y transparente, de esta forma garantizan que sus clientes puedan usar la mayor cantidad de producto en la elaboración de nuevas botellas.

Teniendo en cuenta, la descripción y condiciones anteriores, se debe identificar las dinámicas de la empresa. Considerando que, en la industria del reciclaje un problema es el abastecimiento de la materia prima, debido a las condiciones en la que se encuentra la gestión de los residuos sólidos urbanos en México y el desafío que representa la informalidad y los vicios del sistema de recolección de los pepenadores es de vital importancia para una empresa garantizar la continuidad de entrada de materia prima a costos accesibles.

Como se menciona más arriba, PETSTAR no corre el riesgo de perder a los clientes debido a que son sus accionistas, aunque su sobrevivencia sigue estando en manos de sus ventajas competitivas y capacidades, es de suma importancia la forma en que deben recolectar las botellas de PET.

La capacidad de PETSTAR cae en la estructura implementada por el programa de Acopio Inclusivo, debido a que la organización que presenta le permite acaparar más del 20% de lo que se recupera de PET en el país, con esto garantiza que la producción aumente y se vuelve más eficiente al también proporcionar capacitación a todo el personal involucrado en la recolección.

Bajo las estrategias elaboradas de PETSTAR los resultados entran en lo descrito por la EC, al modificar el modelo de negocio para desarrollar aquel en que se facilita el acceso a los productos, la recuperación de los residuos, la integración de estos en la cadena productiva, el incremento de vida útil, la recuperación del subproducto para maximizar los ingresos, además de enfrentar y superar la mezcla de materiales que se da cuando se valorizan los RSU, lo cual funciona como estrategia para atraer más recolectores base.

Cuando PETSTAR es vendida y adquirida por Coca Cola México, el fundador de la empresa se mantiene al frente de ella, lo cual permite tener la capacidad desarrollada por la dirección y gerencia en los papeles de coordinación, aprendizaje y reconfiguración, aspecto central en una industria donde los trabajadores son básicos para el buen desempeño de la producción.

Las condiciones en las que se encontraba la industria en ese tiempo y espacios específicos no son imitables, PETSTAR adquiere una capacidad única al lograr introducirse en la gestión, tanto normativa, ya que también son cabeza de la industria cuando se discuten cambios y

recomendaciones legales (PETSTAR, 2017) y la cuestión práctica y de investigación al formar parte del comité ejecutivo de la Asociación Nacional de la Industria del Plástico (ANIPAC) y ECOCE.

Al ser parte de los agentes tomadores de decisiones dentro de la industria del reciclaje y producción de plástico, hace partícipe al Estado dentro de las estrategias presentes y futuras para la industria y la implementación de la Economía Circular, ya que un gremio puede fomentar iniciativas favorecedoras o entablar mesas de diálogo para la participación conjunta de estos dos agentes.

Además, la innovación que tiene en la incorporación de los trabajadores informales le brinda una ventaja frente a sus competidores directos e indirectos, debido que al manejar un precio atractivo para la compra de residuos PET y apoyar programas enfocados en el bienestar familiar y económico, logra interesar a los recolectores en la separación y venta de PET, frente a otros materiales reciclables.

La sobrevivencia en el mercado se garantiza con las relaciones que tiene con otras instituciones y organizaciones, además de los recursos financieros que cuenta por ser parte de la cadena productiva de Coca Cola, lo cual permite que su estructura organizacional pueda generar pérdidas a cambio de mantener el abasto continuo de material. Otro aspecto importante es la reputación que ha creado la empresa, avalando al personal de acopio precios competitivos y aceptando cualquier tipo de botellas de plástico (no todas están hechas de PET o son del color adecuado, pero como la tecnología utilizada por PETSTAR permite la fácil separación para obtener subproductos, se acepta la recolección de ellas). Por último, no exista un equivalente que lo sustituya debido a que no es únicamente el personal a la cabeza de la empresa o ese tipo de estructura en específico, es el conjunto de acciones y relaciones formadas a través del tiempo lo que da una ventaja frente a los competidores.

Dentro de la estructura de la organización de Coca Cola, PETSTAR garantiza su continuidad gracias que mantiene y desarrolla métodos que proporcionan un producto adecuado a las necesidades del cliente final de la botella, debe conseguir una hojuela de pellet lo más limpia y transparente posible y mantener una producción acorde a la definición de desarrollo Sostenible (PETSTAR, 2017). Esto sería una ventaja competitiva debido a que le permite ser la empresa más grande en el mundo de reciclaje de PET grado alimenticio y que sus clientes incorporaran una mayor cantidad de resina reciclada en la producción, garantizando la compra de ella.

Otra estrategia elaborada por grupo Coca Cola y que beneficia el desarrollo de PETSTAR, es la firma del Acuerdo Global de la Nueva Economía del Plástico, la cual busca eliminar los residuos, innovar en el modelo de negocio e introducir la Economía Circular en la industria.

La estrategia parece ambiciosa, pero fomenta un vínculo importante con el consumidor ya que, mediante campañas publicitarias solicita su participación para la separación y recuperación de residuos volviéndolo un agente activo al efectuar los principios de la Economía Circular. Por otra parte, busca atraer y perpetuar el lazo con los consumidores finales al ser partícipe de las demandas sociales sobre la disminución del impacto ecológico de las actividades económicas, dando a notar su compromiso por lograr los objetivos del Desarrollo Sostenible.

Como se mencionó en los capítulos anteriores, la interconexión de los tres agentes en la problemática de la acumulación de los RSU, es vital para elaborar estrategias de gestión y recuperación que cuiden la integración de la esfera social, económica y ambiental; PETSTAR demuestra que un modelo de negocio bajo la teoría de la Economía Circular incluyendo a los otros dos agentes, es posible considerando que el desarrollo tecnológico, organizacional y financiero, son elementos claves para la continuidad dentro del mercado.

3.7. La Economía Circular con PETSTAR

Con la información disponible de la empresa analizada, se observa que PETSTAR utiliza las recomendaciones de la Economía Circular para desarrollar y mantener el reciclaje de botellas PET. Su productividad ha aumentado considerablemente desde sus inicios, ya que duplicó su producción desde la adquisición de la empresa por las embotelladoras de Coca Cola.

En la industria del reciclaje no es suficiente la introducción de tecnología moderna y diferente a la de los competidores, es de vital importancia mantener relaciones sociales con los sectores de la población económica que tienen un primer contacto con los desechos para poder revalorizarlos. A mi consideración, este es el punto central del éxito de PETSTAR, como es mencionado por los autores revisados, la tecnología puede ser imitada rápidamente, sobre todo la obtenida por la empresa, ya que no fue desarrollada por ella misma, si no que fue adquirida en el mercado. Así se demuestra que el peso de la generación de conocimiento e innovación recae en trabajadores, la gerencia, el conocimiento interno de la empresa y el externo al tener tanto contacto con las principales organizaciones que son parte de la gestión de los residuos sólidos urbanos, además de la estructura implementada para desarrollar una fuerte relación con los recolectores base.

La Economía Circular se volvió parte de la filosofía central de PETSTAR, impulsado en gran medida por la iniciativa que lanzó Coca Cola para la recuperación de sus botellas al poner como meta tener cero residuos, cambiando así el proceso y enfoque de embalaje, por lo que las recicladoras del grupo se vuelven claves para concretar los objetivos.

El desarrollo de un mercado para la recuperación de las botellas se fortalecerá al incluir la participación del consumidor, por lo que las campañas publicitarias lanzadas por la empresa matriz se han enfocado en la concientización y participación de la población, indicando la parte de responsabilidad que les podría corresponder. De acuerdo con datos de Coca Cola, durante 2017 se vendieron alrededor de 128 mil millones de botellas PET en el mundo, sin embargo, el reciclar la totalidad de estos requiere de un trabajo en conjunto con los demás actores, ya que con su iniciativa busca participar en la infraestructura de recolección y reciclaje existente o desarrollar nueva.

La estrategia de Coca Cola y por lo tanto de PETSTAR se alinea a los principios de la RSE. Para demostrar su compromiso con el medio ambiente y los actores sociales que trabajan directa e indirectamente realiza varias actividades con la finalidad de tener un impacto positivo sobre los stakeholders y el resto de la comunidad. Como se menciona más arriba, tiene vínculos con varias asociaciones sin fines de lucro que se encargan de llevar mejores condiciones de vida para el sector de los trabajadores más vulnerables dentro de su cadena de producción.

Cuenta con un museo auditorio cuya fuente de energía son paneles solares y generadores de energía eólica, el cual se construyó con el objetivo de informar y educar a todos los sectores de la sociedad para que puedan concientizarse sobre el problema de la acumulación del plástico y los beneficios que trae el realizar prácticas sencillas como son la separación de residuos y la forma en que se debe dar la disposición final de las botellas de PET. Asimismo, plantó un pequeño jardín ubicado en la azotea que es utilizado como captador de agua.

Las prácticas establecidas en PETSTAR no son obligatorias dentro del marco legal establecido en México, sin embargo, las realizan para cumplir con las recomendaciones hechas por la EC. Además, como se indicaba esta forma de negocio no les proporciona únicamente ventajas económicas, sino también ventajas en el mercado gracias a la labor de marketing, que busca informar sobre las actividades positivas de la planta sobre el medio ambiente y la sociedad.

4. Conclusiones y recomendaciones

La presente tesis ha permitido analizar las posibilidades de adoptar los principios de la Economía Circular por parte de las empresas, consumidores y Estado. Como se menciona en el primer capítulo, teóricamente la EC establece principios para buscar garantizar la recuperación de los residuos y reintegrarlos en el modelo productivo; sin embargo, en la práctica se observan barreras para cambiar el paradigma con el que trabajan los agentes económicos, la principal que se identifica es el modo de organización que no permite cambios en la producción por el impacto negativo que podrían tener en la concretización de la ganancia. Se acepta la hipótesis planteada dado que, la CDMX ha implementado el programa del Mercado del Trueque para incrementar el acopio de residuos PET fomentando el reciclaje del mismo, las cuales se unen a las iniciativas de organizaciones como ECOCE y de PETSTAR para fomentar la recuperación de botellas de PET y reintegrarlas al sistema productivo, con lo cual se ha logrado que México se posicione como un país con altas tasas de recuperación de plástico PET para ser reciclado, por encima de Canadá y EEUU. A continuación, se enlistan una serie de conclusiones derivadas de los capítulos presentados.

Conclusiones

La primera conclusión planteada es que la gestión de los RSU se complica al intentar pasar de un modelo lineal donde únicamente se dispone de los recursos para transformarlos en una nueva mercancía que al momento de ser vendida termina la responsabilidad e interés del productor, para adoptar un modelo circular donde se tenga que cambiar los canales de compra y distribución para añadir el proceso de recuperación de residuos. Las empresas posiblemente no estén dispuestas hacer estas modificaciones dado que no hay garantía de mantener sus mercancías dentro del mercado a un nivel competitivo.

Asimismo, se concluye que el reciclaje de PET es una actividad viable que puede llevarse a cabo siguiendo los principios de la Economía Circular, debido al crecimiento del mercado y la demanda de pellet reciclado, así como por la diversidad de mercancías que pueden producirse con PET reciclado, desde nuevas botellas hasta textiles. Sin embargo, en la CDMX se observa con los datos proporcionados del mercado del trueque, que la participación del consumidor en la recolección y separación de PET no va en ascenso al comparar lo reunido en 2013 a 2019, pero conforme a datos

de la SEDEMA sobre la gestión de RSU, existe la práctica de acopio de PET dado que su tasa de recuperación está por arriba del 50%.

La siguiente conclusión es que los canales de comunicación con el Estado y los consumidores no se encuentran plenamente desarrollados. El gobierno de la CDMX ha establecido programas y políticas para incrementar las tasas de recuperación de PET, sin embargo, los datos reportados por la SEDEMA señalan que únicamente a los eventos del Mercado del Trueque se tuvo al 0.52% de la participación ciudadana. Esto sugiere que el interés de la población aún es bajo en cuanto a los mecanismos de recolección y separación de PET. Los resultados de los programas de reducción de los RSU también se ven limitados debido a que, al término del periodo de gobierno se corre el riesgo de perder la continuidad de los programas por la modificación de los mecanismos y objetivos planteados durante el sexenio.

La implementación de la Economía Circular para la industria del reciclaje de PET se ha posicionado como el objetivo principal para incrementar los beneficios ambientales y económicos, tanto en la CDMX como en otros países. En 2020, comienza la cooperación internacional entre la CDMX y Finlandia con la iniciativa de “Reto CDMX”, donde se busca generar conciencia sobre la problemática de los RSU mediante la EC, por lo que se observa que el gobierno de la ciudad reconoce como una herramienta positiva la implementación de esta corriente. Además, las tasas de recuperación y reciclaje de PET del país han incrementado como lo reporta ECOCE, que junto con las empresas recicladoras como PETSTAR, han impulsado proyectos basados en las recomendaciones de la EC, logrando posicionar a México como país líder en el acopio y reciclaje de PET dentro del continente. Lo anterior, se unifica con el objetivo 11 “Ciudades y comunidades sostenibles” y 12 “Producción y consumo responsable” de los Objetivos de desarrollo sostenible, por lo que lograr implementar a nivel macroeconómico los principios de la EC es el primer reto que enfrentan los Estados.

Por último, se concluye que la experiencia de PETSTAR como miembro fundador y participando activamente en organizaciones y campañas de reciclaje, demuestra que puede existir el interés y la inversión para disminuir el impacto de los residuos de PET e introducir el modelo de Economía Circular, pero si no se cuenta con la infraestructura necesaria para la recolección, así como la cultura y educación de la ciudadanía, los costos se encarecen y las tasas de recolección de material reciclado crecen lentamente, a pesar que el consumo de botellas PET va en ascenso.

Mediante el ejemplo de PETSTAR, se concluye que es complicado de replicar, dado que su crecimiento tiene el apoyo de grupo Coca Cola, consorcio que cuenta con los recursos necesarios (económicos, humanos y ambientales) para transformar las cadenas de producción, además, que busca como objetivo empresarial el reconocimiento de la implementación de la Economía Circular en su esquema de negocio, por lo que, las limitantes que puede enfrentar PETSATAR como falta de capital, pérdidas por la adopción de nuevos mecanismos, incremento en los costos de transporte y falta de mercado para la venta de su mercancía, se ven disminuidas por el soporte financiero que el grupo en general puede aportarle.

Recomendaciones

1.- Mediante los principios de la Economía Circular, dentro de la Ciudad de México se puede fomentar la separación de los residuos de PET, buscando educar a los ciudadanos sobre la correcta separación de los residuos, lo cual debe estar acompañado con un cambio en la infraestructura de recolección y disposición final de los desechos, de tal forma que se potencialicen y complementen los resultados de los programas de reciclaje que han impulsado en los últimos años para que una mayor cantidad de hogares participe.

2.- El consumidor puede incrementar su interés y nivel de participación en la correcta separación de los RSU, para recuperar una mayor cantidad de PET y de otros materiales, mediante incentivos materiales como descuento en el precio de venta o canjear cierta cantidad de botellas por un nuevo producto. Adicionalmente, se debe informar mediante campañas publicitarias al consumidor que el color o transparencia del plástico no compromete la calidad del producto. Es importante que las empresas no busquen incrementar la inversión en el empaque bajo la justificación de la recepción que puede tener el consumidor. En el caso de las botellas PET para las bebidas, personal de PETSTAR indicaba que la claridad del plástico era relevante por cuestiones de marketing.

3.- Al ser las empresas generadoras de empleo y desarrolladoras de tecnología, los esquemas de organización deben modificarse para tener otra fuente de materia prima que se irá abaratando entre mayor sea la cantidad de residuos recuperados, como lo demuestra PETSTAR. En un principio se enfoca en el reciclaje de plástico para textiles, pero fue absorbida por un capital mayor volviéndose tan rentable que se convirtió en la empresa de reciclaje grado alimenticio más grande del mundo.

Este caso de éxito se vuelve un antecedente para otras industrias y para otras empresas, fomentando así el reciclaje de otros materiales e invitando a los consumidores a participar en las campañas de recuperación hasta convertirse en hábitos constantes.

4.- El gobierno de la CDMX debe trabajar en conjunto con las empresas para incrementar la tasa de recuperación de residuos PET y fomentar la inversión de empresas recicladoras, absorbiendo en conjunto los principales costos de transporte y acopio, estableciendo mesas de trabajo con los representantes de la industria para establecer programas a largo plazo de recolección y almacenamiento de PET, así como campañas publicitarias que informen al consumidor sobre las consecuencias negativas de la acumulación de este tipo de desechos. Asimismo, se debe buscar apoyar a los recolectores de basura proporcionándoles herramientas y capacitación adecuada para el manejo de estos residuos, aunque la formación de grupos de poder y el interés político que existe en ese sector, dificulta la organización colectiva para enfrentar el problema²⁸.

5.- Por último, se debe destacar el ecodiseño; la iniciativa implementada en Alemania de recuperación de botellas PET para ser reutilizadas; debería ser un objetivo de todos los agentes productores, ya que existen muchas mercancías que tienen diseños específicos y marcas identificables por el consumidor, pero que no cuentan con programas de recuperación. Implementar esta acción significaría un mayor ahorro en recursos y energía, por ese motivo es la primera recomendación para el manejo de los RSU por parte del PNUMA y mediante la visión de la Economía Circular. Las botellas de plástico tienen la cualidad de mantener su forma y ser resistentes a diferentes temperaturas, así como ser de fácil traslado, por lo que su reutilización no compromete la calidad del empaque para la venta de otras mercancías.

²⁸ Estos elementos no fueron revisados en esta investigación, pero para más información se recomienda la siguiente lectura: José Juan Cervantes Niño y Lylia Palacios Hernández. (enero 2012). El trabajo en la pepeña informal en México: nuevas realidades, nuevas desigualdades. Estudios Demográficos y Urbanos, 27, 95-117.

5. Anexo I

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO DE ECONOMÍA FACULTAD DE ECONOMÍA

Nombre de la Empresa o Razón Social: *Petstar*
Nombre y Cargo de la persona que responde el Cuestionario: *Monica Salinas Esquivel*
Gerente de Comunicación

Preguntas desempeño económico

1. ¿Cuál es el costo de producir un kilo de resina reciclada de PET? *Competitivo US*
precio Resina Virgen -
2. ¿Cuál es la etapa previa al procesamiento del envase PET en la planta recicladora, que representa un mayor porcentaje de costos y gastos? *Acopio*
- * 3. ¿Qué porcentaje de los costos y gastos representa el traslado de los envases a la planta recicladora? *(Salida al Area Finanzas) 2.8%*
4. ¿Cuál es el precio que paga Petstar a los recolectores base por kilo de PET? *Es variable dependiendo del precio del mercado y la zona → Se puede tener precio promedio*
5. ¿Cuál es el precio que pagan por kilo de PET a los centros de acopio que conforman su estructura? *No se paga de esa forma. Pág 28 Informe 2017 ECOCE.*
6. ¿Qué porcentaje de los gastos es destinado para mejorar las relaciones con los proveedores de PET? (En el informe de sustentabilidad 2016 se menciona que se destinan recursos para festividades, educación para hijos de pepenadores, entre otros) *Mínimo 1% ~~se paga~~ utilidad antes de impuestos - CSR \$2 millones - CEPIC, Más de 3 Millones en Mayana.*
7. ¿Cómo se distribuyen en los mercados sus ventas?
Nacionales 100 % → *IMCC → Accionistas pag 23.*
Internacionales (Favor de indicar que países)
_____%
_____% *N/A.*

Este año MATP Abril 2019 -

Preguntas innovación

8. ¿Qué tipo de tecnología se utiliza para reciclar PET? *pag 63 - Informe suiza y Alemania Lavado y Molenda - Italiana - AMET, Policondensacion - Binler, Extrican*
9. ¿De dónde importan la maquinaria y equipo que utilizan para el proceso de reciclaje? *Italia y Suiza y Alemania*
10. Dentro de todo el proceso realizado, ¿qué parte absorbe el mayor porcentaje de costos?
Plantamiento y Acopio

11. ¿Qué porcentaje de los ingresos por ventas se destinan a innovación? ___%
Variable dependiendo la idea, pag. 48 - informe GRI 2017
12. Indique y califique la importancia de las principales fuentes de innovación para la empresa. Donde cero (0) significa que no tiene importancia, cinco (5) representa la máxima importancia.

Fuente	Escala 0 a 5
* Investigación y desarrollo (interna)	5
Adquisición de tecnología (externa a la empresa)	3
Adquisición de tecnología a través de fusiones y adquisiciones	
Proveedores (insumos, maquinaria y equipo)	4
Otro (Especifique)	

13. Indique y califique la importancia de los principales motivos para realizar la innovación. Donde cero (0) representa sin importancia, cinco (5) representa máxima importancia.

Motivos	Escala 0 a 5
⊖ Relaciones con los clientes	4
Mercado atractivo no cubierto	
Reducción de costos	3
Mejora de procesos	5
+ Mejora de productos	1
Creación de tecnología	2
Regulación o legislación	
Otros (Especifique)	

Desempeño ambiental

14. ¿Cuáles son las estrategias a corto y largo plazo de Petstar para reducir las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero desde el proceso de acopio hasta el proceso de reciclado? *pag. 77 Informe 2017*

15. ¿La industria del reciclaje de PET cuenta con el avance tecnológico adecuado para incrementar el uso de energías renovables en el proceso? *Si*

16. ¿Qué cambios se implementaron en Petstar para reducir las emisiones de 2015 a 2016? *2016 → Proyecto de co-generación, 1,400 Tm CO₂ evitados = 18% energía. Informe*

17. ¿Cuál mecanismo es utilizado para recuperar el agua consumida en el proceso de reciclaje? *PTAR → Daguama -*

pag. 79 - Informe 2017.

- a. Se consume agua tratada y no agua potable
- b. Captación de agua y envío a planta de tratamiento
- c. Tratamiento de agua por alguna empresa perteneciente al grupo

Percepción de la industria

18. ¿Cuál es su percepción de la industria del reciclaje en México, especialmente en la zona metropolitana? *Se han hecho esfuerzos considerables en la gestión de los residuos. Es necesario actuar en responsabilidad compartida*

19. ¿Qué clase de apoyo debería proporcionar el Gobierno mexicano para impulsar la industria del reciclaje?

- a. Subsidios y financiamientos
- b. Más programas de acopio en zonas con altos niveles de residuos
- c. Que el sector recolector se encuentre libre de impuestos
- d. Otro (especifique) *Legislar para incentivar la industria del reciclaje y así como promover y gestionar la separación de los residuos, así como su correcta disposición final.*

Autoridades, empresas, Gobierno y sociedad para mejorar

20. ¿Cuál es el principal reto de la industria del reciclaje para el acopio?

- a. La falta de educación de los consumidores para desechar los envases y separar correctamente los residuos
- b. Falta de infraestructura para la recolección y división de residuos sólidos urbanos. (Camiones recolectores, rellenos sanitarios, centros de acopio, etc.)
- c. La dificultad de recolectar pequeñas cantidades de PET en diferentes puntos, lo cual encarece el costo de transporte.
- d. La volatilidad en el precio de la resina, provocando que los pepenadores decidan recolectar otro material.
- e. El mecanismo de cobro de impuestos para los recicladores de primera venta
- f. Falta de vías de comunicación entre los empresarios del reciclaje y el sector recolector de residuos

21. Indique y califique qué factores considera en la elaboración de sus planes o estrategias de inversión. Donde cero (0) representa un factor sin importancia, (5) principal factor.

	Factores	Escala 0 a 5
Factores Internos	Precios (que garantizan la rentabilidad del proyecto)	5
	Flujo de efectivo	4
	Capacidades de la empresa (utilización de la capacidad instalada)	3
	Capacidades de organización, de recursos humanos de la empresa	
	Otros (Especifique)	
Factores externos	Políticas públicas	1
	Tamaño del Mercado	
	Crecimiento del Mercado	2
	Otro (Especifique)	

6. Referencias bibliográficas

Ángel Ruiz de Apodaca Espinosa, (febrero 2019). Hacia la economía circular. Aspectos destacados de la Ley Floral 14/2018, de residuos y su fiscalidad. *Actualidad Jurídica Ambiental*, 87, 100-114.

Abbott Andrew. (2017). The Displacement Effect of Convenience: The Case of Recycling. *Ecological economics*, 136, 159-168.

Ackerman, Frank (1997). Environmental impacts of packaging in the U.S. and Mexico. Recuperado de <https://philpapers.org/rec/ACKEIO>

Adefolake (2012). Corporate social responsibility of multinational corporations in development countries. Reino Unido: Universidad de Cambridge.

ANIPAC (2019). *Anuario estadístico*. México: Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A.C.

Antún Callaba, Juan (2004). *Logística Inversa*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Antonelli Ch. (2008) *Localised Technological Change*. Nueva York y Londres: Routledge.

Arteaga, Roberto (2016). El mexicano que construyó la recicladora más grande del mundo *Revista Entrepreneur*, septiembre 22, 2016.

Ayala, Cristal (2015). Inventario de residuos sólidos. Ciudad de México. México: SEDEMA.

Ayres, R. (2016). *Energy, complexity and wealth maximization*. Springer, Francia.

Baza Alvarez, C., & Alvarado Verdín, V. M. (2016). Categorización de las variables inherentes a la responsabilidad social empresarial sobre los residuos sólidos urbanos de PET generados por las empresas refresqueras en Mexica empleando el índice de severidad de Mendenhall. *Análisis Económico*, 31(76), 123-139.

Braungart, Michael (1997), “Product life-Cycle Management to Replace Waste Management” en Scolow, R. et al (Ed.). *Industrial Ecology and Global Change*, Inglaterra: University of Cambridge.

Bunker, S. (1997), “The Political Economy of Raw Materials extraction and Trade” en Scolow, R. et al. (Ed.), *Industrial Ecology and Global Change*, Inglaterra: University of Cambridge.

Cahe y de Prada (2019). Análisis multicriterio y selección de propuestas de gestión de residuos sólidos urbanos. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 29(1) 53-66.

Cámara de Diputados (2015). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México

Castillo, Héctor (1984). El basurero: Antropología de la miseria. México: EDAMEX

- (1990). La sociedad de la basura en “Revista Ciencias” N° 20, 25-30. UNAM
- Carpintero, Oscar (2006), La bioeconomía de Georgescu-Roegen, Barcelona: Montesinos.
- (2009), El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000), España: Fundación César Enrique.
- Carrillo, Graciela (2005), Ecología Industrial y Sustentabilidad: el proyecto sinergia de subproductos en Altamira-Tampico, Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Barcelona, España.
- (2009). “Una revisión de los principios de la ecología industrial.” Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57952009000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es#c2
- Caroline Orset, Nicolas Barret, Aurélien Lemaire (2017). How consumers of plastic water bottles are responding to environmental policies?, *Waste Management*, Volume 61, 2017, pp 13-27. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.034>
- Castells, Manuel & Jordi Borja. (1997). Local y global: La gestión de las ciudades en la era de la información. México: Taurus.
- Cerda, Emilia (2016). Economía Circular. Economía Industrial. Complutense U Madrid European U, pp. 11-20.
- Cervantes, Juan 2012. El trabajo en la pepena informal en México: nuevas realidades, nuevas desigualdades en Estudios Demográficos y Urbanos, Vol. 27, enero-abril, pp. 95-117
- Cervantes, G., Robles, F., Rodríguez, G y Sosa, R. (2009). Ecología industrial y desarrollo Sostenible. *Revista Ingeniería*. 13, 63-70.
- (2004), “Conceptos de ecología industrial”. Recuperado de: http://portalsostenibilidad.upc.edu/detall_01.php.
- (2011), “Ecología Industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales”. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/277180971_Ecologia_industrial_innovacion_y_desarrollo_sostenible_en_sistemas_industriales
- Chow, Susana (1987). *Petroquímica y sociedad*. México, Fondo de Cultura Económica.
- Chong-Wen Chen, Clarifying rebound effects of the circular economy in the context of sustainable cities, *Sustainable Cities and Society*, Volume 66, 2021. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102622>
- Cleveland, Cutler J. and Matthias Ruth (1999) “Indicators of Dematerialization and the Materials Intensity of Use” *Institute of Technology and Yale University* Volume 2, Number 3.

Considine, Timothy (1998), “Ecología industrial” en Sistema Nacional para el Desarrollo Sostenible, Costa Rica. Recuperado de: <http://www.mideplan.go.cr/sinades/PUBLICACIONES/sector-productivo/index3.htm>

Cortina, Cristina (2006). Bases para legislar la prevención y gestión integral de residuos. Recuperado de: <http://cristinacortinas.org/>

(2010). Reciclaje de Plásticos, en el Contexto del Desarrollo Sostenible y Humano. México: SEMARNAT.

(2014). Marco Internacional y nacional para proteger la biodiversidad y la salud humana en México de los riesgos de sustancias químicas y de los residuos. Recuperado de: <http://cristinacortinas.org/>

(2016). Presentación La Gestión de los Residuos Sólidos en el Distrito Federal en Perspectiva. Recuperado de: <http://cristinacortinas.org/>

(2017). Contribución de los Planes de Manejo de Residuos a la Economía Circular. Recuperado en: <http://cristinacortinas.org/>

(2018) Manejo Sostenible de los residuos. Recuperado de: <http://cristinacortinas.org/>

Cumplido Ralis, Germán E. (2017). Iniciativa que reforma y adiciona diversas disposiciones a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México: Cámara de Diputados. Recuperado de: http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2019/10/asun_3953633_20191029_1572376346.pdf

Dahlbo, Helena, Valeria P., Ville M., Olli S., Reetta A. (2017). Recycling potential of post-consumer plastic packaging waste in Finland. *Waste Management*, 71, 52-61.

Díaz-Bravo L.; Torruco U., Martínez M., Varela M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico, *Investigación en Educación Médica*, vol. 2, núm. 7, julio-septiembre, 2013, pp. 162-167. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3497/349733228009.pdf>

Díaz de Salas, Alaro S., Mendoza V., Porras C. (2011). Una guía para la elaboración de estudios de caso, *Razón y Palabra*, 75, febrero-abril, 2011. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199518706040>.

Dimarco, Sabina (2013). Trabajo, desarrollo y clasificación de residuos: transformaciones en el último medio siglo en “Estudios Sociológicos”, Vol. 31, No. 91 (enero-abril, 2013), pp. 203-228.

Domingo, Rosario (2011). Estudio de mercado de productos plásticos reciclados. Recuperado de: <http://biblioteca.anipac.mx/biblioteca/reciclaje/medio-ambiente-reciclaje/estudio-del-mercado-de-productos-plasticos-reciclados>

Domínguez, V. Lilia (2006), México: empresa e innovación ambiental, editorial Miguel Ángel Porrúa, México.

Ecología y Compromiso Empresarial (2019). ECOCE 15 años. Recuperado de: <https://www.ecoce.mx/cifras-y-estadisticas>

(2020). La Industria del Reciclaje en México: líder en América Latina. Recuperado de: https://www.ecoce.mx/assets/pdf/boletines_de_prensa/200527_ECOCE_Dia_Mundial_del_Reciclaje.pdf

Ellen Macarthur Foundation, (2020). Innovación en el origen. Una guía de soluciones para empaques. Recuperado en: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/noticias/guia-de-innovacion-en-el-origen>

Encarnación, G. y Campos (2013). Estudio de Análisis de Ciclo Vida (ACV) del manejo de envases de bebidas de polietileno tereftalato (PET) en la fase de pos-consumo. Recuperado en www.inecc.gob.mx/descargas/sqre/2013_acv_pet.pdf

Escobar Moreno, N. R. (2012). Las comunicaciones integradas de marketing (CIM) como pilar de la estrategia de marketing verde y sus implicaciones en la gestión ambiental. *Revista Facultad De Ciencias Económicas: Investigación Y Reflexión*, 20(2), 69-79.

Faber, M. M., Niemes, H., Stephan, G., Freytag, L., y Pellengahr, I. (1987). *Entropy, environment and resources: an essay in physico-economics*. Springer-Verlag, Londres.

Ferat Margarita, et al (2016). *Metodología para la evaluación de desempeño de una empresa socialmente responsable en el sector de polímeros* (doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Frosch, R.A. y Gallopoulos, N.E. (1992), "Towards an industrial ecology", in A.D. Bradshaw, R. Southwood and F. Warner (Eds.) *The Treatment and Handling of Wastes*, London: Chapman and Hall for the Royal Society, pp.269–292.

Frosch, Robert A. (1992), "Industrial Ecology: A Philosophical Introduction," en *National Academy of Sciences*, USA 89, pp. 800–803.

Fundación Unión Europea-América Latina y el Caribe, (2018). Estudios de caso sobre modelos de Economía Circular e integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en estrategias empresariales en la UE y ALC. Recuperado de: https://eulacfoundation.org/es/system/files/economia_circular_ods.pdf

Foladori Guillermo y Naína Perri, (2005). "¿Sustentabilidad?: desacuerdos sobre el desarrollo Sostenible", México.

Gallaud, D., Laperche, B., (2016). *Circular Economy, Industrial Ecology and Short Supply Chain*. Wiley Blackwell, London, United Kingdom. Recuperado en: https://www.researchgate.net/publication/306344847_Circular_Economy_Industrial_Ecology_and_Short_Supply_Chain/citation/download

García, Arnulfo A. (2007), *Recomendaciones táctico-operativas para implementar un programa de logística Inversa: Estudio de caso en la industria del reciclaje de plásticos*, eumed.net.

García Carcía S. (2018). Economía Circular: 30 años del principio de desarrollo sostenible evolucionan en el nuevo gran objetivo medioambiental de la Unión Europea. *Estudios Europeos*, 71, 309-321.

García, Sergio (2009). “Referencias históricas y evolución de los plásticos” en *Revista Iberoamericana de Polímeros*. 10, 60-85. Recuperado de: <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/ENE09/garcia.pdf>. [Accesado el 9 de septiembre de 2016]

Geyer Roland. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3, 1-5.

Gisbert, Julio (2010). Vivir sin empleo: trueque, bancos de tiempo, monedas sociales y otras alternativas. Barcelona: Ediciones los libros del Lince.

Gómez, Leonardo (2017). *El reciclaje de PET, PEAD, PEBD, PS y PP en estibas plásticas como modelo de negocio* (maestría). Universidad del Rosario, Colombia.

González, Consuelo. (2011). Empresas socialmente responsables y mercado verde internacional. *Economía Informa*, Num. 366, enero-febrero.

Graedel, T. E. and B. R. Allenby (1995), *Industrial ecology*; Published by Prentice Hall, United States of America.

Gradus Raymond, et al. (2016). A Cost-effectiveness Analysis for Incineration or Recycling of Dutch Household Plastic Waste. *Ecological Economics*, 135, 22-28.

Grundman, R. 1991. *Marxism and Ecology*. Nueva York: Oxford University Press.

Harvey, David. (2013). *Ciudades rebeldes. Del derecho de la ciudad a la revolución urbana*. Madrid, España: Akal.

Hobson, K., & Lynch, N. (2016). Diversifying and de-growing the circular economy: Radical social transformation in a resource-scarce world. *Futures*, 82, 15-25. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.05.012>

INEGI (2016). Estadísticas a propósito del día mundial del medio ambiente. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/>

Jarkko Levänen, Tatu Lyytinen & Sebastian Gatica. (2018). Modelling the Interplay Between Institutions and Circular Economy Business Models: A Case Study of Battery Recycling in Finland and Chile. *Ecological Economics*, 154,373-382.

Jean-Daniel M. Saphores, Hilary Nixon (2014), How effective are current household recycling policies? Results from a national survey of U.S. households, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 92, 1-10. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.08.010>.

Jianguo Qi, Jingxing Zhao, Wenjun Li, Xushu Peng, Bin Wu & Hong Wang. (2016). *Development of Circular Economy in China*. Pekin, China: Springer.

Jiménez, Luis M. (2001), *Desarrollo sostenible y economía ecológica: Integración medio ambiente – desarrollo y economía – ecológica*, España: Editorial Síntesis.

Jiménez Herrero, L. (2020). Economía Circular: espiral. Opciones estratégicas desde el reciclaje. *Economistas sin fronteras* (37). Recuperado de: <https://ecosfron.org/wp-content/uploads/2020/03/Dossieres-EsF-37-La-Econom%C3%ADa-Circular.pdf>

Kalmykova, Y., (2017). Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools, *Resources, Conservation & Recycling*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034>

Kirchherr Julian, Denise Reike & Marko Hekkert. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 217, 221-232.

Kirchherr, J.W.; van Santen, Ralf (2019) *Resources, Conservation and Recycling*, volume 151. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104480>

Korhonen Jouni, Antero Honkasalo, Jyri Seppälä, (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46.

Lugo de Lile, Michelle (2006). “La historia del plástico” en *Revista Ingeniería plástica*. [En línea] N° 21. Julio 2006, Montevideo Uruguay. Recuperado de: http://www.ingenieriaplastica.com/novedades_ip/instituciones/cipres_historia.html

Lett, Lina A. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Microbiología*, 46(1), 1-2.

Lieder, M., Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *J. Clean. Prod.* 115, 36–51. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>.

Martínez-Alier, J. y Roca (2000) *Economía Ecológica y Política Ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica.

Martínez-Alier, J. (2003), “Ecología Industrial y metabolismo socioeconómico: concepto y evolución histórica” *Economía industrial* No. 351; Universidad Autónoma de Barcelona; España.

Martínez Carazo, Piedad (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica, *Pensamiento & Gestión*, núm. 20, julio, 2006, pp. 165-193. Recuperado en: <https://www.redalyc.org/pdf/646/64602005.pdf>

Martínez Rivera, Sergio E. (2009). La ciudad y el ambiente como un solo sistema: El suelo de conservación y su carácter estratégico para la dinámica urbana del Distrito Federal (doctorado). Universidad Nacional Autónoma de México. México.

McNeill, John R. (2001), *Algo Nuevo Bajo el Sol: Historia medioambiental del mundo en el siglo XX*. Madrid: Alianza Editorial.

Meikle, Jeffrey (1995). *American Plastic: a cultural history*. New Jersey: Rutgers University Press.

Melosi, Martin (1999). *The Sanitary City: Urban Infrastructure in America, from Colonial Times to the Present*. Baltimore: Johns Hopkins.

Michaud, Jean-Charles (2010). Environmental benefits of recycling. Recuperado de: www.wrap.org.uk

Millar, N., McLaughlin, E., & Börger, T. (2019). The circular economy: swings and roundabouts? *Ecological Economics*, 158, 11-19.

Murray, A., Skene, K., Haynes, K., (2015). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *J. Bus. Ethics*. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>.

Nakurama, S. & Kondo, Y. (2009). *Waste Input-Output Analysis. Concepts and Application to Industrial Ecology*. Países Bajos; Springer.

Navarrete, Pablo (2016). De cartoneros a recicladores urbanos. El rol de las políticas locales en mejorar la sustentabilidad de los recolectores de base. *Investigaciones Regionales*, Autumn 2016, iss. 35, pp. 83-106.

Nicholas Georgescu-Roegen. (1996). “La ley de la entropía y el proceso económico”. Madrid: Fundación Argentaria.

Oliva Sandoval, E. R. (2019). El efecto del crecimiento económico en la degradación ambiental: Una aproximación empírica mediante el modelo de la Curva de Kuznets Ambiental, *Instituto de Investigaciones Económicas*, N° 06/19. Recuperado de: <http://www.iisec.ucb.edu.bo/publicaciones-documentos-de-trabajo-iisec-bolivia>

Penrose, Edith Tilton. (1962). “La teoría del crecimiento de la empresa”. España: Editorial Aguilar.

Pérez, Carlota (1999), “Cambio de patrón tecnológico y oportunidades para el desarrollo Sostenible”, en Colección de ideas para el dialogo No 3, Biblioteca Nacional de Venezuela.

PETSTAR (2018). Informe de Sustentabilidad 2017 [en línea]. Recuperado de: <https://www.petstar.mx/media/1055/informe-de-sustentabilidad-2017-esp.pdf>

(2019). Informe de Sustentabilidad 2018 [en línea]. Recuperado de: <https://www.petstar.mx/media/1526/informe-de-sustentabilidad-2018.pdf>

PNUMA (2013). Guía para la Elaboración de Estrategias Nacionales de Gestión de Residuos Recuperado de: http://cwm.unitar.org/publications/publications/cw/wm/UNEP_UNITAR_NWMS_Spanish.pdf.

Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, (15), 85–95. Recuperado de:

<http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=zbh&AN=133418727&lang=es&site=eds-live>

Pradilla Cobos, Emilio. (1997). La regulación del crecimiento territorial de la Zona Metropolitana del Valle de México. *Papeles de población*, 23, 27-44.

(2009). La mundialización, la globalización imperialista y las ciudades latinoamericanas. *Bitacora*, 15 (2), 13-36.

Qian Liu, Hui-ming Li, Xiao-li Zuo, Fei-fei Zhang & Lei Wang (2009). A survey and analysis on public awareness and performance for promoting circular economy in China: A case study from Tianjin. *Journal of Cleaner Production*, 17, 165-270.

Ralis Cumplido Germán. (2017). Iniciativa que reforma y adiciona diversas disposiciones a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Recuperado de: Cámara de Diputados Sitio web: http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2017/11/asun_3609702_20171101_1507663536.pdf

Relea, F. (2011). La gestión de residuos sólidos sobre el medio. En *Infraestructuras y medio ambiente II* (pp. 137-153). Barcelona, España: Editorial UOC.

Reike Denise, Walter J.V. Vermeulen & Sjors Witjes (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>

Revista Circle. (2018). Ciudades Circulares: las capitales de la economía circular. *Revista Circle*. Recuperado de: <https://www.revistacircle.com/2018/02/07/ciudades-sostenibles-las-capitales-la-economia-circular/>

Ritzen Sofia y Ölundh G. (2017). Barriers to the Circular Economy – integration of perspectives and domains. *Procedia CIRP*, Volume 64, 2017, Pages 7-12. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.005>

Rolando V. y Domínguez J. (2010). Crisis global: neomalthusianos versus poblacionistas. *Mundo Siglo XXI*. Número 20, primavera 2010, 69-80. Recuperado de: <https://www.mundsigloxxi.ipn.mx/pdf/v05/20/04.pdf>

Saldaña, M. (2020). Congreso de la Ciudad de México. Proposición con punto de acuerdo por el que se hace un respetuoso exhorto a las secretarías de obras y servicios y la de medio ambiente, ambas del gobierno de la ciudad, a efecto de que se informe respecto a la generación de biocarbón en el relleno sanitario bordo poniente. Recuperado de: https://congresocdmx.gob.mx/archivos/parlamentarios/PPA_418_57_22_10_2020.pdf

Satu Paiho, Elina Mäki, Nina Wessberg, Martta Paavola, Pekka Tuominen, Maria Antikainen, Jouko Heikkilä, Carmen Antuña Rozado, Nusrat Jung. “Towards circular cities—Conceptualizing core aspects”, *Sustainable Cities and Society*, Volume 59, 2020. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102143>.

Schwane Elvira. (2011). Recycling policies and programmes for PET drink bottles in Mexico. *Waste and Management Research*, 29, 973-981.

SEDEMA (2016). Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Recuperado de: <http://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/residuos-solidos-saladeprensa/aproposito/2014/ambiente11.pdf>

(2018). Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México. Recuperado de: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/IRS-2018-VF-09-09-2019.pdf>

(2019). Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México. Recuperado de: https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/DGCPCA/InventarioDeResiduosSolidosDeLaCiudadDeMexico_2019.pdf

SEMARNAT (2017). Residuos sólidos y urbanos de manejo especial. Recuperado de: <http://www.SEMARNAT.gob.mx/temas/residuos-solidos-urbanos>

Seoánez, Mariano (1998), *Ecología industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa*; 2ª edición, Ediciones Mundi-Prensa; España.

Serón Galindo, D. (2020). Economía Circular: de alternativa a necesidad. *Economistas sin fronteras* (37). Recuperado de: <https://ecosfron.org/wp-content/uploads/2020/03/Dossieres-EsF-37-La-Econom%C3%ADa-Circular.pdf>

Shunsuke, M. & Koichi K. (2017) *Environmental economics*. Londres, Inglaterra: Routledge.

Snell S., A. Nassour & Nells M. (2017). Qualitative comparison of polyethylene terephthalate flakes from various collection systems in Germany. *Waste Management & Research*, 35 (2), 163-171.

Teece, D., Pisano, G. y Shuen, A. (1997), “Dynamic Capabilities and Strategic Management”, *Strategic Management Journal*. 18 (7): 509-534.

Tibbs, Hardin (1992), “Industrial Ecology: An Environmental Agenda for Industry” en *Managing for the Global Environment - a Complex Challenge*.

Todd, J. (2017). Trade Treaties, Citizen Submissions, and Environmental Justice. *Ecology Law Quarterly*, 44(1), 89-145

Torres Lima, Pablo & Alberto Celdeño. (2015). *Ecourbanismo y habitabilidad regional*. Contribuciones de América Latina. México: UAM.

Van den Bergh, J. (2000). *Ecological Economics: Themes, Approches, and Differences with Environmental Economics*. Amsterdam, Países Bajos: Departamento de Economía Espacial.

Vázquez, A., Espinosa, Beltrán y Velasco (2014). El reciclaje de los plásticos. ANIPAC, UAM. Recuperado de: http://biblioteca.anipac.mx/wp-content/uploads/2016/10/0047_El_Reciclaje_de_los_Plasticos.pdf

Venegas Sahagún, Beatriz A, María L. García Bátiz & A. Sánchez Bernal. (2014). Gestión de residuos sólidos municipales en México. Un análisis comparativo. *Gestión Ambiental*. 28, 25-47.

Vergara, Margarita (2012). *Política tecnológica en México: La industria del plástico*. México: UNAM.

World Economic Forum. (2014). Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. Recuperado de: http://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf

Zhang Chao, Wei-Qian Chen et al. (2017). Economic Growth and the Evolution of Material Cycles: And analytical framework integrating material flow and stock indicators. *Ecological Economics*, 140, 265-274.

7. Bibliografía

Álvarez S. y Oscar Carpintero (2009). *Economía Ecológica reflexiones y perspectivas*. España: Círculo de Bellas Artes.

Naredo, Jose Manuel (2006). *Raíces económicas del deterioro ecológico y social*. España: Siglo XXI.

Barrionuevo, María de los Ángeles, Arturo Mora, Andrea Muenala y José Aguirre Ulloa, (2015). *Abordaje de la economía ambiental en los elementos conceptuales básicos*. Ecuador: Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Briguglio, Marie (2017). Household Cooperation in Waste Management: Initial Conditions and Intervention. En Lin, B. C., & Zheng, S (Ed.). *Environmental economics and sustainability* (111-142). Reino Unido: Wiley-Blackwell.

Colorado, H. A., & Inés Echeverri-Lopera, G. (2020). The solid waste in Colombia analyzed via gross domestic product: Towards a sustainable economy. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 96, 51–63. Recuperado en: <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20191046>

Harris Jonathan M. y Brian Roach, (2018). *Environmental and natural resource economics: a contemporary approach*. New York : Routledge.

Lombrano, A. (2009). Cost efficiency in the management of solid urban waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 53(11), 601-611.

Peñuelas, José María, José Antonio Gómez-Limón Rodríguez y Julio Berbel Vecino. (2002). Análisis de los planes de gestión de residuos urbanos: aplicación al caso andaluz. *Revista de Estudios Regionales*, 15.

Spellman, F. R. (2015). *Economics for environmental professionals*. CRC Press. Recuperado de: <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=catt02025a&AN=lib.MX001001783964&lang=es&site=eds-live>

Simões, P., & Marques, R. C. (2012). On the economic performance of the waste sector. A literature review. *Journal of environmental management*, 106, 40-47

