

Análisis de la cadena de valor del reciclaje de plástico. Un caso de estudio en el departamento del Atlántico (Colombia)

Analysis of the value chain of plastic recycling. A case study of the department of Atlántico (Colombia)

MENDOZA, Ricardo A. ¹

NIEBLES, Enrique E. ²

BARRETO, Cruz D. ³

FABREGAS, Jonathan ⁴

BUELVAS, Edgardo M. ⁵

Resumen

En Colombia, cerca de 31.000 toneladas de residuos sólidos son generadas a diario, del cual se estiman que 5.000 toneladas son plástico y sólo el 1,4% es reciclado. Para aumentar estos indicadores, es fundamental analizar el rol que juega la cadena de valor del reciclaje, y conocer en detalle sus elementos, actividades y actores. De esta manera lograr identificar las barreras en la cadena de valor, proponer estrategias para superarlas y lograr un mejor aprovechamiento de los residuos.

Palabras clave: cadena de valor, reciclaje, plástico, aprovechamiento

Abstract

In Colombia, around 31,000 tons per day of solid waste are generated, which 5,000 tons are estimated to be plastic and on average only 1.4% is being recycled. To increase these indicators, it is essential to analyze the role played by the recycling value chain, and to know in detail its elements, activities and actors. By this, it can be identify the barriers on value chain, proposing strategies to overcome them and achieve a better management of waste through resource recovery.

Key words: value chain, recycling, plastic, resource recovery

1. Introducción

Los plásticos se han convertido en materiales de gran importancia por sus innumerables beneficios para diferentes sectores, desde las industrias de artículos para el hogar y la construcción hasta aplicaciones de transporte y aeroespaciales (Hopewell, Dvorak, & Kosior, 2009). Cerca del 99% de los plásticos son producidos a partir de fuentes no renovables como el petróleo y gas, que al final de su ciclo de vida una gran cantidad de ellos terminan en vertederos y océanos (United Nations, 2019a). La sociedad está pidiendo reducir los daños medioambientales que emergen de la producción industrial y el consumismo. Y aunque los plásticos han llevado

¹ Profesor Tiempo Completo. Universidad de la Costa. Barranquilla, Colombia. Estudiante de Doctorado en Ciencias, mención: Gerencia. Universidad Rafael Belloso Chacín. Maracaibo, Venezuela. rmendoza13@cuc.edu.co

² Profesor Tiempo Completo. Ph.D. en Ingeniería Mecánica. Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla, Colombia. enrique.niebles@uac.edu.co

³ Director Centro de Investigación de Desarrollo Tecnológico e Ingeniería. Universidad Rafael Belloso Chacín. Maracaibo, Venezuela. cbarreto@urbe.edu

⁴ Profesor Tiempo Completo. Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla, Colombia. Estudiante de Doctorado en Dirección de Proyectos. Universidad Benito Juárez, México. jonathan.fabregas@uac.edu.co

⁵ Profesor Tiempo Completo. Ph.D. en Ciencias. Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla, Colombia. edgardo.buelvas@uac.edu.co

por años la peor parte, existen beneficios de fondo relacionados con la reducción de emisión de gases contaminantes que afectan el calentamiento global.

La reciclabilidad de los plásticos permite reducir el uso de fuentes de energías y materia prima, ahorrando los recursos que se extraen del planeta. Hoy en día, muchos fabricantes de componentes en plástico buscan obtener sus productos de óptima calidad, cumpliendo con las especificaciones técnicas al menor costo de producción y menor contaminación ambiental. Sin embargo, existen algunas barreras que no permiten impulsar verdaderamente el sector del reciclaje de plástico, entre los que se puede mencionar la cultura, la tecnología y las regulaciones (Hennlock, y otros, 2014).

El reciclaje es una parte integral de la gestión sostenible de residuos que puede ser desarrollado como actividad de valorización de desechos formal o informal (Wilson, Velis, & Rodic, 2013). En los países en desarrollo, las actividades para valorización de residuos generalmente se realizan mediante cadenas de valor informales (Rodic, 2015). Para Scheinberg y Simpson (2015), actualmente la cadena de valor del reciclaje depende únicamente de la venta de materiales recuperados, en la cual interviene el sector privado y existe baja participación del sector público, induciendo así al sector informal a liderar las actividades de reciclaje.

Los análisis de la cadena de valor han sido ampliamente usados en muchos sectores de la economía, manufactura, agricultura y comercio, ayudando considerablemente a mejorar las condiciones de los actores en cada eslabón (Trienekens, 2011). El análisis de la cadena de valor permite identificar cada uno de los pasos y los actores involucrados, logrando evaluar su desempeño e identificando las ventajas competitivas (Humphrey & Navas-Alemán, 2010). Muchos autores han publicado el potencial del análisis de la cadena de valor, logrando la creación de propuestas estratégicas para el mejoramiento de la actividad del reciclaje informal (Jaligot, Wilson, Cheeseman, Shaker, & Stretz, 2016).

El presente trabajo permitirá conocer la cadena de valor del reciclaje de plástico en Colombia, tomando como caso práctico de estudio en el departamento del Atlántico. Esta es una región al norte del país que cuenta con 23 municipios, y su tasa de generación de residuos 2.387 ton/día (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2019). Analizar los elementos, las actividades y los actores permiten conocer las ventajas competitivas del sector y se proponen estrategias para mejorar la capacidad de reciclaje del plástico.

2. Metodología

El tipo de investigación es descriptivo bajo un enfoque positivista, mostrando las características existentes en la cadena de valor del reciclaje de plástico. El contexto de la investigación está limitado al departamento del Atlántico (Colombia), identificando los elementos, actividades y actores con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Las fuentes de información utilizadas en la investigación corresponden a primarias con el acceso de datos publicados por entidades nacionales y la realización de encuestas estructuradas.

2.1. Población y muestra

El departamento del Atlántico es una región cálida al norte de Colombia con una extensión de 3.386 km² aproximadamente y una cantidad censada de 2.535.517 habitantes. Tiene 23 municipios, cuya capital es la ciudad de Barranquilla. La generación de residuos sólidos para el Atlántico se calcula en 2.387 toneladas diarias en promedio (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2019).

Según los registros de la Cámara de Comercio de Barranquilla (2020), una organización compuesta por empresarios bajo regulaciones del gobierno, se pueden identificar en todo el departamento 118 empresas, según clasificación industrial internacional uniforme (Rev. 4), dedicadas a la fabricación de formas básicas de plástico

(CIU 2221) y artículos de plástico (CIU 2229); otras 18 empresas se dedican a fabricación de plásticos en formas primarias (CIU 2013); y empresas dedicadas a la recuperación de materiales hay un total de 200 (CIU 3830). Finalmente, se verifican y se adicionan empresas informales, que por observación del sector suman 22. Para un nivel de confianza del 95%, la muestra seleccionada fue de 187 empresas (ver tabla 1).

Tabla 1
Tamaño de la muestra

Actividad	Población				Muestra		
	PN	PJ	I	%	PN	PJ	I
Fabricación de plásticos en formas primarias	5	9	0	4%	2	5	0
Fabricación de formas básicas de plástico y artículos de plástico	46	72	9	36%	24	38	5
Recuperación de materiales	157	43	13	60%	83	23	7
TOTAL	208	124	22	100%	109	66	12

PN: persona natural; PJ: persona jurídica; I: informal.

Fuente: tomado de la base de datos de la Cámara de Comercio de Barranquilla (2020) y resultados de la observación del sector.

2.2. Instrumentos

Para conocer la operatividad del sector del reciclaje de plástico, se observan las interacciones entre los diversos actores, y se recolecta de la información cuantitativa y cualitativa mediante la aplicación de encuestas estructuradas compuestas por preguntas abiertas y cerradas. Para el proceso de aplicación de encuestas se seleccionaron las empresas de la muestra de manera aleatoria. El diligenciamiento se realizó por dos métodos: encuestas virtuales y encuestas presenciales, estas últimas fueron necesarias cuando no se tuvo respuesta a las virtuales. El tiempo estimado para responder la encuesta tardo en promedio 8 minutos. Las respuestas de los encuestados fueron ingresadas en hojas de datos y los resultados fueron analizados a partir de la interpretación de los datos en tablas.

3. Resultados

Uno de los principales sectores económicos en Colombia es la industria del plástico, caracterizada por su crecimiento sostenido en los últimos años, alcanzando el 6,6% del PIB (DANE - EAM, 2018). Sin embargo, el gobierno está tomando conciencia del daño ambiental que se viene generando con los residuos de plásticos, llevando a crear políticas públicas para la gestión de residuos sólidos, regulados a través del decreto 1713 de 2002 y el CONPES 3874 de 2016. Es así como se ha creado el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) 2016 – 2027, donde se establecen los lineamientos para la caracterización de los residuos sólidos, su disposición final y aprovechamiento.

3.1. Residuos plásticos

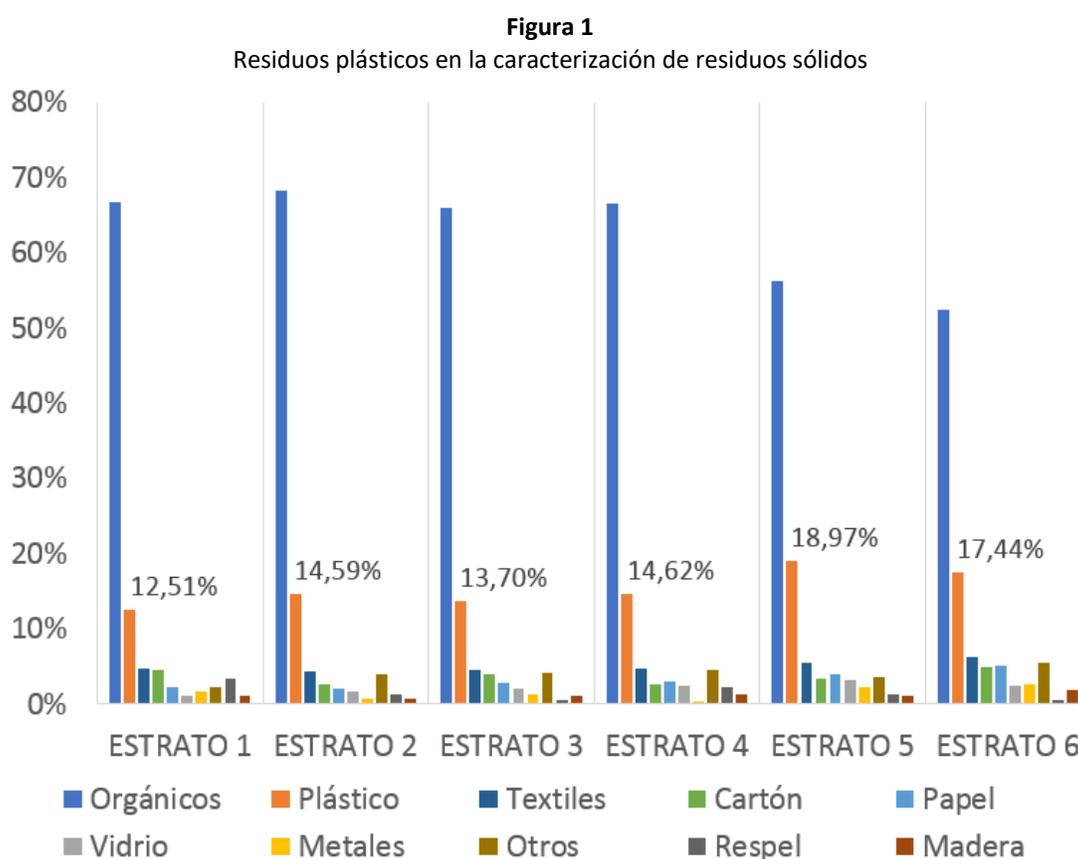
De acuerdo con Rodríguez H. (2012), los residuos aparecen como un resultado lógico, aunque no deseado, del desarrollo económico y del crecimiento demográfico. Por tanto, los hábitos de consumo, la forma de vida y la actividad económica de la población han contribuido de forma importante en el incremento de la generación de los residuos. De acuerdo al decreto 1713 (2002), los plásticos son clasificados como residuos sólidos no peligrosos, aprovechables y con alto potencial de reciclabilidad.

Según la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2019), en Colombia la tasa de generación de residuos promedio es 0,64 kg/día per cápita, aunque su composición puede variar acorde al estrato socioeconómico. Para el departamento del Atlántico, la tasa de generación de residuos es 0,94 kg/día per cápita,

muy por encima del promedio nacional. La variación en la generación de residuos está asociado a las condiciones climáticas de la región, nivel socioeconómico y densidad poblacional (United Nations, 2019b). Sin embargo, este indicador sigue siendo relativamente bajo al compararse con Europa cuya tasa de generación de residuos en promedio ronda los 3,2 kg/día per cápita.

La generación de residuos plásticos tiene dos fuentes: posconsumo y posindustrial. Los posconsumo son aquellos generados por los hogares, los establecimientos comerciales y el sector industrial (para este caso, sin incluir los desechos que se generan propiamente del proceso industrial). Los posindustriales son aquellos generados por la industria como subproducto de sus procesos de fabricación y transformación. Estos últimos son más limpios y más fáciles de recuperar.

La alcaldía de Barranquilla ha desarrollado una caracterización en conjunto con la empresa prestadora de servicio de aseo, en la cual se han clasificado los residuos sólidos posconsumo generados por los usuarios. En la figura 1 se puede observar la dependencia de los residuos plásticos con el nivel socioeconómico de los usuarios.



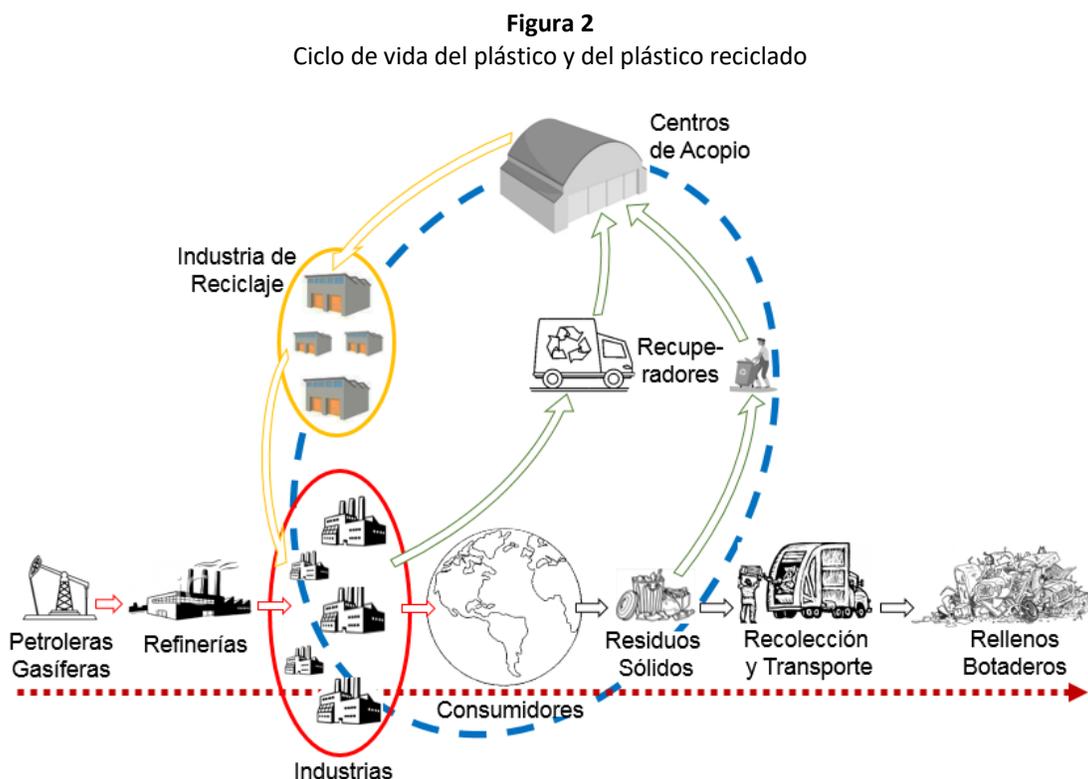
Fuente: adaptado de PGIRS 2016-2027
(Alcaldía de Barranquilla, Distrito Especial, Industrial y Portuario, 2015).

En cuanto a los residuos plásticos posindustriales, los resultados de las encuestas a las 67 empresas transformadoras del plástico, ponen en el mercado cerca de 130 toneladas diarias en artículos para el consumo. Al extrapolar la información, se puede estimar que la producción aparente de la industria local es de 210 toneladas diarias. Sin embargo, las empresas reportan que requieren mayor cantidad de materia prima que la informada, ya que dentro de sus procesos de transformación obtienen dos subproductos: el desperdicio y el material no conforme. Los desperdicios están conformados por las rebabas, tortas y espigas como subproductos en la fabricación; el material no conforme corresponde a aquellos artículos que no cumplen con los criterios de calidad y no se consideran comercializables. Dependiendo del grado de limpieza de estos subproductos, estos

suelen reincorporarse al proceso o finalmente declarados como residuo plástico posconsumo. En promedio, las empresas reportan que el residuo plástico posconsumo corresponde al 9.5%.

3.2. Ciclo de vida del plástico y del plástico reciclado

El ciclo de vida del plástico se caracteriza por seguir un modelo lineal (basado en un modelo económico consumista), desde su extracción hasta su disposición final (ver línea roja, figura 2). Sin embargo, los modelos lineales ya no tienen sentido en concordancia con los esfuerzos para obtener economías eficientes y sostenibles. Por tanto, se vienen incorporando modelos circulares basados en la regla de las 3R: reducir, reutilizar y reciclar. Es así, como el ciclo de vida del plástico reciclado permite que la materia prima permanezca más en ciclos intermedios (ver línea azul, figura 2), reduciendo el uso intensivo en energía y extracciones primarias, y así generar un modelo sostenible más armonioso con el medio ambiente.



Una vez la materia prima es extraída de la tierra y son producidos los polímeros para la industria del plástico, se transforman en productos de consumo para la humanidad. Cuando estos productos cumplen su vida útil, suelen considerarse residuos sólidos. Si bien durante muchos años estos desechos iban directamente a rellenos y botaderos, el alto consumo de plásticos de un solo uso y su alto tiempo de degradación, aunado con la contaminación de agua, tierra y aire, han despertado gran importancia para cambiar su destino. Es así, como se irrumpe el modelo lineal con actividades de recuperación y aprovechamiento del plástico. Es aquí donde nace el reciclaje como el método más eficaz de eliminar los efectos negativos, convirtiéndolo en un recurso valioso tanto para el medioambiente como para la economía.

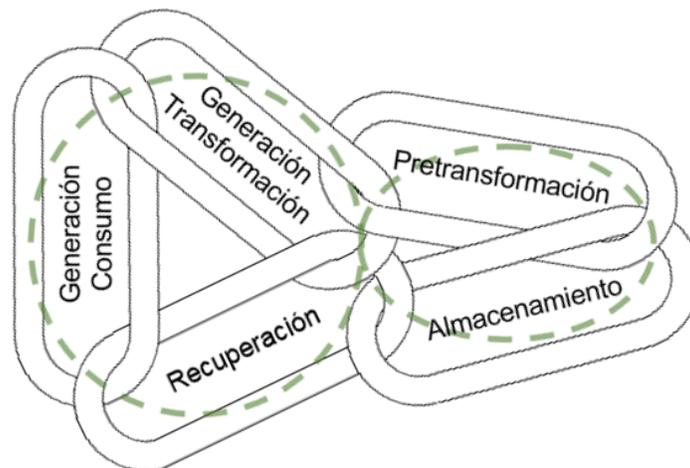
3.3. Cadena de valor del reciclaje de plástico

La cadena de valor es una sucesión de procesos productivos y servicios que tienen como finalidad la recolección, comercialización y transformación de la materia prima a partir de residuos provenientes de otras cadenas productivas o desechos post consumo (Ramírez, 2020). En el ciclo de vida del plástico reciclado, se pueden

identificar dos cadenas de valor: para la industria del plástico y para la industria del reciclaje del plástico, este último con un efecto bucle que lo transforma en un modelo circular.

En la figura 3 se pueden observar los cinco eslabones de la cadena de valor de reciclaje de plástico observadas en el departamento del Atlántico, similares a como fueron identificados en la consultoría a la ciudad de Bogotá realizada por el Consorcio NCU-UAES (2018). Para la cadena de valor de reciclaje, la generación tiene dos fuentes: los consumidores y los transformadores, quienes originan los residuos sólidos conocidos como: posconsumo y posindustrial, respectivamente. Sin embargo, los transformadores son también quienes colocan los plásticos para el consumo. La recuperación, almacenamiento y pre transformación son los que dan vida al modelo circular, permitiendo aprovechar al máximo el ciclo de vida de los plásticos.

Figura 3
Cadena de valor en el reciclaje del plástico



Las características de los eslabones en la cadena de valor son:

Eslabón 1: Generación de residuos

La generación de residuos es el momento cero del proceso de reciclaje. Consiste en el uso de un producto cuyos componentes finales tales como empaques, sobras y componentes complementarios no son utilizados por los consumidores y pueden o no tener capacidad de aprovechamiento. Se pueden identificar dos fuentes de generación de residuos: los posconsumo y los posindustriales.

Eslabón 2: Recuperación de residuos

La recuperación de residuos conlleva actividades de separación y transporte, la cuales pueden ser desarrolladas por recicladores de oficio, organizaciones recicladoras o empresas privadas. La separación puede llegar a ser muy difícil para el posconsumo en términos de protección e higiene para el reciclador de oficio, debido a que desde el origen del residuo los materiales aprovechables pueden tener partículas de materiales contaminados o residuos orgánicos que limitan su reutilización o transformación. Mientras el residuo posindustrial es más limpio y generalmente se encuentran separados.

El transporte de residuos hacia los centros de acopio es responsabilidad del separador. En este caso los recuperadores utilizan diferentes medios de transporte: saco, carretilla, vehículo motorizado, como camionetas o camiones.

Eslabón 3: Almacenamiento

El almacenamiento está a cargo de los centros de acopio, la estación de clasificación y aprovechamiento (ECA, por sus siglas) o las chatarrerías. Cuando el material llega a estos lugares, es necesario realizar un nuevo proceso

de separación, para clasificar, pesar, empacar y enviar a los centros de bodegaje. Finalmente, cuando la cantidad llega a una cifra comercializable, se vende a las transformadoras. Por la gran cantidad de residuos, el transporte se realiza en camiones.

Eslabón 4: Pretransformación

El proceso de pre-transformación se orienta a la limpieza del material o a procesos que permiten la purificación parcial del producto. Luego se desarrollan actividades de beneficiado del plástico como molido, aglutinado o peletizado, para posteriormente reempacarlo y comercializarlo como materia prima secundaria para los procesos productivos de la industria. Los materiales son comercializados a las transformadoras y transportado en camiones.

Eslabón 5: transformación

La transformación ocurre en las empresas tradicionales de producción de artículos plásticos de consumo, quienes le introducen nuevamente dentro de la cadena de valor del plástico. Este eslabón corresponde al final de la cadena de valor de reciclaje, pero también hacen parte del eslabón 1, lo que pone en evidencia el modelo circular del reciclaje de plástico.

3.4. Actores en la cadena de valor

Dentro de cada uno de los eslabones de la cadena de valor del plástico reciclado, participan diferentes actores encargados de dar flujo al proceso. Sin la intervención de estos actores, no es posible implementar el modelo circular del plástico reciclado. La figura 1 muestra los diferentes actores para la industria del plástico desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final (flujo en línea roja), así como los actores que intervienen en la cadena del reciclaje de plástico (flujo en línea azul).

Generadores/Consumidores

Son todas las personas que demandan bienes proporcionados por la industria; son aquellos que dan uso a los productos, sean de un solo uso o de mayor permanencia en su vida útil, y generan la mayor cantidad de residuos sólidos. Estos generadores suelen clasificarse en dos: residenciales y no residenciales. Según el informe de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2018), en el Atlántico se generan alrededor de 2.387 toneladas diarias de residuos sólidos. Si la cantidad promedio de plásticos en los residuos sólidos es del 15,3%, se puede calcular el potencial de desechos plásticos aprovechables de 358 toneladas al día.

Generadores/Industrias

Son los grandes transformadores de los polímeros, que usando maquinaria especializada producen artículos de plásticos, a través de procesos de inyección, extrusión, soplado, termoformado, rotomoldeo, entre otros. Son grandes participantes de la economía de una sociedad, ya que suministran los bienes intermedios o bienes de consumo para cubrir la demanda de la población. Estos actores son primordiales en el modelo circular ya que inician la cadena de valor del reciclaje y son quienes finalmente pueden cerrarla. El 56% de la industria transformadora en Colombia son fabricantes de empaques o envases, 22% artículos para la construcción, 13% artículos para el hogar o bienes intermedios, y 9% plásticos para la agricultura (ACOPLASTICOS, 2019). Según los resultados de esta investigación, en el departamento del Atlántico se cuentan son 107 empresas transformadoras del plástico, las cuales se estiman ponen en el mercado 210 toneladas diarias. Como resultado de las encuestas, las empresas informantes desechan en promedio el 9,5% de su producción como material plástico posconsumo, por lo cual se calcula que en promedio se generan 20 toneladas diarias de plástico.

Recuperadores

Son los encargados de recolectar los materiales aprovechables posconsumo o posindustriales. Para los residuos presentados en el espacio público antes de ser recolectados por el operador de servicio público domiciliario de

aseo, estos son seleccionados y separados por los recicladores de oficio. Los recicladores de oficio son personas naturales que realizan de manera habitual la actividad de recuperación, recolección y transporte de los residuos sólidos reciclables. No solo recogen material plástico, también clasifican los metales, el papel y el cartón. Para el departamento del Atlántico, solo se cuenta con el censo de 834 recicladores de oficio, pero se desconoce el número real de recicladores que no participan de las actividades de formalización (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2018). Los recicladores de oficio formalizados se agrupan en 18 organizaciones de recicladores, y de esta manera obtienen beneficios que el gobierno Colombiano ha venido ofreciendo en los últimos años al considerarlos población vulnerable esencial en el desarrollo económico. Los recicladores de oficio no formalizados, llevan los materiales recolectados a lugares conocidos como chatarrerías, quienes se aprovechan ofreciendo valores de compra por debajo del mercado. Los recicladores de oficio suelen transportar los materiales recolectados usando alguno de los medios de transporte presentados en la tabla 2.

Tabla 2
Medios de transporte utilizados por los recicladores de oficio

Medio de transporte	Característica
A pie con saco o costal	Suelen recopilar el material en sacos o costales de fibra o fique, llevando la carga sobre sus hombros hasta 0,2m ³ o 80kg.
A pie con carrito de mercado	Carro de mercado adaptado para transportar reciclables, con capacidad limitada de carga de 0,4m ³ o 200kg.
A pie con carretilla	Vehículo en madera con ruedas metálicas, con capacidad de carga hasta 2m ³ o 100kg.

Algunas empresas privadas y fundaciones realizan la actividad de recuperación del material posconsumo de la industria plástica, los cuales se convierten en intermediarios en la comercialización con los centros de acopio, ya que la separación y selección de los materiales no es necesaria. El transporte de estos residuos se realiza con vehículos motorizados, tipo camionetas y camiones, los cuales generalmente son de propiedad de estos.

Centros de Acopio

Son los lugares destinados para el bodegaje de los materiales reciclados, acorde a su clasificación. Pueden ser chatarrerías, centros de acopio o incluso las mismas organizaciones recicladoras. Suelen tener procesos de separación y pesaje organizados, sea por recurso humano capacitado o maquinarias automatizadas. De acuerdo con lo manifestado por los encuestados, los llamados centros de acopio encargados del almacenamiento y clasificación no suelen realizar actividades de pretransformación, debido a la diversidad de materiales que manejan y a la falta de experticia en el tratamiento de los materiales en específico. Según la Cámara de Comercio de Barranquilla, en el departamento del Atlántico se encuentran registradas formalmente 200 empresas dedicadas a la recuperación de materiales. Sin embargo, durante el análisis del sector se encontraron 13 empresas dedicadas a la recuperación que no se encuentran registradas. El principal medio de transporte para este tipo de actor son vehículos motorizados, tipo camionetas y camiones, los cuales generalmente son de propiedad de estos.

Industria de Reciclaje

Son las empresas dedicadas a la pretransformación del plástico reciclado, sobre el cual se aplican diferentes técnicas para modificar las características físicas del material recolectado y clasificado. Este material necesita ser transformado en materia prima útil para ser utilizado en la industria del plástico. La pretransformación consiste inicialmente en realizar una limpieza óptima del material. Este proceso puede realizarse de manera manual o mecánica, dependiendo de la maquinaria con la que cuente la empresa. Luego se realiza el proceso de reciclaje de plástico más común, el mecánico, el cual utiliza maquinaria específica para ejecutar procesos de molido, aglutinado o peletizado. Finalmente, la nueva materia prima reciclada es empacada en sacos de 20kg, 25kg y

30kg, y son comercializados a la industria plástica. El principal medio de transporte para este tipo de actor son vehículos motorizados, tipo camionetas y camiones, los cuales generalmente son de propiedad de estos. Las empresas dedicadas a la pretransformación del plástico reciclado fueron informadas por las empresas transformadoras encuestadas, ya que la Cámara de Comercio no tiene una categoría específica para este tipo de industria. Por tanto, se identificaron 20 empresas formalizadas y no formalizadas participantes en el eslabón de pretransformación.

3.5. Valor agregado en cada eslabón de la cadena

El reciclaje de plástico es una actividad productiva en el corto plazo, pues genera valor en cada uno de los eslabones de la cadena logrando de esta forma que el residuo migre y se convierta nuevamente en materia prima, con valor económico interesante para la industria transformadora una vez reingresa al circuito de mercado. Para lograr la llamada una economía circular del plástico, se debe recuperar la totalidad de los residuos plásticos y ninguno debe llegar a los botaderos y vertederos.

El reciclaje de plásticos y el uso posterior del reciclado tiene limitaciones, pues no es viable su uso en las mismas aplicaciones para las que se produjeron originalmente. Según Mendoza (2011), la adición de hasta un 30% de material reciclado con el material virgen puede reducir hasta un 10% la resistencia mecánica del producto. El uso de plástico reciclado en la fabricación de envases y empaques que contienen alimentos para el consumo humano, está limitado debido a que los componentes de los plásticos se alteran al momento de su tratamiento, además mediante el proceso de reciclado no se eliminan completamente los residuos sólidos que contienen los plásticos posconsumo (Kaiser, Schmid, & Schlummer, 2018).

Las investigaciones y los desarrollos tecnológicos han permitido implementar el plástico reciclado para la fabricación de elementos y utensilios en casi tantas aplicaciones y productos como aquellos que utilizan materiales vírgenes, logrando conseguir múltiples beneficios: se reduce hasta un 45% el consumo de energía en la fabricación; se reduce la huella de carbono hasta un 40%, y el costo en el mercado de la materia prima se reduce hasta un 30% (PlasticsEurope, 2019).

Como resultado de consulta en la base de datos y del análisis de las encuestas realizadas, en la tabla 3 se resume cómo está constituida la cadena de valor del reciclaje de plástico en el departamento del Atlántico. El potencial estimado de plástico posconsumo aprovechable para el reciclaje en el departamento del atlántico es de 358 toneladas diarias. Sin embargo, de acuerdo al informe nacional sobre el pesaje y registro de las cantidades de residuos efectivamente aprovechados de los prestadores de la actividad, solo el 1,4% del plástico desechado fue aprovechado en el 2018 (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios).

Tabla 3
Valorización en la cadena de valor

Eslabón	Generación		Recuperación			Almacenamiento	Pretransformación	Transformación
Actores	Consumidores	Industria	Recicladores de oficio	Organizaciones de recicladores	Empresas privadas y fundaciones	Centros de Acopio	Industria del reciclaje de plástico	Industria del plástico
Elementos	2.535.517	107	834	18	5	213	20	107
	Personas	Empresas	Personas	Empresas	Empresas	Empresas	Empresas	Empresas
Actividad	Generan los residuos sólidos		Recolecta, selecciona y separa			Almacena y comercializa	Limpieza, aglutinado, molido o peletizado.	Introduce el reciclado como materia prima
Valorización [COP \$/kg]	0	100 - 300	100 - 500	700 - 1.500	700 - 1.500	1.000 - 2.000	2.000 - 3.800	> 4.000
Potencial estimado [ton/día]	358	20	5,2*					

* Cantidad real reportada, tomado de: Informe nacional sobre el pesaje y registro de las cantidades de residuos efectivamente aprovechados de los prestadores de la actividad de aprovechamiento, 2018.

Los valores presentados en la tabla 3 son precios de referencia informados por los encuestados. Las diferencias o rangos en cada eslabón obedecen a la calidad y cantidad en el momento de la comercialización. Cada eslabón ofrece un beneficio al plástico reciclado, el cual está relacionado con el valor de la actividad que se desarrolla. El nivel de la actividad de pretransformación de los plásticos recuperados aumenta significativamente los precios de venta del material, pues un mayor grado de limpieza y selección facilita su reincorporación como materia prima en procesos de transformación, y permite darle un tratamiento similar al de un plástico virgen. De esta manera, se logra una disminución del costo unitario de nuevos artículos, por el uso de plásticos reciclados que pueden encontrarse a precios más bajos que los de las materiales vírgenes.

3.6. Estrategias para el fortalecimiento de la cadena de valor

La demanda del plástico reciclado está creciendo en un mercado que solicita materiales de buena calidad y a menor costo, logrando llamar la atención no solo de las empresas tradicionales sino del gobierno en sí. Sin embargo, la tasa de recuperación de plásticos es aún muy baja respecto a otros países y genera muchas inquietudes en el sector que logre incentivar a los actores de la cadena de valor.

El sector del plástico reciclado tiene retos únicos, con barreras y limitaciones que deben superarse (ver tabla 4), y se espera que el gobierno comience a generar políticas públicas para fomentar el reciclado y ofrecer beneficios que puedan impactar la tasa de recuperación de plástico.

Tabla 4
Barreras en el desarrollo de la cadena de valor del reciclaje de plástico

Barreras Económicas	Altos costos en tecnología moderna para reciclaje de plásticos
	Baja demanda de materiales plásticos reciclados
	La oferta de plásticos reciclados no es constante
	Variabilidad de los precios del plástico reciclado
Barreras Tecnológicas	Los residuos plásticos no son separados en la fuente
	Falta de conocimiento en el reciclaje de plásticos
	Problemáticas relacionadas con aditivos de los plásticos
	Uso de tecnologías inapropiadas para la actividad
	Los plásticos se encuentran altamente contaminados
	Temor al uso de reciclados como materia prima
Barreras Ambientales	Aditivos peligrosos en residuos plásticos de electrónica y química
	No hay regulaciones para los vertimientos de los pretransformadores
	No existen reglamentos para el reciclaje de plástico
Barreras Gubernamentales	No existe un plan de gestión de residuo específico para plásticos
	No hay suficientes incentivos para los actores del sector
	Existe comercialización ilegal de los plásticos reciclado

Para superar las barreras relacionadas a cada uno de los eslabones en la cadena de valor, se identifican las oportunidades para el sector y se proponen estrategias que fomenten la actividad de la recuperación y aprovechamiento de los residuos plásticos. Los hallazgos encontrados al analizar el sector del reciclaje de plástico y como resultados de los análisis de las encuestas, estas barreras pueden ser superadas ejecutando las siguientes estrategias:

1. Entidades como la Cámara de Comercio en cada ciudad deben buscar las acciones para fomentar la cooperación entre los diferentes eslabones, ejecutando ruedas de negocios o ferias para el conocimiento e integración de los actores. De esta manera se lograría estandarizar las características del plástico reciclado

acorde a los requerimientos de las empresas, reduciendo de esta manera los costos asociados al control de calidad en la materia prima y aumentando la demanda.

2. El gobierno debe promover el desarrollo de líneas de crédito flexibles a través del Banco Interamericano de Desarrollo u otras entidades, para que las empresas puedan adquirir tecnología idónea para el procesamiento del plástico reciclado.
3. Incrementar la participación de los centro de investigación y universidades, como el Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y el Caucho (ICIPC) con sede en Medellín, y de esta manera mejorar la gestión del conocimiento con los diferentes actores de la cadena de valor.
4. El gobierno debe generar mayor cantidad de políticas públicas que incentiven la actividad del reciclaje en todos los sectores, ofreciendo tasas retributivas y beneficios tributarios, como la reducción del impuesto de renta, devolución de impuestos a las ventas, exención de impuestos en tecnología importada, entre otros.
5. Crear una entidad observadora y reguladora del sector, de carácter pública o privada, de tal manera que vigile la competencia del sector, reglamente las actividades de cada uno de los eslabones de la cadena de valor, establezca la variabilidad de los precios y sirva como un canal de intermediación entre los diferentes actores del sector.
6. El gobierno debe actualizar el Plan de Gestión de Residuos Sólidos (PGRS) para Colombia, con una meta clara para reducir la cantidad de plásticos hacia los botaderos y vertederos, y dar viabilidad al proceso de recuperación energética de los plásticos a través de las tecnologías para incineración.
7. Desarrollar programas de capacitación con las empresas prestadores de servicio público de aseo en cada ciudad, para enseñar a los generadores los procesos de separación en la fuente óptimos y los beneficios de practicar este hábito.
8. El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia (MinTIC) debe liderar un modelo de comercialización y distribución a través de plataformas digitales, previamente diseñadas acorde a las necesidades del sector. Este modelo puede ser administrado por la entidad observadora y reguladora que se menciona en el ítem 5.

4. Conclusiones

La demanda de plásticos se espera siga incrementándose en el futuro, por lo que se debe prestar mayor atención y elevar el nivel de importancia a la gestión de residuos plásticos. El mercado del plástico reciclado afecta muchos sectores económicos, por lo que mejorar los procesos en esta cadena de valor puede beneficiar los indicadores en todos los sectores, desde la industria del empaque hasta el sector del transporte y la construcción. Sin embargo, el sector del reciclaje de plástico presenta deficiencias en todos los eslabones de la cadena de valor, presentando un nivel de recuperación y aprovechamiento de plásticos extremadamente bajo. Solo el 1,4% del potencial de residuos plásticos está siendo recuperado, lo que requiere mayores esfuerzos de cada uno de los actores para incrementar ese indicador y acercarse a potencias europeas que alcanzan tasas de reciclaje superiores al 25%. Incluso, incorporan tecnologías de incineración para hacer recuperación energética a cerca del 30% del residuo plástico (PlasticsEurope, 2019).

El estudio permitió identificar los eslabones y los actores involucrados en la cadena de valor del reciclaje de plástico en el departamento del Atlántico (Colombia). Así mismo, se pudieron establecer las actividades desarrolladas y sus interacciones, permitiendo identificar las barreras para el crecimiento del sector.

Para fortalecer la cadena de valor se recomienda diseñar un modelo de gestión que integre las estrategias que se presentan en este estudio, involucrando modelos de innovación abierta para el mejoramiento de la competitividad de todos los actores y poder generar economías de escala. De esta manera, se pueden mejorar la valorización del plástico reciclado en cada eslabón de la cadena estimulando la inversión en la región y el acceso a nuevos mercados.

Referencias bibliográficas

- ACOPLASTICOS (2019). Plásticos en Colombia. En Las materias plásticas en Colombia. Evolución de las principales variables en el trienio 2015 - 2017 (págs. 101-152).
- Alcaldía de Barranquilla, Distrito Especial, Industrial y Portuario. (20 de 12 de 2015). Alcaldía de Barranquilla. Obtenido de Alcaldía de Barranquilla: http://web2018.barranquilla.gov.co/normatividad/leyes-y-acuerdos/doc_download/4312-pgirs-distrito-barranquilla-2016-2027-definitivo
- Cámara de Comercio de Barranquilla. (03 de 03 de 2020). Sede virtual. Obtenido de <http://virtuales.camarabaq.org.co:8080/>
- Consortio NCU - UAESP. (2018). Opciones de aprovechamiento existentes y análisis de cadenas de valor para los residuos identificados en el estudio técnico de caracterización. Bogotá.
- DANE - EAM. (2018). Encuesta Anual Manufacturera (EAM). Bogotá.
- Hennlock, M., Castell-Rüdenhausen, M., Wahlström, et al. (2014). Economic Policy Instruments for Plastic Waste - A review with Nordic perspectives. Rosendahls-Schultz Grafisk: TemaNord.
- Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 364(1526), 2115 - 2126.
- Humphrey, J., & Navas-Alemán, L. (2010). Value chains, donor interventions and poverty reduction: A review of donor practice. Brighton: Institute of Development Studies. doi:10.1111/j.2040-0217.2010.00063_2.x
- Jaligot, R., Wilson, D., Cheeseman, C., Shaker, B., & Stretz, J. (2016). Applying value chain analysis to informal sector recycling: a case study of the zabaleen. *Resources, Conservation and Recycling*, 114, 80-91.
- Kaiser, K., Schmid, M., & Schlummer, M. (2018). Recycling of Polymer-Based Multilayer Packaging: A review. *Recycling* 2, 1-26.
- Mendoza, R. (2011). VI CONGRESO INTERNACIONAL DE MATERIALES - VI CIM 2011. Comportamiento a tensión de mezclas material virgen/reciclado de polietileno de baja densidad (PEBD) y polipropileno (PP). Bogotá.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (06 de Agosto de 2002). Decreto 1713 de 2002. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia.
- PlasticsEurope. (2019). Plastics – the Facts 2019. An analysis of European plastics production, demand and waste data. carbon neutral print production.
- Ramírez, R. (02 de 20 de 2020). Cadenas de valor y reciclaje. Obtenido de <http://asociacionrecicladoresbogota.org>
- Rodic, L. (2015). Informal Waste Sector. Topic Sheet 14, in UNEP. Global Waste Management Outlook, 176-180.
- Rodríguez, H. (2012). Gestión integral de residuos sólidos. Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina.

- Scheinberg, A., & Simpson, M. (2015). A tale of five cities: Using recycling frameworks to analyse inclusive recycling performance. *Waste Management & Research*, 33, 975-985.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2018). Informe de resultados de la evaluación a las organizaciones de recicladores. Santa Marta: Departamento Nacional de Planeación.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2018). Informe nacional sobre el pesaje y registro de las cantidades de residuos efectivamente aprovechados de los prestadores de la actividad de aprovechamiento. Departamento Nacional de Planeación.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2019). Disposición final de residuos sólidos. Informe Nacional - 2018. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Trienekens, J. (2011). Agricultural value chains in developing countries a framework for analysis. *International Food and Agribusiness Management Review*, 14(2), 51-82.
- United Nations (2019a). The plastics landscape: risks and opportunities along the value chain. United Nations Environment Programme Finance Initiative (UNEP FI).
- United Nations (2019b). Recycling value chain analysis (RCVA) in Teknaf and Ukhia, Bangladesh. United Nations Development Programme.
- Wilson, D., Velis, C., & Rodic, L. (2013). Integrated sustainable waste management in developing countries. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Waste and Resource Management*, 166, 52-68.