

El vidrio y el plástico, ¿materiales con futuro para empaque de alimentos? Una reflexión enfocada a la estrategia de una economía circular

*Glass and plastic: future materials for food packaging?
A reflection focused on the strategy of a circular economy*

Juan Carlos Vergara Cogollo¹, Bárbara Franco Orozco²

Recibido: 25 agosto de 2020 Aprobado: 2 septiembre de 2020

Resumen: El vidrio y el plástico son, en la actualidad, los materiales más utilizados para empaque y consumo de alimentos. Por sus características, estos materiales se convierten en grandes contaminantes de los ecosistemas naturales después de su uso y, por tanto, causan graves problemáticas ambientales. En este trabajo de revisión se discuten posibles soluciones a estas problemáticas, a través de una revisión de bibliografía y de un análisis de conceptos que determinan el futuro de estos materiales frente a las nuevas estrategias globales de sostenibilidad económica, las cuales utilizan estos materiales como herramientas para una estrategia de economía circular. Asimismo, en este artículo se hace un análisis histórico, se dimensiona la problemática, se muestra la relación entre el desarrollo sostenible y la economía circular, y se

realiza un análisis crítico respecto de cada uno de los actores del problema y si las soluciones actuales, tanto científicas, pedagógicas como gubernamentales, son efectivas o es pertinente sugerir una nueva propuesta sustentada en la información recopilada por estudios científicos, con la cual se establece el futuro de los materiales en la estrategia hacia una economía circular.

Palabras clave: Vidrio, plástico, empaques para alimentos, desarrollo sostenible, economía circular, educación ambiental, cultura ambiental, medioambiente, contaminación, gestión de residuos.

Abstract: Glass and plastic are currently the most commonly used materials for food packaging and consumption. Due to their characteristics,

¹ Autor correspondiente: Ingeniero de alimentos, estudiante del programa de Especialización en Tratamiento, Valoración y Gestión de Residuos Sólidos. Tecnológico de Antioquia- Institución Universitaria. Medellín, Colombia. Correo electrónico: juanvergara2528@gmail.com

² Ingeniera Agrónoma, PhD en fitopatología del James Hutton Institute, Escocia-UK. Tecnológico de Antioquia- Institución Universitaria. Medellín, Colombia. Correo electrónico: bfranco.orozco1205@gmail.com.

these materials become large pollutants of natural ecosystems, after their use and therefore cause serious environmental concerns. In this review solutions to these problems are discussed, by reviewing the literature and analyzing concepts that establish the future of these materials in the face of new global strategies for economic sustainability, which uses these materials as tools for circular economy strategies. Furthermore, in this work, a historical analysis is made, the problem is dimensioned, the relationship between sustainable development and the circular economy is established, and a critical analysis is carried out by linking each of the actors of the problem and establishing whether the current solutions, both scientific, pedagogical and governmental, are effective or not. This work also suggests a new proposal based on information gathered by scholars and scientists, which sets out the future of materials in the strategy towards a circular economy.

Keywords: Glass, plastic, food packaging, sustainable development, circular economy, environmental education, environmental culture, environment, pollution, waste management.

Introducción

La contaminación de los ecosistemas se determina por los excesos antropogénicos. En el mundo, la problemática generada por la contaminación, tanto de la tierra, el agua y el aire, se presenta por las actividades realizadas por los seres humanos al extraer los recursos naturales y producir con ellos [1], procesos que, bajo estrategias económicas lineales, han destruido el equilibrio entre la naturaleza y la satisfacción de las necesidades de los individuos, lo cual se ha convertido en una problemática ambiental al generar una saturación tóxica del entorno natural.

Son muchos los procesos y materiales que generan contaminación ambiental y causan graves problemas en los ecosistemas, entre los cuales se encuentra el desarrollo de empaques para alimentos, con el fin de garantizar su vida útil, transporte e inocuidad [2], [3], [4]. Los materiales más usados en el empaque de alimentos son el

vidrio y el plástico. Este último es el más manejado debido a sus características, por lo que se constituye como uno de los materiales con mayor producción a nivel mundial. El uso bajo el modelo lineal del plástico y falencias en los procesos de gestión son el motivo por el cual este material se acumula al final de su proceso productivo y penetra en los ecosistemas [5].

La historia de estos materiales permite comprender la forma en que se convierten en herramientas que facilitan la vida de los seres humanos, cuando se extraían de la naturaleza sin destruir el equilibrio natural. Es en la época contemporánea que los modelos económicos, los nuevos desarrollos tecnológicos y la industrialización convirtieron estos materiales en un problema ambiental.

La problemática ambiental en el mundo, asociada a fenómenos como el calentamiento global, pérdida de biodiversidad y problemas en la fertilidad de suelos, ha obligado a la sociedad actual a crear organizaciones mundiales conformadas por gobiernos, organizaciones ambientales, científicos, industria, sociedad civil y otros actores sociales para buscar alternativas encaminadas a la solución del problema [6]. De estos encuentros internacionales han surgido teorías y estrategias acordadas entre países y presentadas como convenios, protocolos o acuerdos que son el eje central que regula las normas ambientales que se deben aplicar [6].

A partir de estos convenios y acuerdos se ha originado la teoría del desarrollo sostenible, modelo que establece un equilibrio entre lo económico, lo social y lo ambiental [7]. Para poner en práctica este modelo de sostenibilidad se han propuesto estrategias, entre las cuales la economía circular es una de las más estructuradas y acertadas para seguir como modelo económico sostenible [8].

Colombia es uno de los países latinoamericanos que ha acogido dentro de su contexto social y político, los convenios y pactos ambientales de carácter mundial [9], además, en el Artículo 79 de la Constitución Política se establece como una política pública el derecho a un ambiente sano [10]. Esto demuestra que Colombia, con la continua intención

de prestar protección al medioambiente, ha creado varios organismos y dependencias en el sector público y se puede considerar un país avanzado respecto si se lo compara con otros Estados del continente [9].

Como parte de su política ambiental actual, en Colombia se han aprobado proyectos de ley y se han sancionado normas que buscan poder llevar a la práctica modelos económicos basados en el desarrollo sostenible, y también leyes que garanticen el derecho a un ambiente sano [9]. En este trabajo de revisión, se analiza si las decisiones gubernamentales están cumpliendo con su objetivo, o si se requieren más normas u otras acciones orientadas a un mayor empoderamiento social, cultural y económico, que incentiven a los habitantes y su entorno a un desarrollo sostenible. Con base en este análisis, se discuten posibles soluciones a la problemática ambiental que se genera en el posconsumo de los materiales de vidrio y plástico como empaques de alimentos, y se establecen marcos conceptuales generales de estudio para hacer críticas constructivas en busca de soluciones.

En la segunda parte, se hace un recuento breve de la historia de ambos materiales. Luego, viene una descripción de la problemática ambiental actual,

Historia de los materiales

En su desarrollo a lo largo de las civilizaciones, la humanidad necesitó crear herramientas a medida que fue evolucionando. El vidrio se descubrió desde antiguas épocas, como elemento de acompañamiento, prestando utilidad y belleza. Durante los siglos XVIII y XIX, gracias al gran desarrollo técnico y científico, la humanidad logró un enorme progreso en su técnica de fabricación, y fue así que a finales de este periodo se dio el proceso de fabricación masiva de botellas y su posterior automatización en 1899 [11]. Después de esto el vidrio se industrializó y se convirtió en el material más importante para empaque de bebidas durante el siglo XX.

En cuanto al plástico, a lo largo de la historia, el ser humano ha investigado y encontrado materiales

cuya estructura está compuesta de polímeros naturales, tales como el ámbar, la goma laca y la gutapercha, cuyo uso ha sido reportado desde el año 2000 a. C. hasta la Edad Media, y que son los antecesores de los polímeros actuales [12].

En el año de 1786 se dieron los primeros pasos para obtener estireno, principio del poliéster [12], pero fue en el siglo XIX cuando se desarrollaron materiales como el caucho, la caseína, la ebonita y el celuloide, los cuales son antecesores del plástico actual [12]. En 1909, se creó la bakelita, primer polímero completamente sintético. Este material se utilizó en la producción de armazones de teléfonos y de radios, artículos de escritorio, ceniceros, etc. [12].

Nació una nueva época al conocerse que se podrían crear, gracias a la química, materiales plásticos que tenían la capacidad de ser mejores que los plásticos naturales, los cuales perdieron importancia [12], y desde ese momento se generó un gran desarrollo e industrialización del plástico, al lograrse en 1915 la copolimerización, con la cual se comenzó a producir una gran variedad de plásticos. La norteamericana *Unión Carbide Chemicals* desarrolló en 1927 los primeros copolímeros (cloruro-acetato de vinilo), los cuales se empezaron a producir a nivel industrial a partir de 1939 [13].

En la mitad del siglo XX, el plástico se empezó a utilizar como material para empaque de alimentos, por sus características de flexibilidad, maleabilidad, durabilidad, diseño, variedad, versatilidad —desde láminas hasta aplicaciones rígidas—, así como su fuerza, ligereza, estabilidad, propiedades barrera, facilidad de esterilización y su bajo costo, lo hacen idóneo para este y otros usos en el sector de la manufactura.

El desarrollo y la producción de estos materiales ocurre bajo el modelo económico lineal, el cual se fundamenta en la excesiva utilización de recursos naturales y energía y, por tanto, se generan grandes cantidades de desechos y emisiones (extraer-fabricar-comprar-usar-eliminar) [14]. Estos desechos y emisiones terminan saturando los lugares de disposición final, afectan los sistemas

naturales [15] y se convierten en una problemática ambiental posconsumo, ya que por ser, en su mayoría, derivados del petróleo, estos desechos no son biodegradables, motivo por el cual el planeta se comienza a saturar [16]. Por ende, el desarrollo de estrategias sostenibles para controlar este problema, comenzó a tomar importancia en los países desarrollados desde finales de los años ochenta [17].

Los plásticos se convirtieron en materiales indispensables para la sociedad actual, ya que, de alguna manera, nos han facilitado la vida. Existe una gran variedad de plásticos en el mercado, por lo que en 1988 el *Bottle Institute*, de la *Society of the Plastics Industry*, diseñó un sistema de códigos para identificarlos. Los códigos son números ubicados dentro de un pictograma triangular y un breviarío debajo, con el fin de identificar estos plásticos para su separación durante el proceso de reciclaje [12].

En Colombia, se empezaron a desarrollar políticas para formar y proyectar sobre la protección y el direccionamiento al cuidado del medioambiente desde la creación, en 1974, del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y la Protección al Medio Ambiente [18]. Sin embargo, fue desde los años noventa que se consolidó la reforma ambiental a partir de la Constitución de 1991, la cual expresa en el Artículo 79 que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano [10]. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines [10]. Con base en la Constitución, el Gobierno tomó interés en el tema y creó en 1993 el Ministerio del Medio Ambiente, con lo cual se reordenó el sector público encargado de la gestión y conservación del medioambiente y los recursos naturales renovables y se organizó el Sistema Nacional Ambiental (SINA), entre otras disposiciones [19]. Después de esto, se crearon leyes de control para el manejo de residuos bajo el concepto de desarrollo sostenible, el cual busca un equilibrio entre lo social, lo ambiental y lo económico [20]. En este contexto, se aprobó en el año 2016 el documento Conpes 3874, denominado "Política

nacional para la gestión integral de residuos sólidos", donde se expresa, en el numeral 5.3.1, la necesidad de "promover la economía circular, a través del diseño de instrumentos en el marco de la gestión integral de residuos sólidos" [21].

En el contexto de crecimiento económico del país y del proceso acelerado de urbanización de las ciudades, no es suficiente el control de la contaminación a través de sitios de disposición final, se requieren técnicas que contribuyan a facilitar el aprovechamiento de los recursos. En este sentido, se han propuesto estrategias con el fin de promover la prevención, minimización, reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos con fines de valorización (por ejemplo, a través de la generación de combustible o de energía eléctrica), como contribución a que el país avance hacia un modelo circular en el componente de gestión de residuos y modifique el modelo lineal que ha venido implementando [21].

Pensando en el futuro, actualmente las políticas gubernamentales se orientan al cambio de una estrategia económica lineal a una circular. La estrategia nacional de economía circular del Gobierno nacional busca promover un nuevo modelo de desarrollo económico que incluye la valorización continua de los recursos, el cierre de ciclos de materiales, agua y energía, la creación de nuevos modelos de negocio, la promoción de la simbiosis industrial y la consolidación de ciudades sostenibles, con el fin, entre otros, de optimizar la eficiencia en la producción y consumo de materiales, y reducir la huella hídrica y de carbono [22].

Problemática ambiental

A mediados del siglo XX, en Colombia se presentó un crecimiento acelerado de las zonas urbanas, las metrópolis se expandieron al aumentar la población debido al desplazamiento de la población campesina a la ciudad por causa de la violencia en el campo [23]. Debido a este fenómeno de dinamismo social, durante los años sesenta se comenzó a presentar un gran desarrollo industrial que, al tiempo que atraía mano de obra a las ciudades, buscaba satisfacer las necesidades de consumo de la población de estas nuevas urbes.

Además, para llegar a las masas de consumidores, los alimentos deben sufrir procesos de preparación y empaque que les permitan tener una vida útil de inocuidad hasta ser consumidos.

En el desarrollo industrializado de los alimentos, el vidrio fue pionero como empaque y, en 1899, se comenzó a utilizar de manera masiva y automatizada [11], [24]. En la evolución tecnológica y económica de las empresas productoras de alimentos, estas migraron hacia el uso del plástico, el cual se convirtió en el material más utilizado en el proceso de empaque para alimentos y en otros procesos de manufactura por su costo y versatilidad. Sin embargo, existe falta de conciencia tanto del productor como del consumidor de plástico en el planeta. Para los productores prevalece el beneficio monetario y para los consumidores, su satisfacción, sin importar las problemáticas de los materiales de desecho en el posconsumo, los cuales para su degradación demoran miles de años, por lo que afectan negativamente los ecosistemas [25].

Colombia no es una excepción en el planeta y sufre una alta contaminación por el plástico. Este material es muy utilizado en el comercio de Colombia, donde se consumen aproximadamente 24 kg por persona, lo que significa un consumo de 1.250.000 toneladas de plástico por año [5]. Parte de la problemática está en que la mayoría de este plástico es de un solo uso, lo cual corresponde aproximadamente al 56 % del uso total de plásticos en Colombia, es decir, empaques, embalajes, PET, entre otros [5]. Estos plásticos de único uso se convierten en un problema posconsumo, ya que no existen programas que garanticen su recuperación, por lo que la mayor parte es depositada en el relleno sanitario junto a otros materiales que se podrían aprovechar.

Colombia genera aproximadamente 12 millones de toneladas de residuos sólidos al año y solo recicla el 17 %. En el caso de Bogotá, se generan cerca de 7.500 toneladas al día y se reciclan entre el 14 % y el 15 %, incluso por debajo del promedio nacional. Además, en Colombia, el 74 % de los empaques termina en los rellenos sanitarios [5]. Esta situación la expresa Greenpeace (2018) de la siguiente manera:

Debido a que existen muchos elementos, los cuales determinan el último destino del residuo de plástico, se debe tener en cuenta que las industrias no le dan importancia al ciclo de vida del material que producen, nunca se ha establecido un modelo circular con el fin de reincorporar el material postconsumo a su ciclo de producción [5].

La mayor parte de este material plástico producido en Colombia se utiliza para empaque y consumo de alimentos, el 62 % de los envases se emplean principalmente en el segmento de alimentos, el 22 % en el de bebidas y el 9% en cosméticos y artículos de aseo [3].

El vidrio, a pesar de no ser el principal material para uso en empaque de alimentos, continúa siendo uno de los más utilizados, principalmente como envase de líquidos: "El vidrio es, con toda seguridad, uno de los elementos usados en esta época para empaque de alimentos y bebidas, con una antigüedad de más de 5000 años" [24].

Respecto a los efectos ambientales del vidrio existe discusión. Mientras algunos afirman que el vidrio no contamina, otros expositores dicen lo contrario, ya que el vidrio se convierte en material maligno para el ambiente por ser un material que perdura durante ciclos generacionales. Además, para la fabricación de los envases de vidrio, el material se procesa a altas temperaturas, por lo que un grupo de científicos afirma que este proceso de fabricación deteriora la atmósfera de la Tierra por el empleo de tanta energía [26].

En la producción del vidrio en Colombia se destaca principalmente la fabricación de envases y vidrio plano, de la siguiente manera: Envases (48 % de la producción total), cristalería, vidrio para alumbrado, vidrio de seguridad templado y lana de vidrio. En 2001, la producción total de la cadena (según valor de fábrica) fue de \$590.622 millones, de la cual el 80,83 % estuvo representada por sólo cuatro productos: envases (34,45 %), vidrios de seguridad (17,9 %), vidrio plano (14,44 %) y vidrio para laboratorio y farmacia (14,04 %)[27].

Los problemas ambientales que Colombia enfrenta el día de hoy son evidentes, los métodos utilizados

no son lo suficientemente efectivos para controlar la cantidad de material que se produce y no existe un compromiso por parte del Estado, la industria, el comercio y el consumidor. Esta situación representa una falla grave en el modelo actual de fabricación, porque la industria se desentiende del material producido al llevarlo al mercado. Actualmente, la responsabilidad de los desechos queda para el consumidor, y las comunidades se saturan con la gran cantidad de residuos. La problemática se empeora a causa de un sistema de gestión de residuos inservible y poco eficiente [5].

Estrategia económica

Como se describió anteriormente, el gran problema de la industrialización es su desarrollo bajo la estrategia de una economía lineal. Este modelo económico se basa en procesos establecidos durante la Revolución Industrial y el avance económico generado a partir de esa época se ha desarrollado bajo la idea de "extraer-fabricar-eliminar", lo que se denomina como economía lineal [28], la cual ignora el cuidado del medioambiente y apoya una sociedad de consumo. En la sociedad contemporánea, aún se extraen materias primas, se elaboran productos y se consumen sin límites y se genera una gran cantidad de desechos.

En cuanto a progreso y calidad de vida, la estrategia lineal es eficiente, pero es insostenible por la cantidad de materia prima y energía que necesita. Esta estrategia se fortalece, además, por el alto consumo, sin embargo, no se puede sostener en un mundo de recursos finitos y considerando la saturación de elementos contaminantes [29]. Este desarrollo desmesurado, el cual solamente se interesó en generar bienes que satisfagan capitales y el consumo de una sociedad basada en lo material, se ve reflejado en todos los desechos posconsumo que día a día se generan. Por eso se requiere que la sociedad, el Estado y la industria tomen conciencia de la necesidad de buscar modelos estratégicos y económicos que logren un equilibrio de sostenibilidad con el entorno.

En la actualidad, algunos investigadores de la economía han buscado la forma óptima de

disminuir la brecha entre la teoría de la economía neoclásica y cuidar el medioambiente, de allí ha surgido la teoría de una economía verde cuyo objetivo es disminuir el impacto ambiental y hacer un buen uso de los recursos, sin desistir del crecimiento infinito y expansionista [30]. Por tanto, no es una propuesta viable para la solución del problema, por la internacionalización de los costos y porque apoya el principio de "quien contamina paga", lo cual no inspira grandes cambios a los modelos culturales de las empresas, en cuanto a optimizar los procesos para evitar la contaminación al desarrollar sus productos [30]. Por ello se buscan nuevos conceptos universales, con los cuales se instale una directriz de equilibrio económico, social y ambiental a partir de la siguiente definición de la ONU del año 1980: "se define desarrollo sostenible, al desarrollo que tiene la capacidad de abastecer los recursos necesarios actuales sin utilizar los recursos y bienes de próximas generaciones" [31]. El centro estructural sobre el que se apoya la estrategia de desarrollo sostenible se fortalece por la interacción entre economía, justicia social y protección del medioambiente [17].

El concepto de desarrollo sostenible busca encontrar un camino adecuado enfocado a construir una estrategia de desarrollo, la cual comprometa a la sociedad con el cuidado del medioambiente. Por eso se considera acertada la estrategia de una economía circular, ya que ella y el desarrollo sostenible tienen una fuerte correlación y van unidos para lograr sus objetivos, en función de las estrategias de producción que las empresas utilizan al instituir normas de protección y conservación ambiental [8].

En la búsqueda de una estrategia económica sostenible y amigable con el medioambiente, con la cual todos los actores involucrados puedan obtener ganancias y que el ambiente sea el más beneficiado, nace el modelo de la economía circular. El patrón de producción de una economía circular es un modelo que nace de la economía verde, basado en diseñar y producir productos que al final de su ciclo de vida se puedan reutilizar [32].

Esta economía se desarrolla como una opción a la estrategia actual de producción y consumo, tiene

la capacidad de resolver problemas ambientales y abre camino a nuevas oportunidades de negocio y aumento de la economía. Se presenta como una opción lógica y viable, que puede solucionar los problemas que genera la economía lineal, ya que busca lograr que tanto lo producido como la materia prima y los recursos sean útiles infinitamente y mantengan su valor en todo momento con el fin de generar cero residuos [33]. El modelo de economía circular está basado en el principio de reducción, reutilización y reciclaje [34], que acaba con los procesos lineales generadores de residuos y convierte la cadena productiva en un proceso sustentable con el medio ambiente. Sobre este modelo Ken Webster afirma lo siguiente:

La economía circular se estructura en la búsqueda del restaurar y regenerar con el propósito de que todos los productos, procesos y materiales se diseñen manteniendo su utilidad y valor económico durante todo su ciclo de vida tanto técnica como biológica. Es un nuevo modelo económico a nivel global, el cual marca el desarrollo económico a nivel mundial a futuro y acaba con el modelo de consumo de recursos finitos [34].

La economía circular se sustenta en realizar estudios de lo no lineal y se preocupa principalmente por los seres vivos. Lo más importante en los procesos es encontrar el punto de optimización de los sistemas, en vez de los componentes. El sistema se debe rediseñar en pro de una óptima gestión en el flujo de materiales. En esta economía existen dos tipos de flujos: primero, biológicos, los cuales se diseñan y preparan para ingresar a la biosfera de una forma segura y restaurada y segundo, los materiales, que se diseñan mecánicamente y entran en los procesos productivos, sin ingresar a la biosfera, y luego en procesos de recirculación que proporcionan un ciclo de valor a los materiales [35].

De lo anterior podemos establecer tres principios con los cuales guiar el concepto de economía circular:

- 1) Se preserva y mejora el capital natural: Se logra con el control de stocks finitos para dar equilibrio a los recursos renovables [36].
- 2) Mejorar la utilización de recursos: circulando productos, componentes y materiales hasta alcanzar su máximo uso, tanto en el ciclo

técnico como en el biológico [36].

- 3) Incentivar la eficacia del sistema: se logra con la creación de patentes y la eliminación de procesos externos negativos [36].

Para lograr implementar el modelo de economía circular, es importante conocer los modelos de negocio con los cuales se pueden obtener resultados exitosos:

Extraer: es la manera como las empresas utilizan los recursos que se encuentran en su entorno. Estas empresas deben usar de manera más eficaz y con mayor responsabilidad los recursos biológicos y técnicos. Esto quiere decir que los procesos de selección de proveedores y los materiales usados se deben elegir de acuerdo con políticas medioambientales que incentiven el cuidado de la naturaleza [37].

Transformar: al tener los recursos, se deben incentivar las prácticas con tecnología e innovación ecológicas (eco-innovaciones), lo cual genera un producto o servicio con procesos de mayor sostenibilidad [37].

Distribuir: es la parte del proceso en la que el producto o servicio se lleva al cliente. La empresa debe garantizar la vida útil del producto y eficientemente disminuir el impacto ambiental durante el proceso logístico hasta la entrega final al cliente [37].

Usar: la economía circular busca disminuir el consumo de la energía cuando el producto es entregado al consumidor o es usado como materia prima, para que su uso sea más eficiente. Esta eficiencia del producto o servicio se puede optimizar al ser reutilizado o reparado para un segundo uso [37].

Recuperar: existen dos formas de recuperar los residuos: como material biológico que regresa a la biosfera o material técnico que se reutiliza en un proceso industrial [37].

El proceso de fabricación de productos dentro de la economía circular se debe basar en el proceso llamado *Ecodiseño*, el cual se define de acuerdo con el grupo de actividades llevadas a

cabo en busca del mejoramiento ambiental de los productos a partir del diseño inicial, optimización, elección de materia prima, proceso productivo adicional, transporte, utilización y disminución del impacto en su etapa final de tratamiento [32]. Igualmente, el ecodiseño es el método con el cual se desarrollan productos a nivel industrial, donde lo ambiental se tiene en cuenta para su diseño [38]. Según Fernández Alcalá (2015) [39], en la ingeniería de los productos existen algunas estrategias que se basan en el concepto del ecodiseño y favorecen el desarrollo de una economía circular. Estas comprenden:

- Extender la vida útil del producto (con el cliente).
- Incentivar la reutilización del producto (promover los mercados de segunda mano).
- Garantizar la reparación del producto y un nuevo mercado para este.
- Fomentar el uso de piezas y repuestos al desmantelar equipos (recuperación parcial).
- Realizar el proceso de reciclaje asegurando su nuevo ciclo de vida (gestión de residuos).

El desarrollo de los empaques para alimentos o el llamado diseño de *packaging*, es usado para conservar un producto, prestarle protección, almacenar, transportar e, igualmente, favorecer una relación física con el cliente. Este diseño de *packaging* actúa también como medio de comunicación, porque brinda características funcionales de tipo informativo, persuasivo, prescriptivo, apelativo, etc. [40]. La economía circular es la estrategia que se debe seguir con fines de sostenibilidad y lograr modelos productivos cerrados, y esto requiere cambios en los modelos de desarrollo de los empaques para dar mayor importancia a los procesos sostenibles y los modelos de producción cerrada (*close-loop*). Asimismo, los modelos de empaques se pueden convertir en un aspecto importante en las estrategias de negocio y principio organizacional industrial [41], con un valor agregado al producto en el que el empaque no se convierte en un problema ambiental y le genera al consumidor actual cierto grado de tranquilidad.

En cuanto a los diseños de empaques, se observa que la directriz se rige por la medida con que el

consumidor se preocupa por el impacto ambiental generado, lo que ya determina un paradigma en la decisión de comprar y consumir [42]. Igualmente, por parte de algunas empresas productoras comienza a existir la prioridad de diseñar materiales que sean de fácil descomposición y desecho, con lo cual se logra un efecto adicional para la identidad corporativa de la empresa, ya que genera una conexión del nombre del producto con un estímulo de sensibilidad hacia el cuidado del medioambiente [42]. Por parte del cliente, la mayoría de consumidores se encuentran con información medioambiental clara, con predisposición de dirigirse a lo ecológico, adquirir preferencialmente productos cuya elaboración sea respetuosa del medioambiente o realizar actividades para cuidar el ambiente de los desechos posconsumo. Los resultados que se generan muestran que buscar la sostenibilidad ambiental es una responsabilidad compartida con la colaboración de ambas partes y que las estrategias de eco-empaque representan un valor agregado para consumidores de comidas y bebidas empaçadas [42].

La economía circular es el principio de un nuevo concepto económico a nivel mundial, estructurado en el marco del desarrollo sostenible, en el que todos los actores involucrados (gobierno, industria, consumidores) tendrán que establecer nuevos paradigmas en la cadena productiva y de consumo. Este concepto significa "reinventarse" hacia una economía y cultura del cuidado del medioambiente, crear la necesidad de replantear la estrategia económica, poner en práctica un modelo económico sostenible y presentar un equilibrio dinámico entre los sujetos. Por ende, es esencial remodelar los procesos de producción capitalista hacia procesos de desarrollo sostenible que satisfagan la necesidad y aspiración del individuo proyectando crecimiento y, finalmente, permitan reinventar el ciclo y la economía al convertir la economía lineal en economía circular [43].

El vidrio y el plástico como empaque de alimentos: ¿dentro o fuera de una economía circular?

Como se describió más arriba, el gran problema que generan estos materiales luego de cumplir con su función como empaque de alimentos está

en el posconsumo por la destrucción del ambiente y de los recursos naturales. Esto pasa bajo el modelo de economía lineal el cual genera una gran cantidad de problemáticas negativas a la sociedad y a la tierra, a causa de explotar los recursos sin ningún control y de cadenas industriales diseñadas para producción, consumo y desecho, lo que ha desembocado en una problemática tanto a nivel ambiental como social [44], como la crisis climática, la contaminación de ecosistemas marinos y terrestres, la pérdida de biodiversidad, el desarrollo de enfermedades en los humanos y la poca disponibilidad de materias primas [45].

En busca de la solución a esta problemática compleja, surge el desarrollo sostenible como un nuevo concepto de pensamiento para proteger jurídica y políticamente el medioambiente, teniendo en cuenta la situación socioeconómica del mundo [46]. El desarrollo sostenible es un catalizador en el desarrollo de la economía circular, la cual puede generar cambios positivos a la sociedad y el medioambiente si se vive con inteligencia, innovación y sostenibilidad [47]. Por eso, la estrategia de economía circular es el marco que se debe seguir para hallar soluciones, y en relación con los empaques para alimentos, nos encontramos en una época ideal para aprovechar el potencial de esta estrategia [48].

En Colombia, se deben encontrar soluciones puntuales enmarcadas en un equilibrio económico, social y ambiental, que se puedan implantar como políticas gubernamentales que encajen en el entorno sociocultural y geopolítico colombiano y en el esquema de las normas ambientales. Sin embargo, se debe tener en cuenta que lo establecido en las leyes no garantiza cambios en la actitud de las personas, las políticas no necesariamente generan el resultado que se espera, porque lo que dictaminan las normas formales no genera cambios en las normas informales [16]. Para lograr que estas políticas de gestión integrada de residuos cumplan con su objetivo es importante contextualizar herramientas de responsabilidad social, término que, en general, se encuentra relacionado con la búsqueda de un bienestar común [49].

La responsabilidad ambiental en Colombia no

se entrega a particulares, los cuales buscan en principio su interés particular en detrimento del bien común [49]. Así, la fortaleza para crear y transformar la situación ambiental actual se halla en el ciudadano, desafiando un cambio cultural necesario para el buen aprovechamiento de la naturaleza [50], mientras que por parte del gobierno y los gobernantes se toman las decisiones correctas en cuanto a políticas ambientales de interés hacia el bienestar social y el entorno.

En la actualidad, Colombia desarrolla programas para desincentivar el uso excesivo del plástico, por ejemplo, por medio de la Resolución 0668 de 2016 se reglamentó el uso racional de bolsas plásticas y se adoptaron otras disposiciones [51]. Al implementar la venta de las bolsas plásticas con esta norma, el Gobierno de Colombia tiene como objetivo colaborar con los proyectos ambientales, al disminuir los efectos de la contaminación medioambiental. Este impuesto, que penaliza el uso de bolsas plásticas mediante su cobro, busca generar conciencia en los clientes y otras formas y costumbres de consumo en el individuo, como reutilizar la bolsa plástica o utilizar empaques biodegradables, adquiriendo una actitud de responsabilidad ambiental [52]. Esta política, en su primer año, logró una disminución de 71 % en el uso de bolsas plásticas en los hogares de Colombia [53], lo que demuestra que es una medida positiva, aunque no es una solución total al problema. Existen desarrollos de algunos materiales como la bolsa biodegradable y la oxibiodegradable, las cuales se fabrican con aditivos que aumentan su nivel de descomposición, pero que son negativos al medioambiente, ya que no se degradan totalmente y necesitan un tratamiento especial, de lo contrario, su descomposición puede durar años. Otra alternativa es la bolsa reutilizable, la cual se produce con elementos a base de telas, pero mediante procesos complejos y costosos para su producción [53].

Existe un proyecto de ley que tiene como finalidad regular la fabricación, comercialización y distribución de elementos plásticos de un solo uso utilizados para el consumo de alimentos y bebidas, con el fin de reducir el impacto negativo que estos productos presentan en los ecosistemas acuáticos y el medio ambiente en general [54], y

que comienza a regir a partir del 2030. Además, el Gobierno nacional ha hecho avances en cuanto a legislación relacionada con la regulación del uso del plástico: la Ley 1973 de 2019, por medio de la cual se regula la comercialización y uso de bolsas y otros materiales plásticos en el departamento Archipiélago de San Andrés y Providencia [55]; y la Resolución 1558 del 9 de octubre, que prohíbe el ingreso y utilización de plásticos de un solo uso en las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales [56]. Estas leyes buscan proteger áreas en las cuales el turismo genera gran daño en los ecosistemas por el alto consumo de plásticos desechables o de un solo uso.

En cuanto al vidrio, se conoce que es el segundo material más utilizado en el empaque de alimentos y bebidas por tener ciertas características fisicoquímicas ideales. Además, es importante mencionar que el material propiamente no es contaminante, y su reciclaje se encuentra establecido desde los inicios de los procesos de industrialización, ya que el ahorro es alto y significativo en cuanto a energía y materia prima, la cual se extrae del recurso natural no renovable [57]. Al reciclar 3.000 envases de vidrio se economiza aproximadamente una tonelada de material, ya que el vidrio es posible recuperarlo por completo manteniendo su calidad y así, con un trato cuidadoso, la materia prima dura infinitamente [26]. El problema del vidrio se presenta en el momento de producirlo, y el impacto ambiental se debe estudiar en el proceso de producción más que en el producto final [57].

No existe una regulación que prohíba la producción de vidrio para empaque de alimentos en Colombia. En este sentido, se deben realizar controles en las plantas de producción por medio de auditorías a la materia prima y los combustibles, para garantizar que los hornos de fusión y los de recocido no contaminen la atmósfera [57].

Existen posibles soluciones, por ejemplo, aplicar leyes para eliminar el plástico de un solo uso, como lo exige Greenpeace. Para esta organización, la principal causante del exceso de plástico en el mundo es la industria, y el Ministerio de Medio Ambiente es el responsable de evitar y disminuir

la crisis ambiental que estos materiales de un solo uso causan en Colombia. Por lo anterior, se exige al Ministerio del Medio Ambiente un compromiso para sustituir los plásticos de un solo uso como sorbetes, platos, vasos, cubiertos, bolsas plásticas y botellas [5].

¿Será realmente esta la solución al problema de contaminación por plástico en Colombia y en el mundo? ¿Qué material lo podría reemplazar? Estas dos preguntas surgen cuando revisamos la solución de eliminar el plástico como material para empaque y consumo de alimentos.

Investigaciones como la nanotecnología indagan por materiales con los cuales se reemplace el plástico, los avances nanotecnológicos en el tema buscan cómo enriquecer la actividad de los microorganismos y cómo desarrollar material biodegradable o material reciclable [58]. Al momento se han creado materiales plásticos biodegradables, como el bioplástico, un polímero biodegradable que nace de un material biológico y renovable. Este plástico puede ser tratado como material orgánico que se puede enviar a un proceso de compostaje [59].

Los resultados obtenidos de estas investigaciones no han logrado obtener materiales 100 % biodegradables, lo que significa que se utilizó una cantidad de material plástico de principio orgánico [5], por lo que el material bioplástico no sufre un proceso de degradación más eficiente ni se puede realizar un proceso más simple de reciclaje. Diversos estudios mencionan la necesidad de investigar sobre los aditivos prooxidantes que requieren los empaques oxo-biodegradables para el proceso de degradación, porque los microorganismos transfieren los aditivos químicos al ecosistema. Así, es importante tener en cuenta que nombrar "biodegradable" a este producto es un error, ya que en su proceso de descomposición se conservan partículas de microplástico [60]. Para definiciones como biodegradable, compostable, bioplástico, bio-basado, bio-polímero, entre otras, no existe una regulación técnica ni legal ni comercial. Estas palabras tienen una definición estructurada y pueden utilizarse con libertad, gracias al marketing falso o *greenwashing*, pero

confunden al consumidor [5].

En Colombia se han creado leyes para acabar con el plástico de un solo uso, pero subsisten algunas preguntas: ¿Qué reemplaza esta necesidad? ¿Es posible regresar al vidrio, por ser un material que garantiza inocuidad en cada reutilización? ¿Hacer productos desechables en vidrio sería viable? Ahora, en cuanto al desarrollo de material biodegradable, hasta el momento no existe uno que reemplace al plástico en sus características funcionales y en valor económico. ¿Con cualquier otro material que reemplace los polímeros, se verán igualmente nuestras ciudades y ecosistemas saturados de este? ¿O son los procesos de producción los que contaminan mucho más la biosfera? Se sabe que algunos tipos de empaques generan un impacto al ambiente después de ser utilizados, ciertos materiales lo esconden antes de ser producidos [24].

El problema se genera por la gran cantidad de desecho que se debe disponer y el pésimo nivel cultural del consumidor, lo que se convierte en un perjuicio para el planeta: océanos, selvas, ríos, lagos, parques naturales, etc. [24]. Tanto la industria y el Estado como los consumidores, deben buscar soluciones con estructura, que se direccionen hacia políticas de desarrollo sostenible enmarcadas en una estrategia de economía circular.

Por otro lado, son igualmente problemáticas las campañas “verdes” que buscan beneficios comerciales. Existe un crecimiento de información falsificada, “ecopostureos o *greenwashing*”, y comunicaciones con *infobesidad* con cierta estrategia y con apoyo de canales tanto publicitarios como para comunicación [61], cuya finalidad es la venta de productos “verdes”, pero que no presentan un compromiso real con el medio ambiente [62]. Se han encontrado algunos momentos de riesgo en la propaganda del *greenwashing* demarcados como lo más visto en las pantallas [63].

De esta manera, a partir del propósito del desarrollo sostenible como modelo de crecimiento económico, se regula la explotación de los recursos naturales y el cuidado del ambiente, pero no se cuestionan los modelos de producir y consumir y

las normas con que se aplican [64].

La educación ambiental

En la búsqueda de una estrategia ambientalmente sostenible, finalmente cualquiera sea el origen o el Estado, el cambio cultural es definitivo. Es importante que la educación ambiental esté en la base cultural del desarrollo sostenible, así, la diferencia de conceptos dirigidos a diferentes individuos determinará los mismos objetivos hacia un mismo propósito [31]. La educación ambiental es un proceso educativo, que orienta al individuo a tomar conciencia de la importancia del medio ambiente, y lo incentiva a desarrollar valores y comportamientos que beneficien la utilización razonable del recurso natural y a buscar y presentar posibles soluciones frente a problemas ambientales. Se convierte en una filosofía de vida, que tiene como principio el respeto por los otros seres vivos y los derechos humanos y formar una sociedad sustentable, con participación y con equidad [65]. Junto con la educación ambiental, deben existir reglas sociales que generen beneficios al individuo en pro de mantener el entorno ambientalmente sano. Se explica a partir de la consecuencia social, que el individuo percibe actuar en su beneficio propio o actuar junto a otros para obtener beneficios a largo plazo [66].

Se crea la necesidad de desarrollar una política nacional de educación ambiental que sea coherente, sistemática e integradora, que permita a todos los involucrados participar en la búsqueda de solución y gestión de la problemática que se presente en cada comunidad, y adquirir el conocimiento que requieren las generaciones presentes y futuras [65]. Es de gran importancia que la educación ambiental proteja y actúe en favor de la diversidad cultural dando garantías y herramientas al individuo y a la sociedad con el fin de realizar proyectos específicos hacia el desarrollo de la sostenibilidad [67].

Hablar de ambiente no hace referencia solamente a los sistemas naturales, lo ambiental abarca las dimensiones de los sistemas cultural, natural, social, económico, político y del hábitat [68]. Hablar de educación no hace referencia exclusivamente a la escolaridad o a la enseñanza formal, sino a la amplitud de escenarios donde las personas aprenden, conocen y se transforman. Cuando se menciona a los educadores, se considera a los

dinamizadores ambientales, dirigentes juveniles, guardabosques, guardaparques voluntarios, promotores de salud, líderes, organizaciones comunitarias rurales y urbanas, etc.

En Colombia, la educación ambiental se lleva a cabo por medio de proyectos educativos, como los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE), los cuales están estructurados, pero no alcanzan a cumplir con su objetivo pedagógico porque no hay una articulación con el currículo y por tanto no hace parte de sus contenidos. Así, en estos proyectos educativos, la responsabilidad del tema ambiental se delega al profesor del área de ciencias naturales, así se presenta un concepto parcial de lo ambiental, únicamente dirigido hacia la naturaleza, lo cual dificulta la observación crítica del problema ambiental, ya que no se da importancia a los aspectos social y cultural, porque este contenido no hace parte de los objetivos para estudiar de otras asignaturas [69]. Se han presentado desacuerdos entre lo proyectado y lo realizado en el desarrollo de proyectos sociales y directamente del proceso educativo, esto ha generado tensión con el modelo tradicional para la solución de problemas, se debe proponer la creación de modelos dinámicos, pensando en las futuras generaciones [70].

El Estado tiene la potestad de garantizar el cuidado ambiental con el fin de que se puedan llevar a cabo los derechos de la naturaleza e igualmente se puedan ejercer otros derechos. El Estado es responsable de la toma de decisiones y establecer estrategias con las cuales se logre proteger el medioambiente [71]. El Gobierno colombiano debe asumir directamente la responsabilidad de educar y crear cultura ambiental en cada uno de los actores sociales que influyen en la situación ambiental del país, igualmente, es importante crear normas por medio de leyes estrictas en modelos de gestión que garanticen procesos sostenibles. Las empresas productoras de alimentos, los comerciantes, y los consumidores, deben ser parte de los procesos de gestión que el Estado establezca por medio de leyes estrictas y sancionatorias a quien no las cumpla, con el fin de establecer estos procesos desde el principio de la cadena y no al final cuando el material se convierte en residuo.

Existen muchos métodos de gestión que se pueden poner en práctica si existe un interés real para evitar que los residuos generados por empaques lleguen a los ecosistemas.

La sociedad y cada uno de sus individuos constituyen el eslabón principal de cualquier método de gestión, ya que como ser vivo que hace parte del ecosistema tiene la obligación de interactuar con él de una manera sana.

Conclusiones

Las consecuencias históricas ambientales durante el proceso de industrialización bajo unas políticas neoliberales enmarcadas en un modelo económico lineal, ocasionaron, durante el siglo XX, la saturación del medioambiente, ya que los recursos naturales se han procesado sin conservar el equilibrio con los ecosistemas.

El plástico y el vidrio, a pesar de ser materiales usados desde épocas antiguas, se tornaron problemáticos para el ambiente al convertirse en materiales producidos con nuevos desarrollos tecnológicos y en cadenas de producción masivas. Esta producción masiva surgió para abastecer las necesidades de empaques para satisfacer la demanda, ante el crecimiento de la población, de alimentarse bajo garantías de inocuidad. Por tanto, estos materiales se utilizan ampliamente por sus características para empaques y consumo de alimentos, ya que funcionan como barrera de protección, conservación y medio de transporte. En la búsqueda de una solución a esta problemática, el estado colombiano se ha ceñido a los acuerdos y conceptos establecidos a nivel mundial. Incluso, la importancia de tener un ambiente sano es un mandato constitucional, convertido en una política pública con la creación del Ministerio del Medio Ambiente y a partir de este direccionar cambios políticos y sociales enfocados hacia la teoría del desarrollo sostenible, la cual busca un equilibrio entre lo económico, lo social y lo ambiental.

A partir del año 2016, se comenzó a desarrollar en Colombia la estrategia hacia una economía circular, enmarcada en la teoría del desarrollo sostenible,

y que busca el aprovechamiento máximo de los recursos naturales, la optimización de los procesos y la recuperación del material, garantizando la protección al medio ambiente. En la actualidad, el Gobierno busca disminuir el consumo del plástico a nivel nacional mediante leyes y normas, pero estas en realidad no garantizan acabar con la problemática ambiental que los materiales generan.

Existe una gran cantidad de investigaciones y productos en desarrollo que buscan reemplazar los empaques plásticos, como bolsas y material desechable, pero a la fecha no existe un material que reemplace el plástico en su función de empaque y que sea totalmente biodegradable.

El análisis bibliográfico del tema permite establecer que el problema no está en los materiales y que la solución no es eliminar materiales o reemplazar los por otros, el problema es cultural y de educación ambiental. La solución no está en los materiales, la solución es cambiar las políticas, la cultura y la economía de Colombia. El Estado está en la obligación de velar por que haya ambientes sanos y para esto debe crear herramientas educativas, reinventar los procesos de producción, garantizar canales comerciales y de mercadeo verdes, y hacer procesos de gestión que cumplan en realidad con el objetivo de proteger el medioambiente.

La cultura ambiental debe estar en las raíces del individuo, por esto es importante incluir en el proceso pedagógico colombiano la educación ambiental en todos los niveles educativos y sociales, utilizando diversas estrategias de enseñanza y diferentes medios de comunicación, con la finalidad de impactar en cada individuo. A su vez, el Estado debe incentivar a las empresas a crear campañas que realmente beneficien tanto la economía, como la sociedad y el medioambiente. La construcción de políticas ambientales sostenibles, bajo la estrategia de la economía circular es un proceso viable si la sociedad y el Estado logran desprenderse de los paradigmas enmarcados bajo el concepto de economía lineal, un concepto devastador de los recursos naturales.

Referencias

- [1] J. A. Velásquez Arias, "Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación", *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, vol. 8, núm. 1, pp. 151-167, 2017.
- [2] D. P. Navia P, H. . S. Villada y A. A. Ayala, "Evaluación mecánica de bioplásticos semirrígidos elaborados con harina de yuca", *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, núm. 2, pp. 77-84, 2013.
- [3] "Panorama de la industria colombiana de empaques y envases plásticos", *Plástico.com* [En línea]. 2016. Disponible en: <https://www.plastico.com/temas/Panorama-de-la-industria-colombiana-de-empaques-y-envases-plasticos+112327>
- [4] S. K. J. Salazar Chuquimia y M. S. Ñahui Chávez, "Análisis potencial de productos biopoliméricos como materia prima para elaborar empaques biodegradables", *Tesis de grado, Universidad Católica San Pablo, Arequipa*, 2019.
- [5] Greenpeace, "Colombia, mejor sin plásticos. La contaminación plástica en Colombia y el mundo", 2018.
- [6] A. M. Bustos Cordero y P. L. Farfán Méndez, "Análisis del rol de las organizaciones no gubernamentales en la protección del medio ambiente: caso de estudio World Wide Fund en las Islas Galápagos", *Tesis de grado, Universidad del Azuay*, 2018.
- [7] CEPAL, *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*, Naciones Unidas, 2018.
- [8] P. Garzón León, "Sensibilizar a las empresas en el uso de la economía circular", *Bogotá*, 2019.
- [9] J. M. Ayala Pérez, *Fundamentos de política pública en medio ambiente en Colombia*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2014.
- [10] Gobierno de Colombia, *Constitucion Política de Colombia*, Bogotá, 1991.

- [11] A. Sorroche Cruz y A. Dumont Botella, "Historia del vidrio", Técnica Industrial, núm. 257, pp. 27-32, jun. 2005.
- [12] S. García, "Referencias históricas y evolución de los plásticos", Revista Iberoamericana de Polímeros, vol. 10, núm. 1, pp. 71-80, 2009.
- [13] S. C. Moreno Naranjo, "El aprendizaje significativo para la enseñanza y aprendizaje del concepto de polímero: estrategia didáctica para el reciclaje del plástico", Tesis de maestría, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, 2015.
- [14] A. Nogueira López, "Cuadrar el círculo", InDret, pp. 1-29, 2019.
- [15] A. Vázquez Morilla, M. Velasco Pérez, R. M. Espinosa Valdemar, M. Morales Contreras, S. Hernández Islas, M. Ordaz Guillén, y H. J. Almeida Filgueira, "Generación, legislación y valoración de residuos plásticos en Iberoamérica", Revista Internacional de Contaminación Ambiental, vol. 32, pp. 63-76, 2016.
- [16] A. Téllez Maldonado, La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá. Bogotá, 2012.
- [17] I. López, A. Arriaga, y M. Pardo, "La dimensión social del concepto de desarrollo sostenible: ¿La eterna olvidada?", Revista Española de Sociología, núm. 27, pp. 25-41, 2018.
- [18] L. A. Pita-Morales, "Línea de tiempo 'Educación ambiental en Colombia'", Praxis, vol. 12, pp. 118-125, 2016.
- [19] Ley 99 de 1993, "Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente", Diario Oficial, núm. 41.146, Bogotá, 22-diciembre-1993.
- [20] D. Chavarro, M. I. Vélez, G. Tovar, I. Montenegro, A. Hernández, y A. Olaya, Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia y el aporte de la ciencia, la tecnología y la innovación. Bogotá: Colciencias, 2017.
- [21] Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes), Documento Conpes 3874. Bogotá, 2016.
- [22] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio Industria y Turismo, "Estrategia nacional de economía circular: Cierre de ciclos de materiales", Presidencia de la República, Bogotá D.C., 2019.
- [23] Á. Tirado Mejía, Introducción a la historia económica de Colombia. Medellín: Universidad de Antioquia, 2019.
- [24] I. Povea Garcerant, "El envase como protector de los atributos de calidad de alimentos", Revista Alimentos Hoy, vol. 27, núm. 47, pp. 18-28, 2019.
- [25] C. D. Cabezas Quintero y P. K. Feged Oviedo, Caracterización de las herramientas de gestión ambiental en Colombia: revisión de literatura, Ibagué: Universidad de Ibagué, 2019.
- [26] T. Carrasco R., "El reciclaje de vidrio y su impacto en la conservación del medio ambiente", Explorador digital, 2017 [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/explorador-digital.v1i2.319>.
- [27] Departamento Nacional de Planeación (DNP), "Cadenas productivas", Bogotá, 2004.
- [28] M. B. Falappa, M. Lamy, y M. Vazquez, "De una Economía Lineal a una Circular, en el siglo XXI. Análisis realizado en la sociedad mendocina", Tesis de grado, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, 2019.
- [29] A. Y. Moreno González, Economía circular: crecimiento inteligente, sostenible e integrador. Bogotá D.C: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, 2018.
- [30] V. Prieto Sandoval, C. Jaca, y M. Ormazábal, "Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación", Memoria Investigaciones en Ingeniería, núm. 15, pp. 85-95, 2017.

- [31] C. Severiche-Sierra, E. Gómez-Bustamante, y J. Jaimes-Morales, "La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible", *Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, vol. 18, núm. 2, pp. 266-281, 2016.
- [32] G. I. González Ordaz y J. G. Vargas-Hernández, "La economía circular como factor de la responsabilidad social", *Economía coyuntural. Revista de temas de coyuntura y perspectivas*, vol. 2, núm. 3, pp. 105-130, 2017.
- [33] F. R. Arroyo Morocho, "La Economía Circular como factor de Desarrollo Sustentable del Sector Productivo", *INNOVA Research Journal*, vol. 3, núm. 12, pp. 78-98, 2018.
- [34] Fundación Ellen MacArthur, "Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada", *Delivering the Circular Economy*, 2015.
- [35] K. Webster, S. Pollard, A. Turney, & C. Fiona, "The circular economy – a reappraisal of the 'stuff' we love", *Geography*, vol. 101, núm. 1, pp. 17-27, 2016.
- [36] E. Cerdá y A. Khalilova, "Economía circular", *Economía industrial*, núm. 401, pp. 11-20, 2016.
- [37] F. R. Arroyo Morocho, D. N. Bravo Donoso, y M. A. Rivera Valenzuela, "Economía circular: un camino hacia un Quito más sostenible", *INNOVA Research Journal*, vol. 3, núm. 11, pp. 139-158, 2018.
- [38] C. H. Balboa C y M. Domínguez Somonte, "Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3", *Informador Técnico*, vol. 78, núm. 1, pp. 82-90, 2014.
- [39] J. Fernández Alcala & M. Ihobe, "The principles of circular economy in product engineering", in *19th International Congress on Project Management and Engineering*, Granada, 2015.
- [40] E. Ciravegna, "Diseño de packaging. Una aproximación sistémica a un artefacto complejo", *Revista Chilena de Diseño*, vol. 2, núm. 3, pp. 1-17, 2017.
- [41] E. R. Sandoval García, "La Economía Circular, una propuesta para la construcción del Desarrollo Sostenible", *RUDICS*, vol. 8, núm. 15, pp. 58-65, 15 jul. 2017.
- [42] N. K. Montoya Sandoval, "Estrategias de eco-empaque: valor agregado para los consumidores de alimentos y bebidas de vía Samborondón", Tesis de grado, Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Samborondón, 2015.
- [43] J. I. Marqués García, *Aspectos éticos de la economía circular como modelo económico: mención al panorama español*, Madrid, 2019.
- [44] G. Roza Doncel, "Estado del arte de la economía circular en Colombia", Tesis de grado, Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá, 2019.
- [45] D. Serón Galindo, "Economía circular: De alternativa a necesidad", *Economistas sin Fronteras*, vol. 37, pp. 15-20, 2020.
- [46] S. García García, "Economía circular: 30 años del principio de desarrollo sostenible evolucionan en el nuevo gran objetivo medioambiental de la Unión Europea", *Revista de Estudios Europeos*, núm. 37, pp. 309-321, ene.-jun. 2018.
- [47] J. Losada Besteiro, "Hacia un eukadi circular", *Economistas sin fronteras*, núm. 37, pp. 25-28, 2020.
- [48] R. A. Santillán Gavilánez y W. D. Landín Sarango, "Economía circular y desarrollo sostenible; retos y oportunidades de la ingeniería ambiental", Tesis de grado, Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Ecuador, 2017.
- [49] M. H. Ramírez Espinosa, *Interés Político en la Protección del Medio Ambiente: Contexto Global, Protección Ambiental como Política Pública y su Aplicación en Colombia*, Bogotá, 2017, pp. 1-82.
- [50] L. A. Duarte y A. D. Arana-Gutiérrez, "Medio ambiente y naturaleza al servicio del capital corporativo", *Criterio Libre Jurídico*, vol. 13, núm. 1, pp. 82-103, ene.-jun. 2016.

- [51] Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 0668 de 2016, Bogotá, 2016.
- [52] Y. J. Díaz Lozano, "Análisis del cobro del impuesto de bolsas plásticas en Colombia a través de la experiencia de otros países", Artículo de grado, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2017.
- [53] K. S. Caballero González, J. D. Pineda Cifuentes, Y. N. Arias López, y A. Gutiérrez Flórez, El uso de las bolsas plásticas y la nueva Legislación Colombiana, Bogotá: Universidad Francisco de Paula Santander, 2018, pp. 322-330.
- [54] J. C. Lozada, "Proyecto de Ley, por la cual se prohíbe en el territorio nacional la fabricación, importación, venta y distribución de plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones", Bogotá: Congreso de la República, 2018.
- [55] Senado de la República de Colombia, Ley 1973, "Por medio de la cual se regula y prohíbe el ingreso, comercialización y uso de bolsas y otros materiales plásticos en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina e Islas menores que lo componen", Diario Oficial, núm. 51.019, Bogotá, 19-julio-2019.
- [56] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 1558 de 2019, "Por la cual se prohíbe el ingreso de plásticos de un solo uso en las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia y se adoptan otras disposiciones", Bogotá, Colombia, 2019.
- [57] E. A. Mari, "La industria del vidrio y el medio ambiente: oportunidad y enfoque", Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, vol. 41, núm. 4, pp. 399-403, jul.-ago.2002.
- [58] K. C. Méndez Naranjo, M. L. Caicedo Palacios, S. M. Bedoya Correa, A. Ríos Mesa, R. Zuluaga Gallego, y D. P. Giraldo Ramírez, "Tendencias investigativas de la nanotecnología en empaques y envases para alimentos", Revista Lasallista de Investigación, vol. 11, núm. 2, pp. 18-28, 2014.
- [59] Á. Saiz González, "¿Pueden ser los plásticos biodegradables una realidad en Castilla y León?", Tesis de grado, Universidad de Valladolid, Valladolid, 2019. Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/36793>
- [60] J. M. Cahuana Sánchez, "Comparación de condiciones para la degradabilidad de biopolímero, plásticos oxo-biodegradables y polietileno de baja densidad", Tesis de grado, Universidad Peruana Unión, Lima, 2019. Disponible en: <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2433>
- [61] D. R. Cano, M. J. Picó, y G. Dimuro, "Los Objetivos de Desarrollo Sostenible como marco para la acción y la intervención social y ambiental", Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía, vol. 9, núm. 17, pp. 25-36, 2019.
- [62] M. A. Delmas & V. Cuerel Burbano, "The drivers of Greenwashing", California Management Review, vol. 54, núm. 1, pp. 64-87, 2011.
- [63] M. Megías Delgado, C. Baldallo Gonzales, y P. Maraver López, "Validez de la publicidad como recurso en la Educación Ambiental", Revista Mediterránea de Comunicación, vol. 9, núm. 2, pp. 203-215, 2018.
- [64] M. Treacy, "La ecología política y el marxismo ecológico como enfoques críticos a la relación entre desarrollo económico y medio ambiente", Revista Colombiana de Sociología, vol. 43, núm. 2, pp. 1-30, 2020.
- [65] R. Aguilera Peña, "La educación ambiental, una estrategia adecuada para el desarrollo sostenible de las comunidades", DELOS Desarrollo Local Sostenible, núm. 31, [En línea]. Feb. 2018. Disponible en: [//www.eumed.net/rev/delos/31/roberto-aguilera.html](http://www.eumed.net/rev/delos/31/roberto-aguilera.html)
- [66] P. Páramo, "Reglas proambientales: una alternativa para disminuir la brecha entre el decir-hacer en la educación ambiental", Suma psicológica, núm. 24, pp. 42-58, 2017.

- [67] L. M. Miranda Murillo, "Cultura ambiental: un estudio desde las dimensiones de valor, creencias, actitudes y comportamientos ambientales", *Producción + Limpia*, vol. 8, núm. 2, pp. 94-105, jul.-dic. 2013.
- [68] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Educación Ambiental. Bogotá: Minambiente, 2020.
- [69] O. Henao Hueso y L. Sánchez Arce, "La educación ambiental en Colombia, utopía o realidad", *CONRADO*, vol. 15, núm. 67, pp. 213-219, abr.-jun. 2019.
- [70] L. Correa Cruz, Y. Pascuas Rengifo, y C. Marlés Betancourt, "Desafíos para asumir la educación y la cultura ambiental", *Horizontes Pedagógicos*, vol. 18, núm. 1, pp. 34-42, 2016.
- [71] J. M. Patiño Beltrán, "Responsabilidad del Estado derivada de la promulgación de normas técnicas ambientales", Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, 2016. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/22000/13021>