

Implementación de bolsas plásticas oxo-biodegradables y su impacto social y ambiental en la ciudad de Loja, Ecuador

Implementation of oxo-biodegradable plastic bags and their social and environmental impact in the city of Loja, Ecuador

Raquel Verónica Hernández-Ocampo^{1,*}, Santiago Rafael García Matailo¹ y Vivian Jamileth Santos-Orellana¹

¹ Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

* Autor para correspondencia: raquel.hernandez@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 12/11/2020

Fecha de aceptación del manuscrito: 16/11/2020

Fecha de publicación: 31/12/2020

Resumen—La presente investigación surgió con el fin de conocer el impacto social y ambiental que causan la utilización de las bolsas oxo-biodegradables, implementadas en la ciudad de Loja mediante ordenanza municipal (N° 044-2017 y su reforma N° 050-2017). Dado que el problema del mal uso y disposición final del plástico radica en su persistencia en el ambiente, es necesario contrastar si las bolsas oxo-biodegradables minimizan daños ambientales en comparación con las bolsas plásticas de polietileno convencionales. La obtención de información para conocer el impacto social se basó en la aplicación de encuestas y con base en ello se realizó la matriz de evaluación de impacto; para el impacto ambiental se utilizó la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), con ayuda del software SimaPro 8.5.2.0. La zona de estudio fue el centro urbano de la ciudad de Loja, donde se concentra el comercio y abunda la utilización de bolsas plásticas. Se obtuvo como resultado que, pese a la aceptación positiva de las bolsas oxo-biodegradables por parte de la población (65%), estas no procuran una mejora al ambiente debido a que no se presentan las condiciones óptimas de temperatura, oxígeno y radiación UV para su degradación donde pasan su última etapa de vida, que es en el relleno sanitario. Se encontró que la diferencia entre bolsas plásticas comunes y oxo-biodegradables en cuanto a impactos ambientales, es mínima y que la ecotoxicidad y toxicidad humana son los mayores impactos ambientales generados durante todo el ciclo de vida de las bolsas oxo-biodegradables.

Palabras clave—Análisis de ciclo de vida; Contaminación; Degradabilidad; Plástico convencional; Residuos; Toxicidad.

Abstract—The following research studies the social and environmental impact caused by the use of oxo-biodegradable bags, which use has been implemented in Loja city through municipal ordinance (N° 044-2017 and its reform N° 050-2017). Due to the persistence of plastic in the environment, it is necessary to test if oxo-biodegradable bags reduce environmental damage in comparison to conventional polyethylene plastic bags. Data was collected through surveys addressed to store owners and their customers; based on this data, a social impact evaluation matrix was developed. To determine the environmental impact caused by oxo-biodegradable bags, the Life Cycle Analysis (LCA) method was applied, using the SimaPro software 8.5.2.0. The study area was located in downtown Loja, where the city's commerce concentrates and the use of plastic bags is abundant. As a result, despite the positive acceptance of the oxo-biodegradable bags by the population (65%), these do not provide an improvement to the environment because optimal conditions for their degradation (temperature, oxygen, and UV radiation) are not present in landfill, where they spend their last stage of life. It was found that ecotoxicity and human toxicity are the greatest environmental impacts generated during the entire life cycle of oxo-biodegradable bags, and that the difference between common plastic bags and oxo-biodegradable ones, in terms of environmental impacts, is minimal.

Keywords—Life cycle analysis; Pollution; Degradability; Conventional plastic; Waste; Toxicity.

INTRODUCCIÓN

Desde su inserción en el mercado a finales de los años 70s, las bolsas de plástico han sido ampliamente utilizadas para diversos usos, especialmente por ser económicas, livianas y duraderas, y no se consideraban un problema; sin embargo, están hechas de polietileno (PE) y gran parte del plástico

que se ha creado todavía existe (EPA, 2016). El problema radica en que tardan alrededor de 500 años en degradarse (ONU, 2018). Los polímeros sintéticos se acumulan en el medio ambiente a una velocidad de 25 millones de toneladas métricas por año (Arevalo, 1996).

Los PE representan el 64% de los materiales plásticos

producidos como envases, que generalmente se desechan después de un breve uso (Martin, 2012), los cuales generan contaminación y ocupan un espacio en los vertederos. Además, debido a que tienen masas muy pequeñas y generalmente están contaminadas, el reciclaje es económicamente inviable. Su eliminación en las plantas de compostaje no está completa, por lo que los fragmentos de bolsas terminan contaminando el compost y, en última instancia, requieren detección u otros procesos para su eliminación (Ojeda *et al.*, 2009).

El uso de nuevas alternativas para reemplazar el plástico convencional, como materiales biodegradables, puede ser una solución para reducir la acumulación de estos en el ambiente, así como la contaminación visual (Gross y Kalra, 2002; Botelho *et al.*, 2004). Scott (2000) y Chiellini *et al.* (2007) señalan que estos materiales se pueden clasificar en dos grupos: los primeros conocidos como netamente biodegradables, cuya estructura química permite la acción directa de enzimas (como la amilasa y la celulasa), mientras que el segundo grupo son los que se vuelven biodegradables debido a la acción de uno o más agentes físicos y/o químicos (hidrólisis, fotólisis o pirolisis).

En el segundo grupo, de acuerdo a Scott (2000) y Bonhomme *et al.* (2003), encontramos los polímeros hidrobiodegradables como el poli (ácido L-láctico), y poliésteres alifáticos-aromáticos, que necesitan el proceso de la hidrólisis química antes de la biodegradación. Dentro de este mismo grupo están los materiales poliméricos que en su estructura contienen sustancias prooxidantes (o prodegradantes), que se conocen como polímeros oxo-biodegradables, los cuales requieren degradación oxidativa como la radiación ultravioleta y/o calor para reducir la masa molar y formar grupos oxigenados, que son más fácilmente metabolizados por microorganismos. Así mismo, Thomas *et al.* (2010) define al proceso de oxo-biodegradación como una serie compleja de reacciones químicas que, con la acción del oxígeno, luz ultravioleta y/o calor rompen las largas cadenas de moléculas de polietileno.

Los plásticos denominados oxo-biodegradables son aquellos que contienen un aditivo pro-oxidante (Mn^{2+} , Fe^{3+} y Co^{2+}) en su composición sensible a factores abióticos que puede iniciar su proceso de degradación que consiste en la oxidación (Ammala *et al.*, 2011; Thomas *et al.*, 2010). Hay autores que aseveran que este plástico es amigable con el ambiente (Chiellini *et al.*, 2007; Ojeda *et al.*, 2009), sin embargo, otros autores como Huang y Almeida (2015) y Almeida Streitwieser (2015) y la Europea (2018b) sostienen que los restos del plástico oxo-biodegradable no se degradan, simplemente se fragmentan.

A nivel mundial se han tomado medidas restrictivas en contra de los plásticos; en Europa, América Latina y el Caribe se han adoptado varias medidas como su prohibición y la imposición de impuestos. En Ecuador, en las Islas Galápagos se prohibió desde 2018 el uso de sorbetes, bolsas y botellas desechables al encontrar que la basura marina principalmente compuesta por plásticos ha llegado a los océanos (Europea, 2018a).

En la ciudad de Loja, el uso de bolsas plásticas de halar asciende a 200 toneladas anuales (de Loja, 2017), es por ello que se ha fomentado la implementación de la ordenanza Municipal N° 044-2017 y su reforma la N° 050-2017, cuyo objetivo es promover prácticas ambientales adecuadas que permitan reducir la contaminación, esto es, reemplazar el uso de bolsas plásticas convencionales por bolsas “oxo-biodegradables”.

Este estudio está orientado no solo a determinar el impacto ambiental ocasionado por las bolsas plásticas al ambiente, sino también conocer el impacto social ocasionado por el cambio de bolsas en el uso y comercialización, debido a que los impactos ambientales pueden estar relacionados con los impactos sociales, ya que las personas dependen del medio ambiente para su subsistencia y desarrollo (Vanclay *et al.*, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Loja, enfocándose en el centro urbano de la ciudad comprendido desde la Puerta de la Ciudad entre los ríos Zamora y Malacatos con dirección al sur hasta el parque San Sebastián, incluyendo los barrios próximos: Orillas del Zamora, Ramón Pinto y Perpetuo Socorro; con un área aproximada de 391,32 has (Figura 1).

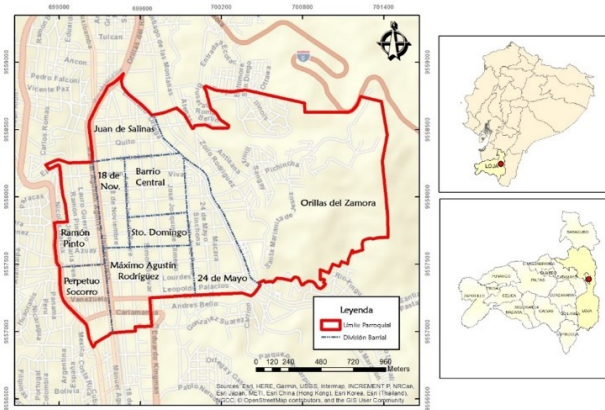


Fig. 1: Mapa de ubicación del Centro Urbano de la ciudad de Loja.

Para conocer el impacto social de la implementación de las bolsas oxo-biodegradables en la ciudad, se aplicaron encuestas y una matriz de evaluación de impactos. Para las encuestas se realizó un muestreo por etapas:

- Muestreo por conglomerados: cada conglomerado es uno de los barrios del centro urbano: barrio Central, Santo Domingo, 18 de noviembre, Juan de Salinas, 24 de Mayo, Orillas del Zamora, Perpetuo Socorro, Ramón Pinto y Máximo Agustín Rodríguez.
- Muestreo sistemático: a partir de los barrios seleccionados dentro del casco urbano, y con el uso del catastro urbano se consideró la codificación de numeración de las viviendas y comercios, y se seleccionaron de mane-

ra alternada; para el caso de estudio se tomó en cuenta la numeración impar.

Se realizaron dos encuestas: una dirigida a los propietarios de los locales comerciales y otra dirigida a los consumidores finales (Anexos). La fórmula para calcular el tamaño de la muestra según Aguilar-Barojas (2005) y Torres *et al.* (2010) es la siguiente:

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1) + Z^2pq} \quad (1)$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra
- N = Tamaño de la Población
- Z = Nivel de Confianza (95 %)
- p = Probabilidad de éxito, o proporción esperada (0,5)
- q = Probabilidad de fracaso (0,5)
- d = Precisión n (5 %)

Para la aplicación de la fórmula, se obtuvo información del portal web del Servicio de Rentas Internas del Ecuador (encuesta dirigida a los comerciantes), mientras que, para la encuesta dirigida a los consumidores, los datos fueron obtenidos de la investigación de Aguilar (2014). El tipo de encuesta utilizada fue tipo personal, de opinión y de opción múltiple según la escala de Likert.

Con la información obtenida de las encuestas, se elaboró una matriz de evaluación de impacto acoplada al aspecto social, la calificación asignada fue de forma cualitativa/cuantitativa, para valorar a través de la matriz con base en la realidad del objeto de estudio.

La matriz consistió en la identificación de las actividades que generarían impactos en todas las fases a considerar (socialización, implementación y evaluación referente al uso de las bolsas oxo-biodegradables), así como la identificación de los componentes involucrados (social, económico y ambiental). Una vez identificados los impactos, se procedió a su valoración de acuerdo a los criterios establecidos, como se muestra en la Tabla 1.

Luego de evaluar la matriz en función de los impactos, las actividades y los criterios, se realizó la ponderación en donde se aplicó la siguiente fórmula: $P=(M*I) + (R+D)$ (Brito Moína, 2009). Finalmente, se importaron los resultados a la matriz final donde se calculó los porcentajes de los impactos totales (positivos, negativos, neutros o previsible), del resultado de los impactos negativos se obtuvo el tipo de impacto que se genera, tomando en cuenta lo descrito en la Tabla 2.

Para analizar el impacto ambiental de las bolsas plásticas oxo-biodegradables en la ciudad de Loja, se aplicó la

Tabla 1: Criterios establecidos por Gomez Orea Gomez Villarino (2013) para la valoración de los impactos ambientales.

CRITERIO	CATEGORÍA
NATURALEZA	(+) positivo
	(-) negativo
	(N) neutro
	(X) previsible
MAGNITUD	(1) baja intensidad
	(2) moderada intensidad
	(3) alta intensidad
IMPORTANCIA	(0) sin importancia
	(1) menor importancia
	(2) moderada importancia
CERTeza	(3) importante
	(I) improbable
	(D) probable
TIPO	(C) cierto
	(Pr) primario
	(Sc) secundario
REVERSIBILIDAD	(Ac) acumulativo
	(1) reversible
	(2) no reversible
DURACIÓN	(1) corto plazo
	(2) mediano plazo
	(4) largo plazo
TIEMPO EN APARECER	(C) corto plazo
	(M) mediano plazo
CONSIDERADO EN EL PROYECTO	(L) largo plazo
	(S) si
	(N) no

Tabla 2: Criterios de Coria (2008) para determinar el tipo de impacto ambiental identificado a partir de la fórmula de Brito Moína (2009)

Menores a 25	LEVES - COMPATIBLES
25 y 50	MODERADOS
50 y 75	SEVEROS
Superior a 75	CRÍTICOS

metodología de ACV que como lo señala Castaño-Peláez y Botero-Agudelo (2017) y Botero-Agudelo (2017), en cada etapa se calculan las entradas (en términos de materias primas y de energía) y salidas (en términos de emisiones al aire, agua y residuos sólidos) y se totalizan para todo el ciclo de vida. Para el ACV, se siguieron los cuatro pasos sugeridos por la norma ISO 14040: definición de objetivos y alcance, análisis de inventario, evaluación de impacto e interpretación de los resultados. Para la realización de la simulación, el análisis y la obtención de resultados se utilizó el software SimaPro 8.5.2.0., con ayuda de información bibliográfica y la base de datos Ecoinvent 3.7.1.

Mediante el software se ejecutaron las fases de Análisis de Inventario y Evaluación de Impacto, para posteriormente interpretar los resultados que brinda SimaPro 8.5.2.0 mediante diagramas, tablas y gráficos.

Para definir el alcance se consideró: la unidad funcional,

que fue 1 kg de bolsas oxo-biodegradables; los límites del sistema que incluyen el ámbito geográfico (Ecuador), y los impactos ambientales de todas las etapas de su ciclo de vida, desde la obtención de materias primas, producción del material de la bolsa, fabricación, distribución y su final de vida. Para completar la información a ser ingresada en el software se utilizó información bibliográfica y la base de datos que ofrece el mismo programa. En la simulación en el software SimaPro, se consideró el siguiente procedimiento:

1. Obtención de materia prima
2. Transporte de la materia prima al lugar de fabricación
3. Fabricación de las bolsas oxo-biodegradables
4. Transporte a la ciudad de Loja
5. Disposición final de las bolsas oxo-biodegradables.

Se excluyó la fase de uso pese a ser una de las fases más importantes en el ACV, debido a que el uso de las bolsas no genera un impacto negativo, ya que su única función es la de trasladar los bienes del supermercado a casa. Para los impactos ambientales, el software ofrece varios métodos de evaluación de impacto, cada uno con categorías específicas para la evaluación; el método aplicado en este estudio es el ILCD Midpoint que cuenta con 16 categorías de impacto, mencionadas en la Tabla 3 (Europea, 2013).

Tabla 3: Categorías de impacto y unidades de medida según el método ILCD MIDPONT mediante el software SimaPro software 8.5.2.0

Categoría de Impacto	Unidad
Cambio climático	kg CO2 eq
Agotamiento de ozono	kg CFC -11eq
Toxicidad humana, efectos no cancerígenos.	CTUh
Toxicidad humana, efectos cancerígenos	CTUh
Material particulado	kg PM 2.5 eq
Radiación ionizante HH	kBq U235 eq
Radiación ionizante E	CTUe
Formación de ozono fotoquímico.	kg NMVOC eq
Acidificación	mol H+ eq
Eutrofización terrestre	molc N eq
Eutrofización de agua dulce	kg P eq
Eutrofización marina	kg N eq
Ecotoxicidad de agua dulce	CTUe
Uso del suelo	kg C deficit
Agotamiento de los recursos hídricos.	m3 agua eq
Agotamiento de recursos renovables, minerales y fósiles	kg Sb eq

RESULTADOS

La mayoría de los encuestados está conforme con el uso de las bolsas oxo-biodegradables (tanto comerciantes como consumidores) aproximadamente en un 65%. Sin embargo, los más afectados son los comerciantes ya que ellos

adquieren las nuevas bolsas a un precio más alto (40-50% más) y además reciben quejas por parte de los clientes ya que las bolsas oxo-biodegradables, según afirman, son más frágiles debido a que tienden a romperse cuando se trasladan productos pesados como bebidas y artículos de ferretería. Por otro lado, todavía hay un 10,90% de locales comerciales que no utilizan las bolsas oxo-biodegradables establecidas por el municipio de Loja, según ordenanza Municipal.

En la Figura 2 se observa que el 41,64% de los impactos sociales producidos por la utilización de bolsas oxo-biodegradables son positivos, porque existe una conciencia por parte de la población, pese a que la difusión y campañas realizadas por el Municipio de Loja, no fue al inicio del todo efectiva, posteriormente la población fue tomando mayor aceptación con respecto al cambio de bolsas plásticas. En cambio, el 30,96% de los impactos son negativos, principalmente en el componente Económico que incluye el aumento de costes, sanciones y rentabilidad. El 19,57% fueron neutros ya que no se genera ni impactos positivos, ni negativos, cuando se realiza la relación causa-efecto.

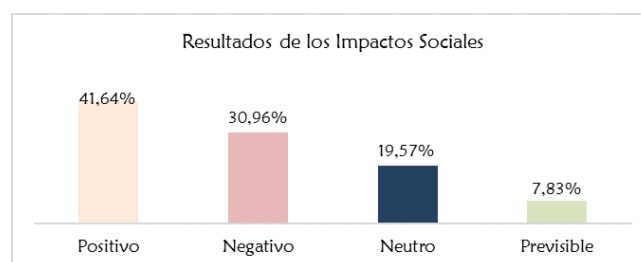


Fig. 2: Resultado porcentual de los impactos de las bolsas oxo-biodegradables en la ciudad de Loja, encontrados en la matriz causa-efecto.

En la Figura 3 se muestra el ciclo de vida completo de una bolsa oxo-biodegradable (de abajo hacia arriba), considerando los procesos desde la extracción de materia prima, elaboración, transporte y disposición final. La fila inferior incluye los procesos y materia prima inicial para la fabricación de las bolsas y se concluye con el producto final que es la bolsa oxo-biodegradable. Se considera la unidad funcional (1 kg) como cantidad de referencia para la simulación. Para este diagrama se eligió la categoría de impacto "cambio climático" (midiendo el impacto generado en kilogramos de CO2 equivalentes), por ser una de las más significativas de todas las categorías de impacto, ya que las emisiones de CO2 a la atmósfera contribuyen a los gases de efecto invernadero y por consiguiente al calentamiento global. Las barras pequeñas en los procesos y el grosor de la línea muestran la contribución a la carga ambiental.

El proceso de elaboración de las fundas plásticas es el que más impacto genera, este proceso incluye la obtención de materia prima y su transporte, además del proceso de extrusión. El transcurso hasta el lugar de disposición final y el fin de las bolsas no genera mayor impacto en comparación con el proceso de fabricación, ya que no representan gran peso ni ocupan un alto volumen.

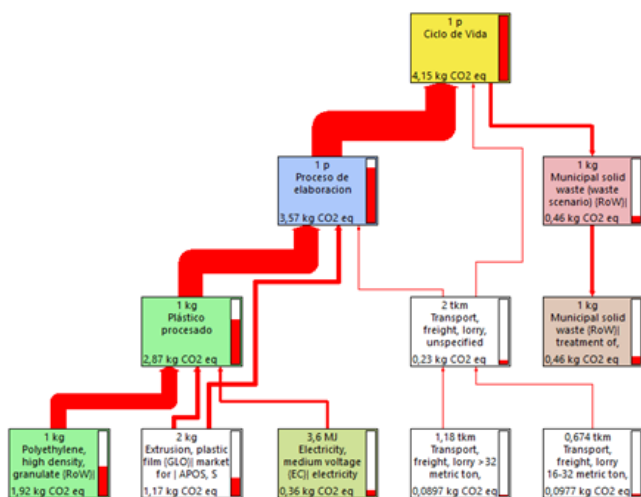


Fig. 3: Diagrama de flujo del ciclo de vida de una bolsa oxo-biodegradable.

La Figura 4 muestra que los procesos de fabricación y destino final de las bolsas oxo-biodegradables generan más emisiones de gases (CO₂, NO₂, NO_x y SO₂) y vertidos de aguas residuales al ambiente. El proceso de transporte de las bolsas genera un impacto ambiental insignificante. La etapa del ACV de fin de vida de la bolsa oxo-biodegradable es la que dominó su impacto en términos de ecotoxicidad acuática en agua dulce, destacando mucho más que las demás categorías. Esta categoría es medida en Unidad Tóxica Comparativa para ecosistemas (CTUe) que expresa una estimación de la afectación potencial a las especies, es decir, no considera solamente ecosistemas acuáticos. Además, se presenta también la toxicidad humana como una categoría influyente, esta hace referencia a los productos químicos (liberación de hidrocarburos) emitidos, considerando algunos factores que incluyen la liberación de hidrocarburos y otros compuestos al suelo y aire, y la liberación de sustancias como el cromo y el arsénico durante la quema de carbón y producción de almidón y poliéster.

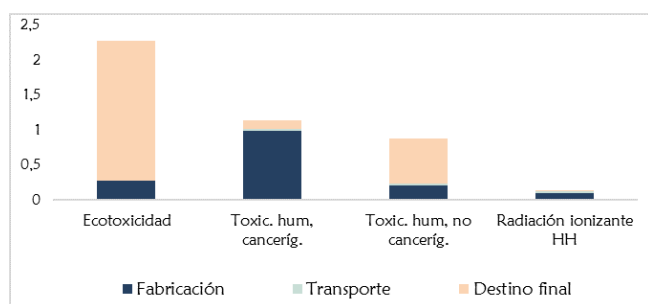


Fig. 4: Diagrama de flujo del ciclo de vida de una bolsa oxo-biodegradable.

Finalmente, en la Tabla 4 se muestra que las diferencias entre las bolsas convencionales y las bolsas oxo-biodegradables son mínimas debido al alto nivel de similitud entre su composición, producción, transporte y su disposición final. De igual manera, los mayores impactos

Tabla 4: Porcentaje por contribución de categoría de impacto de las bolsas oxo-biodegradables y las bolsas de polietileno convencionales.

Categoría de impacto	Unidad	Bolsas plásticas convencionales	Bolsas oxo-biodegradables
Ecotoxicidad de agua dulce	CTUe	55,686	55,545
Toxicidad Humana (efectos no cancerígenos)	CTUh	19,539	19,472
Toxicidad Humana (efectos cancerígenos)	CTUh	16,998	16,974
Cambio climático	kg CO2 eq	1,507	1,503
Radiación Ionizante	kBq U235 eq	1,790	1,786
Ozono fotoquímico	kg NM-VOC eq	1,020	1,017
Material particulado	kg PM2.5 eq	1,074	1,072
Eutrofización agua dulce	kg P eq	0,090	0,090
Eutrofización marina	m ³ water eq	0,499	0,500
Acidificación		0,790	0,791
Eutrofización terrestre	molc N eq	0,808	0,811
Agotamiento de recursos hídricos	m ³ water eq	0,082	0,089
Agotamiento de recursos renovables, minerales y fósiles	kg Sb eq	0,036	0,267

ambientales de ambas bolsas se dan en las categorías de ecotoxicidad y toxicidad humana; sin embargo, se halla una mínima diferencia entre ambas bolsas en la categoría de agotamiento de recursos renovables, minerales y fósiles con el 0,23%. Por lo tanto, se puede aducir que tanto las bolsas oxo-biodegradables como las bolsas plásticas convencionales básicamente generan el mismo impacto ambiental.

DISCUSIÓN

El impacto social encontrado en la implementación de las bolsas oxo-biodegradables en la ciudad de Loja fue positivo, pese que al inicio se manifestó que existió rechazo, tanto de los comerciantes como de los consumidores finales, pero poco a poco fueron asimilando y acatando la ordenanza que implica la utilización de las bolsas plásticas oxo-biodegradables en todos los comercios de la ciudad de Loja. Esta situación se asemeja a lo ocurrido en países como Chile, donde solamente al principio existió rechazo, y Colombia, en donde la aplicación de impuestos a las bolsas para reducir su uso tuvo gran aceptación en todo el país (Sierra, 2018).

La publicidad de las bolsas oxo-biodegradables a través de la difusión y campañas por parte del Municipio influyó poco a poco de manera positiva, debido a que las personas ya consideraban que estaban ayudando a reducir los daños al ambiente, tan solo con utilizar las bolsas oxo-biodegradables. Por tal razón, el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente sugiere que los Gobiernos o Autoridades pongan gran empeño en realizar campañas de educación ambiental y nuevas regulaciones para el control de los plásticos y sus impactos tanto sociales como ambientales (PNUMA, 2016). Finalmente, pese a la aceptación positiva de la población (tanto dueños de locales comerciales con 67% y como consumidores finales con 64,76%), los comerciantes son los más afectados, ya que las bolsas les resultan más costosas y ellos son susceptibles a la recepción de quejas cuando las bolsas oxo-biodegradables se rompen con facilidad.

Los resultados del ACV determinaron que el mayor impacto ambiental ocasionado por las bolsas oxo-biodegradables se da en el proceso de elaboración de las mismas; en cuanto a la nocividad, las mayores emisiones se generan en los procesos de fabricación y escenario final de residuos, en las categorías de ecotoxicidad y toxicidad humana, ya que al contaminarse los ecosistemas los seres humanos también se ven afectados (Londoño-Franco *et al.*, 2016). Por otro lado, Thomas *et al.* (2010) afirma que no hay impactos toxicológicos asociados al plástico oxo-biodegradable; y finalmente, la Europea (2018b) luego de considerar varios estudios relacionados, asevera que no existe suficiente evidencia dentro del campo de la toxicología para saber si el plástico oxo-biodegradable genera mayores impactos toxicológicos que el plástico convencional.

Con respecto a los impactos encontrados por etapa de ciclo de vida, los resultados de Thomas *et al.* (2010) coinciden que en la fase de ciclo de vida de uso de las bolsas no se genera ningún impacto, y en la fase de disposición final de las bolsas oxo-biodegradables se genera mayor impacto ambiental, puesto que la disposición final de las bolsas oxo-biodegradables sucede en el relleno sanitario, donde no ocurre la debida degradación.

Varios estudios han comprobado que sí existe mayor degradación en las bolsas oxo-biodegradables que en las bolsas de polietileno de alta densidad (PEAD) sin el aditivo pro oxidante, pero solamente en condiciones óptimas de oxígeno, temperatura, radiación UV y humedad (Chiellini *et al.*, 2006, 2007; Quiroz *et al.*, 2012; Huang y Almeida, 2015; Europea, 2018b). En ausencia de oxígeno no ocurre degradación, y los rellenos sanitarios profundos cuentan con muy poco oxígeno (Europea, 2018b). Incluso la empresa fabricante 'Symphony Environmental' asegura que, en caso de ser enviados a vertederos, los plásticos oxo-biodegradables solo se degradaran en condiciones aerobias (Stephens, 2011).

Igualmente, Nolan-ITU *et al.* (2003); Parker y Edwards (2012) aseveran que, debido a esto, en el relleno sanitario ocurre poca o ninguna degradación. Esto también ocurre en la ciudad de Loja, donde la mayoría de los residuos son enterrados, debido a que la separación en la fuente no es muy efectiva, ya que en la planta de reciclaje con la que

cuenta el Centro Integral de Residuos Sólidos de la ciudad de Loja, solo se puede recuperar el 20% de los residuos inorgánicos, por lo que el resto van a la celda final donde se los entierra y no se brindan las condiciones necesarias para que las bolsas oxo-biodegradables puedan degradarse (Hora, 2020).

Las diferencias entre las bolsas convencionales y las oxo-biodegradables, que en cuanto a impactos ambientales es mínima debido a la similitud en el ciclo de vida de ambas, desde la producción hasta su destino final (OPA, 2017). Dado que los aditivos pro degradantes utilizados en las bolsas oxo-biodegradables se usan en cantidades muy pequeñas (generalmente 1% en peso) no se consideran significativos, por lo que la comparación entre ambas bolsas plásticas no comprende grandes diferencias, contrastando con los estudios de Parker y Edwards (2012) y Thomas *et al.* (2010).

CONCLUSIONES

El impacto social de la implementación de bolsas oxo-biodegradables en la ciudad de Loja resultó positivo, con una aceptación por parte de los comerciantes y consumidores finales de un 65%, para ello un aspecto influyente fue la publicidad realizada por las autoridades competentes a través de los distintos medios de comunicación.

El impacto ambiental ocasionado durante el ciclo de vida de las bolsas oxo-biodegradables se ve afectado en términos de toxicidad y toxicidad humana, principalmente en la etapa final de vida de las bolsas que sucede en el relleno sanitario. Además, se puede concluir que las diferencias entre las bolsas plásticas convencionales y las oxo-biodegradables son mínimas, y por ende su impacto ambiental es similar.

REFERENCIAS

- Aguilar, Y. (2014). *Investigación del uso y aporte de las nuevas tecnologías de información y comunicación en los servicios turísticos y hoteleros de la ciudad de Loja en el año 2012*. (Tesis Doctoral no publicada). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja.
- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud En Tabasco*, 11, 333–338.
- Ammala, A., Bateman, S., Dean, K., Petinakis, E., Sangwan, P., Wong, S., y ... Leong, K. H. (2011). An overview of degradable and biodegradable polyolefins. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 36(8), 1015–1049.
- Arevalo, K. (1996). Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacaridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y campo.
- Bonhomme, S., Cuer, A., Delort, A.-M., Lemaire, J., Sancelme, M., y Scott, G. (2003). Environmental biodegradation of polyethylene. *Polym Degrad Stab*, 81, 441–452.
- Botelho, G., Queirós, A., Machado, A., Frangiosa, P., y Ferreira, J. (2004). Enhancement of the thermooxidative degradability of polystyrene by chemical modification. *Polymer Degradation and Stability*, 86(3), 493–497.
- Brito Moína, H. (2009). *Identificación de impactos ambientales por actividades: agropecuaria - forestales, mineras e industriales, infraestructura vial, riego y urbanas*. (mathesis). Universidad Nacional de Loja.

- Castaño-Peláez, H., y y Botero-Agudelo, J. (2017). Evaluación ambiental del proceso de elaboración de bolsas plásticas en Colombia utilizando la metodología de análisis de ciclo de vida. *Revista Politécnica*, 13(24), 9–18.
- Chiellini, E., Corti, A., y y D'antone, S. (2007). Oxo-biodegradable full carbon backbone polymers e biodegradation behaviour of thermally oxidized polyethylene in an aqueous medium. *Polymer Degradation and Stability*, 92(7), 1161–1420.
- Chiellini, E., Corti A, D. S., y Baciú, R. (2006). Oxo-biodegradable carbon backbone polymers – oxidative degradation of polyethylene under accelerated test conditions. *Polymer Degradation and Stability*, 91(11), 2739–2747.
- de Loja, A. (2017). *Ordenanza que regula la implementación de prácticas amigables para reducir el Índice de la huella ecológica en el cantón Loja* [techreport]. Pub. L. No. 044-2017.
- Europea, C. (2013). *Uso de métodos comunes para medir y comunicar el comportamiento ambiental de los productos y las organizaciones a lo largo de su ciclo de vida*. (Inf. Téc.). Diario Oficial de la Unión Europea.
- Europea, C. (2018a). *Impacto en el medio ambiente del uso de plásticos oxodegradables, incluidas las bolsas de plástico oxodegradables* (Inf. Téc.). Informe de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo.
- Europea, C. (2018b). *Una estrategia europea para el plástico en una economía circular* (Inf. Téc.). Estrasburgo: Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo.
- Gross, R. A., y Kalra, B. (2002). Biodegradable polymers for the environment. *Ciencia*, 803(7).
- Hora, L. (Ed.).
El relleno sanitario de Loja recibe menos basura durante la cuarentena. .
- Huang, T. H., y Almeida, D. (2015). Estudio comparativo de la compostabilidad de fundas plásticas de pebd, oxo-biodegradables y de papel distribuidas en el distrito metropolitano de Quito. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 7(1).
- Londoño-Franco, L., Londoño-Muñoz, P. T., y Muñoz-García, G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145–153.
- Martin, K. (2012). *Bioprospección de la degradación del polietileno*. Bogotá, Colombia.
- Nolan-ITU, RMIT, y ExcelPlas. (2003). The impacts of degradable plastic bags in Australia. *Victoria*, 129.
- Ojeda, T. F. M., Dalmolin, E., Forte, M. M. C., Jacques, R. J. S., Bento, F. M., y Camargo, F. A. O. (2009). Abiotic and biotic degradation of oxo-biodegradable polyethylenes. *Polymer Degradation and Stability*, 94(6), 965–970.
- OPA. (2017). *La nueva economía del plástico*. Londres.
- Parker, G., y Edwards, B. C. (2012). Intertek expert services a life cycle assessment of oxo - biodegradable, compostable and conventional bags. *Symphony Environmental Ltd. Leatherhead*.
- PNUMA. (2016). *Prohibición de plásticos de un solo uso*. Madrid.
- Quiroz, F., Cadena, F., Sinche, L., y Chango, I. (2012). Estudio de la degradación en polímeros oxo-biodegradables. *Revista Politécnica*(179–191).
- Scott, G. (2000). Green polymers. *Polymer Degradation and Stability*, 68(1), 1–7.
- Thomas, N., Clarke, J., McLauchlin, A., y Stuart, P. (2010). Assessing the environmental impacts of oxo-degradable plastics across their life cycle. *Loughborough University*.
- Torres, M., Paz, K., y Salazar, F. (2010). *Tamaño de una muestra para una investigación de mercado*. (Tesis Doctoral no publicada). Universidad Rafael de Landívar.
- Vanclay, F., Esteves, A. M., Group, C. I., Aucamp, I., Services, C., y Franks, D. M. (2015). *Evaluación de impacto social: lineamientos para la evaluación y gestión de impactos sociales de proyectos* (Tesis Doctoral no publicada). Groninga.