Análisis de ciclo de vida con enfoque de fin de vida: Impactos ambientales de los residuos de los cigarrillos electrónicos consumidos por los miembros de la Universidad Javeriana

Jose David Vergara Maldonado

Director: Carlos Eduardo Fúquene Retamoso

Carrera de Ecología

Facultad de Estudios Ambientales y Rurales

Pontificia universidad Javeriana

2023

Resumen

Actualmente existe una necesidad urgente por abordar de manera más profunda las problemáticas ambientales asociadas con los residuos de los cigarrillos electrónicos. El creciente consumo de estos dispositivos está generando residuos que incluyen plástico de un solo uso, nicotina, baterías de iones de litio y otros componentes, que podrían tener efectos negativos en el medio ambiente. Ante esta problemática, se han implementado políticas en varios países, pero la evidencia científica aún es insuficiente. Este estudio analiza los potenciales impactos ambientales de los desechos de cigarrillos electrónicos consumidos por los miembros de la Universidad Javeriana de la sede de Bogotá. Se realizaron grupos focales y encuestas con el propósito de determinar las percepciones y patrones de consumo. Se identificaron y cuantificaron los componentes de los cigarrillos electrónicos desechables para analizar los impactos ambientales por medio de la metodología del análisis de ciclo de vida (ACV). Para el análisis se utilizó la herramienta informática Simapro versión 9.3 y el grado de impacto se estableció por medio del método de evaluación CML- IA. Se determino que los cigarrillos electrónicos son considerados perjudiciales para el medio ambiente según la percepción de los consumidores, además, se identificó que estos dispositivos se desechan principalmente en los contenedores de basura convencional. El análisis de ciclo de vida mostro que tanto los componentes externos como los electrónicos, así como el líquido para fumar, tienen un impacto ambiental principalmente en las categorías de la ecotoxicidad de agua dulce, la ecotoxicidad acuática marina y la ecotoxicidad terrestre. La problemática relacionada con los cigarrillos electrónicos es prevenible, sin embargo, es importante que las instituciones tomen acciones para regular su uso y minimizar los impactos negativos. Tanto los consumidores como las marcas deben preocuparse por un manejo adecuado de los residuos para reducir los impactos ambientales.

Abstract

Currently, there is an urgent need to address the environmental challenges associated with electronic cigarette waste more comprehensively. The growing consumption of these devices is resulting in waste that includes single-use plastic, nicotine, lithium-ion batteries, and other components, posing potential negative effects on the environment. While several countries have implemented policies, scientific evidence remains insufficient. This study examines the potential environmental impacts of electronic cigarette waste generated by members of the Javeriana University at the Bogotá campus. Through focus groups and surveys, perceptions and consumption patterns were determined. The disposable components of electronic cigarettes were identified and quantified to assess their environmental impacts using the life cycle assessment (LCA) methodology. The analysis employed Simapro version 9.3 software and impact assessment followed the CML-IA evaluation method. Findings revealed that electronic cigarettes are considered environmentally harmful based on consumer perception, with disposal primarily occurring in conventional waste bins. The life cycle analysis demonstrated significant environmental impacts, particularly in the categories of freshwater ecotoxicity, marine ecotoxicity, and terrestrial ecotoxicity, attributable to both external and electronic components as well as the e-liquid. Addressing the issues associated with electronic cigarettes is preventable, necessitating proactive institutional measures to regulate usage and minimize negative impacts. Both consumers and brands should prioritize proper waste management to mitigate environmental consequences.

Introducción

Históricamente, el hábito de fumar tabaco ha estado relacionado con diversos aspectos socioculturales, siendo el cigarrillo convencional de tabaco la forma más popular de consumo que genera diversos impactos tanto en la salud pública como en el medio ambiente (Novotny et al., 2015). En la última década, los sistemas electrónicos con o sin dispensación de nicotina, conocidos comúnmente como cigarrillos electrónicos, están transformando las formas de consumo, mientras que aumenta cada vez más su popularidad a nivel mundial. Esto se debe principalmente a que surgen y se comercializan como una alternativa para dejar de fumar y a que los consumidores los perciben como una opción más saludable en comparación con los cigarrillos convencionales (Krause & Townsend, 2015).

Asociado a esto, se reconoce que probablemente la industria tabacalera utilice técnicas de neuromarketing enfocada principalmente a jóvenes y adultos jóvenes como estrategia para transmitir información a sus consumidores, lo cual podría tener como resultado una restricción en la capacidad de los usuarios para analizar la información de manera objetiva y tomar decisiones informadas al consumir sus productos (Sokol, 2014.).

La industria tabacalera se caracteriza además por ser una industria compleja que contribuye a la degradación y contaminación ambiental. Pues el cultivo y procesamiento del tabaco, el empaquetamiento, la distribución y los desechos generados por la industria en general aportan al cambio climático, a la degradación de la calidad del agua y suelo y generan impactos en las cadenas alimentarias naturales (Morphett et al., 2022). Por ejemplo, un cigarrillo promedio utiliza 3.7 litros de agua, emite 13 gramos de CO2 equivalente y consume 3.5 gramos de petróleo a lo largo de su ciclo de vida (Zafeiridou et al., 2018).

Algunas investigaciones sobre el mercado mencionan que la industria tradicional que se encarga de la manufactura de los cigarrillos convencionales probablemente se encuentre en una etapa de declive en su ciclo de vida. No obstante, señalan que la industria podría resistir dicho declive por medio de la expansión hacia otros mercados como el de los cigarrillos electrónicos (Hendlin & Bialous, 2020a). Siendo estos dispositivos el único producto que se considera capaz de asegurar una nueva generación de fumadores a nivel mundial (Sokol, 2014).

Dicho esto, los cigarrillos electrónicos son dispositivos que funcionan con baterías para calentar una solución liquida que posteriormente se convierte en un aerosol que los usuarios inhalan (Beutel et al., 2021). En la actualidad, hay una gran variedad de diseños y modelos de cigarrillos electrónicos disponibles en el mercado, desde productos desechables de un solo uso hasta dispositivos recargables que utilizan cartuchos y dispositivos tipo tanque. A pesar de su variedad, la mayoría de estos dispositivos comparten componentes similares que podría generar efectos negativos tras ser introducidos en el medio ambiente, entre ellos: el plástico de un solo uso, las baterías de iones de litio y las soluciones liquidas concentradas de nicotina (Hendlin & Bialous, 2020b). Estos desechos se pueden clasificar entonces en desechos plásticos, desechos electrónicos (RAEE) y desechos químicos peligrosos (Pourchez et al., 2022).

Los desechos de los cigarrillos electrónicos son también una fuente de contaminación ambiental por medio de los metales que conforman el producto. De manera directa como resultado de la descomposición de componentes electrónicos e indirecta mediante el uso de los líquidos para fumar. Aunque los ingredientes que conforman los líquidos para fumar son diversos, la mayoría están compuestos de glicerina vegetal y/o propilenglicol. Se sabe que algunos metales están presentes en los líquidos antes de su uso (aluminio, selenio, estaño, cromo). mientras que, después de su uso, las concentraciones de otros metales aumentan (cobre, manganeso, zinc) (Beutel et al., 2021; Williams et al., 2022). Es posible que esto se deba a que los metales se transfieren del dispositivo al líquido para fumar y del líquido al aerosol que es inhalado posteriormente por el usuario (Olmedo et al., 2018).

Dicho esto, el consumo de cigarrillos electrónicos genera elementos que son considerados como contaminantes emergentes denominados los “rare earth elements” (REE), considerados como tóxicos para los organismos vivos en altas concentraciones, Por lo que, estos dispositivos deberían ser vistos como residuos electrónicos y residuos peligrosos porque contienen metales pesados y productos químicos tóxicos como por ejemplo la nicotina (Granda Orive & Quero, 2020).

En consecuencia, la industria tabacalera reconoce que los cigarrillos electrónicos podrían estar generando nuevas áreas de impacto ambiental debido al uso de componentes electrónicos y químicos. Además, las compañías afirman que se están vendiendo cada vez más dispositivos electrónicos para fumar, por lo que la eficiencia en el uso de agua y energía podría estar

empeorando hasta que el conocimiento en torno al tema y las economías de escala mejoren con el tiempo. No obstante, debido a la gran cantidad de opciones de productos disponibles en el mercado, resulta difícil establecer el impacto ambiental que estos productos producen (Hendlin & Bialous, 2020a).

Sumado a esto, se desconoce con exactitud los posibles impactos ambientales que producen los cigarrillos electrónicos. Pues poco se sabe sobre los impactos asociados a la fabricación, uso y disposición final de dichos dispositivos. Si bien es cierto, que cada vez hay más estudios relacionados a los riesgos a la salud por el consumo, todavía hay muy poca información sobre los efectos negativos en el medio ambiente debido a la eliminación incorrecta de este producto (Chang, 2014). Además, en muchos países no se ha establecido un proceso adecuado para la gestión de los materiales de los dispositivos desechados, asumiendo que se desechan en la basura convencional (Bhattacharya et al., 2021).

En Latinoamérica las investigaciones y la evidencia científica relacionada a esta problemática podrían ser insuficientes, los que hace necesario llevar a cabo investigaciones que sean más confiables y significativas. Algunos autores consideran que esto se debe a que la problemática entorno a los cigarrillos electrónicos es algo nuevo para Latinoamérica, sin embargo, reconocen que los temas que más se investigan están relacionados a la epidemiologia y los efectos sobre la salud humana (Huamán-Navarro & Morán-Mariños, 2020).

En Colombia gracias al tercer estudio epidemiológico andino sobre consumo de drogas en la población universitaria realizado en 2016 se sabe que el 16% de los universitarios que representa a aproximadamente 3,629 personas ha usado alguna vez en la vida cigarrillos electrónicos y es muy probable que este porcentaje haya aumentado en la actualidad. Razón por la cual se podría espera una gran cantidad de desechos relacionados a estos dispositivos siendo necesario reconocer los posibles impactos que pueden generar al ingresar al medio ambiente (Baran et al., 2020).

Dicho esto, se podría decir que el consumo de los cigarrillos electrónicos es una problemática socioambiental que está generando efectos negativos tanto en la salud humana como en el medio ambiente, por lo tanto, se espera indagar sobre: ¿Cuáles son los impactos ambientales potenciales que producen los desechos de los cigarrillos electrónicos consumidos por los miembros de la Universidad Javeriana de la sede de Bogotá? Abordar esta problemática es fundamental para que

se tomen acciones de regulación y protección ambiental por parte de las autoridades al diseñar legislaciones (Buonocore et al., 2017).

Sobre todo, en un país como Colombia que hasta la fecha se encuentra en proceso de regulación. Y que según el reporte de Opciones en Colombia para la regulación del uso de los sistemas electrónicos con o sin dispensación de nicotina y similares, la vía más apropiada para nuestro contexto posiblemente sea tratar estos dispositivos como productos sucedáneos del tabaco, para que puedan ser acogidos por la Ley 1335 de 2009 que busca garantizar el derecho a la salud de la población (Botero-Rodríguez et al., 2019).

Preguntas de investigación

Pregunta general

¿Cuáles son los impactos ambientales potenciales que producen los residuos de los cigarrillos electrónicos consumidos por los miembros de la Pontificia Universidad Javeriana de la sede de Bogotá?

Preguntas especificas

- ¿Qué tipos de residuos producen los cigarrillos electrónicos y que impactos ambientales producen?
- ¿Con que frecuencia y de qué manera los miembros de la Pontificia Universidad Javeriana están consumiendo y desechando los cigarrillos electrónicos?
- ¿De qué manera los consumidores de la Pontificia Universidad Javeriana perciben los residuos de los cigarrillos electrónicos?

Objetivos de investigación

Objetivo general

Identificar cuáles son los impactos ambientales potenciales que producen los residuos de los cigarrillos electrónicos consumidos por los miembros de la Pontificia Universidad Javeriana de la sede de Bogotá.

Objetivos específicos

- Identificar los tipos de residuos producen los cigarrillos electrónicos y los impactos ambientales que producen.

- Evaluar con qué frecuencia y de qué manera los miembros de la Pontificia Universidad Javeriana están consumiendo y desechando los cigarrillos electrónicos.
- Evaluar de qué manera los consumidores de la Pontificia Universidad Javeriana perciben los residuos de los cigarrillos electrónicos.

Marco referencial

Esta investigación está enmarcada dentro del ámbito de la gestión ambiental bajo el enfoque de la ecología industrial y contará con dos aproximaciones, una relacionada a las percepciones de uso y desecho de los cigarrillos electrónicos en los miembros de la Universidad Javeriana y una segunda aproximación relacionada a los tipos de desechos generados por estos dispositivos y sus impactos ambientales potenciales sobre el medio ambiente. En el caso de las percepciones, estas permitirán dar cuenta del uso de cigarrillos electrónicos, la prevalencia de consumo, los tipos de dispositivos que se están usando actualmente y como se están desechando. En la segunda aproximación, se presentará los conceptos claves de metodología del análisis de ciclo de vida (ACV) que permitirá dar cuenta de la presión que ejercen los desechos de este producto sobre el medio ambiente.

Dicho esto, la gestión ambiental a grandes rasgos busca el equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección del medio ambiente, por medio de diferentes acciones y estrategias (Massolo, 2015.). A través de la ecología industrial, se reconoce que las organizaciones humanas dependen del medio ambiente y recursos físicos (materiales, agua y energía) para impulsar los sistemas modernos de producción y consumo. Para la ecología industrial es fundamental entonces comprender y optimizar los flujos de materiales físicos, con la intención de minimizar los impactos ambientales asociados a la eficiencia en la producción y consumo (Van HooF & Park, 2018).

En otras palabras, la lógica de la ecología industrial busca que los sistemas humanos se desempeñen de manera más eficiente y sostenible al imitar comportamientos y estrategias de la naturaleza (Van HooF & Park, 2018). Para alcanzar dicho objetivo, se requiere transformar el modelo lineal de los sistemas productivos tradicionales en modelos cíclicos que permitan interacciones equilibradas entre el ambiente, la economía y la sociedad. De manera, que se pueda garantizar el desarrollo sostenible el cual busca preservar los recursos para las generaciones

futuras sin descuidar las necesidades del presente (Torre-Marín et al., 2009; Van HooF & Park, 2018).

La ecología industrial utiliza diferentes herramientas y métodos que permiten examinar y evaluar el desempeño ambiental en un sistema o producto. Dentro de los principales instrumentos se puede mencionar el análisis de flujo de materiales, el mercado de subproductos y el análisis de ciclo de vida (Torre Marín et al., 2009). El análisis de ciclo de vida (ACV) es un tipo de contabilidad ambiental en la que se miden los efectos ambientales adversos, debidamente cuantificados, generados a lo largo del ciclo de vida de un producto, teniendo en cuenta el uso de recursos, la salud humana y las consecuencias ecológicas (Rieznik, N. et al., 2005).

Es importante mencionar que el análisis de ciclo de vida permite estimar los impactos ambientales potenciales. Por lo que es pertinente distinguir los impactos potenciales de los impactos reales, pues los impactos reales son aquellos que probablemente ocurrirán y por lo tanto requiere un análisis más detallado y complejo, mientras que los impactos potenciales solo podrían suceder bajo una serie de circunstancias que no siempre son probables. No obstante, estimar los impactos potenciales es útil porque permite identificar problemáticas asociadas alguna actividad o producto, sin embargo, en algunos casos podría dar lugar a soluciones sobredimensionadas (Rieznik, N. et al., 2005).

De acuerdo con la metodología propuesta por la organización internacional de normalización ISO 14040, un análisis de ciclo de vida se divide en cuatro etapas necesarias para su realización: 1) definición del objetivo y alcance del estudio, 2) análisis de inventario de ciclo de vida, 3) la evaluación de impacto de ciclo de vida, y 4) la interpretación de resultados.

En el primer paso es fundamental tener claro el motivo de la investigación, con la finalidad de definir el objetivo y alcance del estudio. De manera que el objetivo identifica hasta donde se puede llegar para satisfacer el motivo de su realización (Van Hoof et al., 2008). Adicionalmente, durante esta etapa se define la base de cálculo del estudio o unidad funcional que proporcionara una referencia respecto a la cual las entradas y salidas del sistema pueden ser normalizadas y cuantificadas (Rieznik, N. et al., 2005).

El inventario de ciclo de vida definido por la norma ISO 14041 por su parte, busca recolectar y procesar todos los datos relacionados al producto especifico o a la unidad funcional con la

finalidad de establecer las cargas ambientales. Entendiendo las cargas ambientales como las entradas y salidas de materia o energía de un sistema que causan un efecto ambiental negativo e incluyen las emisiones de gases contaminantes, efluentes de aguas, residuos sólidos, consumo de recursos naturales, entre otros (Rieznik, N. et al., 2005).

Adicionalmente, existen varias bases de datos disponibles para facilitar la elaboración del inventario por medio del uso de softwares informáticos. Una de las más utilizadas es Ecoinvent, porque incorpora alrededor de 2.500.000 de datos relacionados con productos y servicios de los sectores de energía, trasporte, diferentes materiales, productos químicos, tratamiento de residuos y agricultura en diferentes continentes (Fúquene Retamoso et al., 2009).

En cuanto a la evaluación de impacto, esta fase viene determinada por la norma ISO 14042, el propósito de esta etapa es traducir los datos del inventario obtenidos en la fase previa y asignarlos a una categoría de impacto. Las categorías de impacto por lo tanto representan las consecuencias ambientales generadas por el producto (Rieznik, N. et al., 2005). Para este fin, existen diferentes modelos para asignar los datos obtenidos en diferentes categorías entre ellos, el Eco-indicador 99 y el CML de la Universidad de Leiden, Holanda (Vinodh et al., 2012a).

El Eco-indicador 99 evalúa tres categorías de impacto asociadas al consumo de recursos, la salud humana y la calidad de los ecosistemas. La categoría de calidad de los ecosistemas, por ejemplo, se expresa como la perdida de especies en cierta área durante cierto tiempo e incluye impactos asociados con ecotoxicidad, eutrofización y la lluvia acida (Fúquene Retamoso et al., 2009). Mientras que el indicador CML se centra en diferentes categorías de impacto ambiental expresadas en términos de emisiones al medio ambiente o uso de recursos como deterioro de recursos bióticos y abióticos, deterioro de la capa de ozono, acidificación, toxicidad humana (Van Hoof et al., 2008; Vinodh et al., 2012b).

Finalmente, la norma ISO 14043 se enfoca en la evaluación de los resultados obtenidos en el inventario de ciclo de vida y la evaluación de impactos de ciclo de vida realizados en las fases previas (Fúquene Retamoso, 2007). La interpretación de los resultados debe ser consecuente con las metas y alcance propuestos al inicio de la investigación. Si esto se realiza de manera consiente, los resultados podrían contribuir a la toma de decisiones y definir prioridades para implementar acciones y alternativas de mejora del producto. Además, dicha información puede

contribuir a determinar políticas ambientales, informar al público e informar a la industria (Van Hoof et al., 2008).

Habiendo dicho esto el análisis de ciclo de vida es un proceso que requiere manejar grandes cantidades de datos y hacer cálculos repetitivos. Para ello, existen diferentes programas informáticos con bases de datos que facilitan la realización de estudios con la finalidad de evaluar productos y procesos. Algunos de los programas más populares son OpenLCA, Umberto, Ecomanager y SimaPro. SimaPro es un software analítico versátil que proporciona una gran cantidad de características útiles para realizar cálculos precisos y rápidos, además de comparar y analizar modelos por medio de la descomposición de sus procesos y de los materiales implicados en ellos (Goedkoop et al., 2016).

Muchas investigaciones se han llevado a cabo utilizando dichas herramientas para realizar análisis de ciclo de vida. Por ejemplo, el estudio titulado "Cradle-to-gate life cycle assessment of a liquid pharmaceutical product through analysis of chemical production pathways"[1], hace uso de softwares computacionales como Simapro. Aunque el estudio no está directamente relacionado con los cigarrillos electrónicos, se concluye que el propilenglicol sustancia clave de los líquidos para fumar tiene una alta contribución a la toxicidad humana, el agotamiento de recursos fósiles y aporta al cambio climático. En el estudio, se evaluó un producto especifico y se encontró que su impacto fue de 0,006 Kg de 1,4-diclorobenceno por Kg, siendo el propilenglicol el principal contribuyente al potencial de ecotoxicidad en aguas dulces (Güneş & Şengül, 2022).

A pesar de ello, algunos autores mencionan que no existe algún estudio que permita evidenciar los impactos ambientales que generan los cigarrillos electrónicos. Después de realizar una búsqueda sistemática de información sobre la industria tabacalera, Hendlin y Bialous, 2020 refieren no haber encontrado ninguna prueba de que se haya realizado un análisis de ciclo de vida para minimizar el impacto ambiental sobre la producción y desecho de los cigarrillos electrónicos.

Sin embargo, existen estudios realizados para determinar el tipo de componentes y los efectos ambientales que producen estos dispositivos. Chang, 2014 describe los impactos ambientales

[1] Análisis de ciclo de vida de la cuna a la puerta de un producto farmacéutico líquido a través del análisis de las vías de producción química

potenciales relacionados a la fabricación, uso y desecho de estos dispositivos. Respecto a la disposición de desechos menciona que indagar sobre cómo se están desechando estos dispositivos contribuirá a estimar el impacto de estos en el medio ambiente. Por ejemplo, Lerner et al., 2015 identificó presencia de metales pesados y óxidos citotóxicos similares a los del cigarrillo convencional en las batería y atomizadores de estos dispositivos.

Otra investigación realizada en los líquidos que se usan para fumar determinó que la exposición del pez cebra a dichos líquidos perturba los tejidos de los embriones en desarrollo y, por lo tanto, estos dispositivos podrían generar efectos nocivos en la vida silvestre, sobre todo en el desarrollo embrionario (Bhattacharya et al., 2021). No obstante, Baran et al., 2020 encontró que la sustancia base de dichos líquidos (propilenglicol y glicerina) no representan una amenaza potencial para el entorno microbiológico. Sin embargo, reconoce que no se han realizado estudios exhaustivos sobre la influencia de los desechos en el medio ambiente y que algunos cigarrillos electrónicos que contienen dicho liquido pueden considerarse desechos peligrosos.

Por otro lado, los estudios realizados sobre las percepciones de consumo son determinantes como ya se ha mencionado, por que permiten conocer las actitudes y conocimientos que se tienen en torno a un hábito bajo un contexto especifico. Por ejemplo, Rodriguez et al., 2017 evaluó las percepciones que se tiene sobre el uso de los cigarrillos electrónicos en estudiantes universitarios, concluyendo que el uso de estos dispositivos es más frecuente en personas jóvenes y que ser estudiante está estrechamente relacionado al uso de este producto. Por otro lado, Valero-Juan & Suárez Del Arco, 2014 determinaron que existe desinformación entorno a la temática y que el consumo de cigarrillos electrónicos en universitarios no está influenciado exclusivamente por el deseo de dejar de fumar. Ambos autores están de acuerdo en que reconocer las percepciones permitirá crear políticas para regular estos productos.

Por lo tanto, para entender el potencial de generación de residuos y los impactos ambientales relacionados a los cigarrillos electrónicos es necesario conocer las percepciones de sus consumidores sobre dicho producto. Las percepciones en este sentido determinan juicios, decisiones, conductas y acciones con consecuencias reales sobre el ambiente. Dicho esto, si lo que se busca es alcanzar un progreso social y económico que mejore la calidad de vida y bienestar de la población es fundamental tener en cuenta y estudiar el elemento humano tanto social como individualmente, partiendo de que las acciones de los seres humanos influyen en la

creación de problemas ambientales, pero también pueden ser un factor primordial para dar solución a estas (Flores, 2010).

Área de estudio

Esta investigación se llevará a cabo en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia, la cual está ubicada en la carrera 7 No 40-62. Su campus tiene 18 hectáreas distribuidas en 72.875m2 de zonas verdes, 12.918m2 de zonas deportivas y 246.322m2 de área construida. Según el último boletín estadístico del año 2022, la institución tenía una población de 18.755 estudiantes de pregrado, 5.213 estudiantes de posgrado, 3.556 profesores entre planta y catedra y más de 1.946 empleados administrativos.

Por fuera de la universidad existen tiendas y comercios donde los miembros de la comunidad universitaria pueden adquirir cigarrillos tanto convencionales como electrónicos. Para ello, la vicerrectoría de medio universitario ha tomado medidas con el fin de reducir el consumo de tabaco y prevenir la exposición al humo de segunda mano. Esto alineado con la la responsabilidad social y ambiental características del proceso de formación integral. Las medidas incluyen la prohibición de consumo de cigarrillos en espacios cerrados y semi cerrados, la creación de espacios “100% libres de humo” y programas pedagógicos realizados por parte del centro de asesoría psicológica y salud.

A pesar de ello, diversos conversatorios e investigaciones realizadas por miembros de la Universidad Javeriana mencionan que las instituciones educativas tienen muy poco conocimiento sobre el uso de los cigarrillos electrónicos y por lo tanto se necesita avanzar en estudios e iniciativas para desarrollar políticas públicas que regulen su distribución y consumo (Montaño Rozo, 2022). Frente a la prevalencia de consumo de estos dispositivos en la universidad un estudio realizado en 2020 a los estudiantes de último año de la facultad de medicina de la Pontificia Universidad Javeriana y a los médicos de la IPS Javesalud, en la ciudad de Bogotá (Colombia), reporta que el 31,4% de los estudiantes de último año de medicina que representa aproximadamente 50 personas ha hecho uso de estos dispositivos alguna vez en la vida (Becerra Martínez et al., 2021).

Aproximación Metodológica

Grupo focal

Las sesiones de grupo también conocidas como los grupos focales es una metodología de la investigación cualitativa y consiste en entrevistas, de forma no estructurada y natural, que se realizan a un grupo pequeño de individuos sobre temas de interés para el investigador (Malhotra et al., 2008). Dicho esto, se realizó un grupo focal que contó con la participación de cuatro jóvenes usuarios de cigarrillos electrónicos de 21 a 25 años, entre los cuales había estudiantes de diferentes universidades privadas de la ciudad de Bogotá. La sesión tuvo una duración de veinte minutos y se realizó de manera remota o en línea, teniendo en cuenta, la dificultad de los participantes preseleccionados para estar reunidos en un espacio físico. Además, para escoger el tamaño de la muestra, se tuvo en cuenta que para las sesiones de grupo en línea hay menos participantes (de cuatro a seis) en comparación con una sesión de grupo presencial, porque demasiadas "voces" podrían causar confusión en la discusión (Malhotra et al., 2008).

Previo a la realización del grupo focal se les explicó a los participantes el procedimiento y el propósito de la investigación. Así mismo, se les informó de que los datos obtenidos serían utilizados de manera anónima con fines exclusivamente académico e investigativos. Finalmente, se les pidió a los asistentes el consentimiento para usar la información obtenida y para grabar la sesión. La sesión de grupo se realizó como fase exploratoria para el diseño de las encuestas y se llevó a cabo en primer lugar para entender la familiaridad de los participantes con los cigarrillos electrónicos y los conocimientos que tienen acerca de estos dispositivos, en segundo lugar para identificar la frecuencia de consumo, la forma de disposición final, las principales marcas que se están consumiendo actualmente y por ultimo para determinar las percepciones y opiniones acerca de los posibles efectos negativos que estos dispositivos podrían generar al medio ambiente (Anexo 1).

Encuesta

La encuesta es una técnica que se utiliza para recopilar información por medio de un formulario que se presenta a los individuos con el fin de realizar una serie de preguntas sobre sus comportamientos, intenciones, actitudes, conocimientos, motivaciones, características demográficas y estilo de vida. En la actualidad, gracias al avance tecnológico, se han desarrollado diversas aplicaciones en línea que permiten crear formularios que resultan tan representativos y efectivos como los métodos tradicionales (Malhotra et al., 2008).

Por lo tanto, estas herramientas proporcionan mayor comodidad y flexibilidad para obtener datos de manera más ágil y eficiente. En el caso de la presente investigación, se utilizó la plataforma Microsoft Froms para diseñar el instrumento de investigación, de tal manera que pudiera ser completado por medio de diferentes dispositivos con acceso a internet.

Para la selección de los sujetos de estudio, se tuvo en cuenta que fueran miembros de la Pontificia Universidad Javeriana. El tipo de muestro fue no probabilístico de tipo accidental o consecutivo, lo que significa que se reclutaron participantes de manera casual hasta alcanzar el numero necesario para completar el tamaño de la muestra. Además, se buscó incluir todos los individuos accesibles en la muestra (Otzen & Manterola, 2017).

Dicho esto, se diseñó una encuesta de 12 preguntas organizadas en 4 secciones específicas. La primera sección incluye dos preguntas, una de las cuales se enfoca en el consentimiento informado y en la aceptación del uso de datos de manera anónima, la segunda tiene como objetivo determinar si el encuestado es consumidor actual de cigarrillos electrónicos. Si la respuesta es afirmativa pasa a la segunda sección que contempla datos personales como el nombre, la edad y el género. La tercera sección se enfoca en el uso y se tiene en cuenta la prevalencia de consumo, los dispositivos y marcas que se están usando actualmente y el uso de nicotina. Finalmente, la cuarta sección busca identificar la forma en que los encuestados disponen los cigarrillos electrónicos y sus percepciones sobre el impacto ambiental que estos producen (Anexo 2).

Antes de llevar a cabo la aplicación del cuestionario, se realizó un proceso de validación de contenido para asegurar su validez. Esto es relevante, ya que busca garantizar que el formulario fuera confiable y preciso en la recolección de los datos.

Análisis de ciclo de vida

Aunque los cigarrillos electrónicos varían en diseño según el fabricante, en general, contienen componentes similares. A lo largo del ciclo de vida del producto, la fabricación de estos componentes requiere el uso de energía y materiales. Por ejemplo, la batería contiene metales que necesitan procesos energéticos para obtenerlos. El líquido para fumar incluye nicotina que se extrae químicamente de las plantas de tabaco. Una gran proporción de cigarrillos electrónicos son importados y también se utilizan componentes e ingredientes de diversos países, lo que genera

impactos globales. Sin embargo, actualmente no existe un análisis detallado del ciclo de vida que permita identificar los impactos ambientales de este producto.

Dicho esto, para llevar a cabo esta investigación, se identificaron los impactos ambientales potenciales que los desechos de los cigarrillos electrónicos pueden generar mediante el análisis de ciclo de vida con un enfoque de fin de vida o "End-of-life". En este caso, se realizó un análisis utilizando la metodología CML-IA baseline y la herramienta de software Simapro versión 9.3. CML- IA baseline divide los impactos ambientales en 11 categorías con el fin de realizar su respectivo análisis, estas categorías son: Depleción abiótica y combustibles fósiles Acidificación, Eutrofización, Calentamiento global, Depleción de la capa de ozono, Toxicidad humana, Ecotoxicidad de agua dulce, Ecotoxicidad marina, Ecotoxicidad terrestre, Oxidación fotoquímica.

Descripción del producto y unidad funcional

Como unidad funcional para este estudio se escogió el cigarrillo electrónico desechable de la marca colombiana GluCloud "Large" ya que se tomó en consideración la preferencia manifestada por los usuarios encuestados por esta marca y por los cigarrillos electrónicos desechables. El funcionamiento de este dispositivo se activa mediante un flujo de aire generado por la inhalación de los usuarios. Además, su diseño y componentes básicos son similares a los de otras marcas, incluyendo una luz LED, batería de polímero de iones de litio, tubo de aire, cables gruesos que se conectan a un filamento, mecha, fundas, carcasas de aluminio y componentes plásticos. Este dispositivo también incorpora un material absorbente, denominado "poly-fill", el cual contiene el líquido para fumar y puede retener remanentes de elementos como nicotina, propilenglicol, glicerina, estaño, cobre, níquel, zinc y plomo después de ser utilizado (Imagen 1)

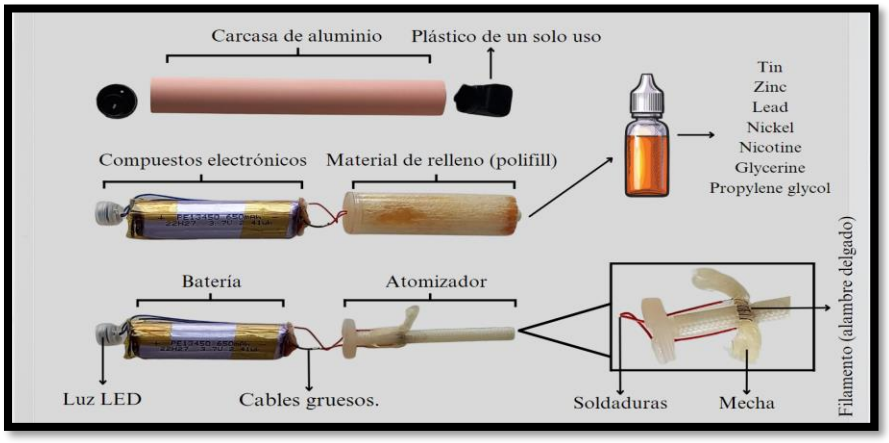


Imagen 1: Elaboración del autor.

Límites del sistema

Para el análisis y la realización del inventario, se tuvo en cuenta únicamente la etapa de fin de vida y disposición final. Para ello, se desmontaron cuatro cigarrillos electrónicos desechables (GluCloud) en el laboratorio de la facultad de ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, con el fin de analizar la anatomía interna y el tipo de desechos que generan estos dispositivos. Posteriormente cada componente fue pesado en una balanza analítica con el fin de cuantificar las masas para ser introducidas en el inventario (Anexo 3).

Respecto a los residuos generados por los líquidos para fumar, se utilizó información secundaria obtenida de investigaciones previas que han determinado las concentraciones de elementos y metales en los fluidos de los cigarrillos electrónicos desechables después de su uso. Se seleccionaron los elementos y las concentraciones más comunes mencionadas en la literatura.

Finalmente, se utilizó la base de datos Ecoinvent mediante la herramienta informática SimaPro para crear un inventario que incluyera todos los componentes identificados en las etapas anteriores del estudio, incluyendo el líquido y sus concentraciones (Anexo 4). Si algún componente no estaba en la base de datos, se identificó un elemento sustituto que conservara similares características a la del componente inicial. Para estimar la cantidad de residuos generados, se utilizó los datos de la encuesta a los miembros de la Universidad Javeriana, donde se tuvo en cuenta solo los participantes que consumen cigarrillos electrónicos desechables y sus hábitos de consumo con el fin de estimar la cantidad de cigarrillos electrónicos anuales que son consumidos por la población estudiantil.

Resultados

Grupo focal

El grupo focal realizado otorgó distintas percepciones, conocimientos y comportamientos que tienen los usuarios entrevistados frente al uso de los cigarrillos electrónicos. Con relación a la frecuencia de consumo todos los entrevistados refirieron usar actualmente al menos un dispositivo en el último mes. No obstante, la frecuencia de consumo depende de cada individuo, es decir, hay usuarios que consumieron hasta ocho cigarrillos electrónicos en el último mes, mientras que, hay otros que lo hicieron de manera esporádica en ambientes de fiesta. Además, los

participantes mencionaron que llevan consumiendo estos dispositivos desde hace un tiempo y que el tipo de dispositivo que usan ha cambiado con en el transcurso de los años. Sin embargo, todos concordaron en que actualmente el tipo de cigarrillo electrónico de preferencia son los desechables o de un solo uso porque son más fáciles de usar, más ligeros, no requieren mantenimiento y en general porque son más agradables. De la misma manera, todos los participantes consumen cigarrillos electrónicos con nicotina y dentro de las marcas que más usan están los Vuse y los Glu cloud.

También se observa que los entrevistados reconocen que los cigarrillos electrónicos están compuestos por algunos materiales, se mencionan principalmente los metales, el plástico, el algodón y las baterías. Sin embargo, muchos de los participantes no saben y/o no les interesa saber que otro tipo de componentes conforman a estos dispositivos.

Cuando se les pregunta por la forma de disposición final de los cigarrillos electrónicos, tres de los cuatro participantes mencionan desecharlos en la basura normal. No obstante, uno de los participantes, los dispone en puntos de reciclaje específicos para cigarrillos electrónicos que se encuentran en su universidad (Universidad de los Andes). Mencionando que existen dos puntos de reciclaje, uno propio de la marca Glu cloud y otro que parte de una iniciativa de estudiante de arte y diseño de la Universidad de los Andes para reciclar estos dispositivos.

Respecto la percepción sobre el concepto de contaminación varía entre cada uno de los participantes pues, a pesar de que todos coinciden en que los distintos componentes que conforman estos dispositivos podrían generar efectos negativos en el medio ambiente. Algunos individuos mencionaron no estar interesados en saber qué tipo impactos genera este producto al medio ambiente. Adicionalmente, uno de los participantes manifestó su preocupación por el volumen de desechos que se podrían generar si muchas personas consumiesen estos dispositivos, no obstante, considera que los cigarrillos electrónicos contaminan igual que una botella de plástico. Finalmente, para uno de los entrevistados es importante que exista algún manejo respecto a los desechos de este producto que garantice el cuidado del medio ambiente.

Encuesta

De un total de 236 participantes de la población objetivo, se clasificaron dos grupos: aquellos que han consumido cigarrillos electrónicos en el último mes y aquellos que no los han consumido.

Los participantes que respondieron que no han consumido cigarrillos electrónicos no se tuvieron en cuenta en el análisis. Dicho esto, los participantes restantes, el 25% (n=56) informó haber consumido cigarrillos electrónicos en el último mes.

Cuando se les pregunto por el tipo de cigarrillo electrónico consumido el 81% refiere usar desechables o de un solo uso, el 15% utiliza sistema de PODS o recargable y el 2% refiere usar de tipo tanque. Además, se encontró que la marca de cigarrillos electrónicos más consumida es "GluCluod", y se reportó un consumo promedio de 2 cigarrillos y un total de 137 cigarrillos para los últimos 30 días entre los participantes que consumen cigarrillos electrónicos desechables. Estos datos fueron cruciales para determinar tanto la unidad funcional como el volumen de residuos generados, y se incluyeron en el análisis de ciclo de vida del producto. Adicionalmente, todos los participantes mencionaron usar dichos dispositivos con nicotina.

En cuanto a la disposición final de los dispositivos, se determinó que los participantes desechan principalmente de tres formas: 1) En la basura convencional, 2) en puntos de reciclaje especializados para los cigarrillos electrónicos y 3) los coleccionan. (Grafico 1)

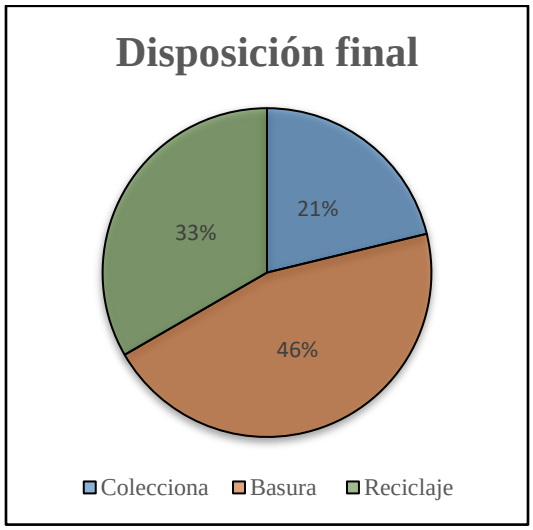


Gráfico 1: Elaboración del autor.

Con relación a las percepciones frente a los impactos ambientales que estos productos podrían generar, el 88% de los encuestados manifestaron que estos dispositivos podrían generar un efecto negativo en el medio ambiente, mientras que el 12% no lo considera. No obstante, cuando se les preguntó si cambiarían el consumo si conocieran los impactos asociados al consumo de estos dispositivos el 59% mencionara que no lo haría, mientras que el 41% si lo haría. (Grafico 2)

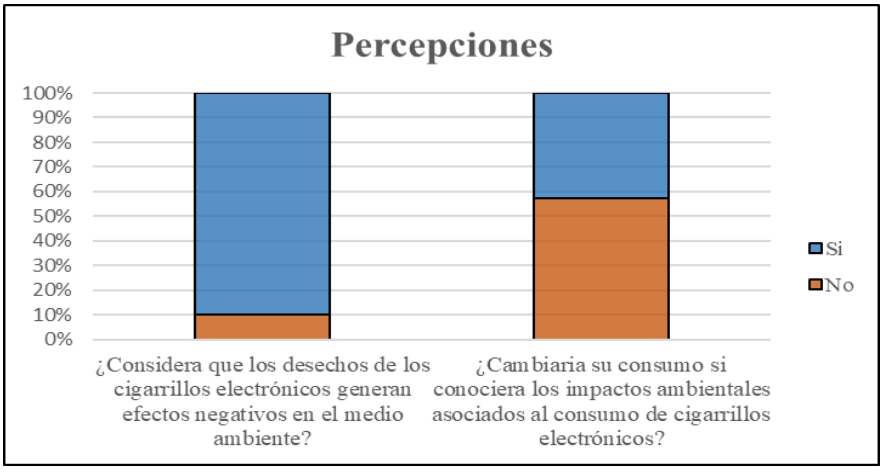


Gráfico 2: Elaboración del autor.

Análisis de ciclo de vida

El modelamiento realizado, se dividió en tres tipos de residuos: 1) atomizador y desechos electrónicos, 2) residuos del líquido para fumar y 3) Componentes externos. El grafico 3 presenta los resultados de las categorías de impacto de CML-AI baseline para el atomizador y los desechos electrónicos. Según estos resultados, se pudo observar que las categorías de impacto de ecotoxicidad de agua dulce, ecotoxicidad acuática marina y ecotoxicidad terrestre representan los mayores impactos en comparación con otras categorías. Además, Thin filament y LED light fueron los principales responsables de la mayoría de los impactos en estas categorías.

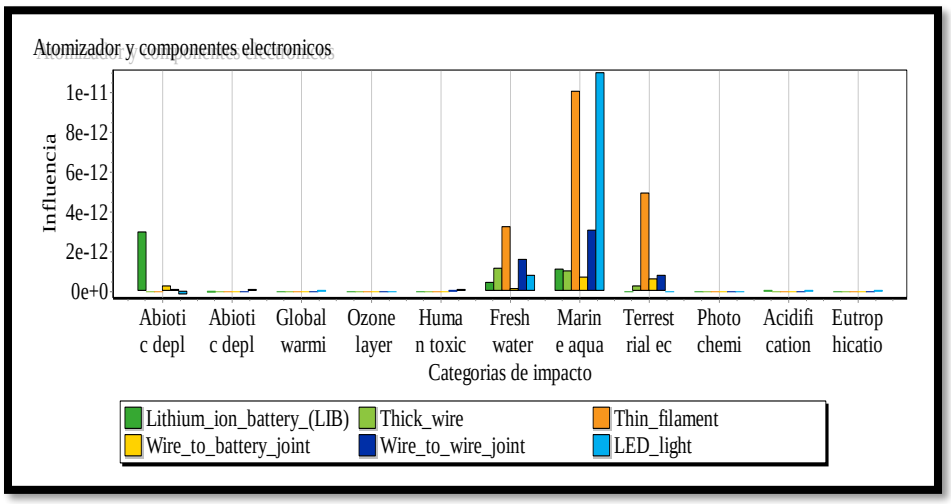


Gráfico 3: Software Simapro® y cálculos del autor.

Respecto a la categoría de los residuos del líquido para fumar cigarrillos electrónicos, se observó que la nicotina es una fuente significativa de impacto ambiental que podría afectar tanto la ecotoxicidad terrestre como toxicidad de agua dulce. Por otro lado, el zinc (Zn) tuvo una mayor

contribución en la ecotoxicidad terrestre, toxicidad de agua dulce y ecotoxicidad acuática marina según, lo demostrado en el Grafico 4.

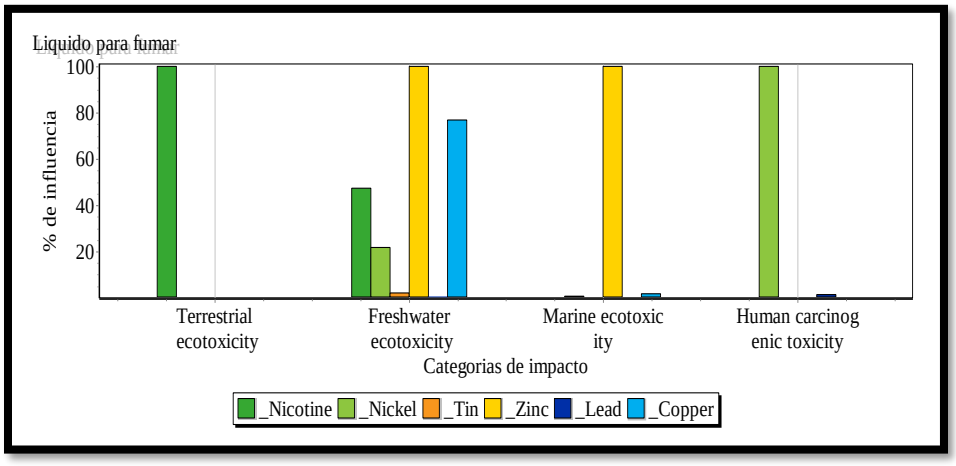


Gráfico 4: Software Simapro® y cálculos del autor.

Por último, con respecto a los componentes externos se evidenció que el plástico de un solo uso tiene una influencia muy alta en todas las categorías de impacto, mientras que la carcasa de aluminio repercute principalmente en las categorías de depleción abiótica, depleción de la capa de ozono y en la acidificación. (Grafico 5)

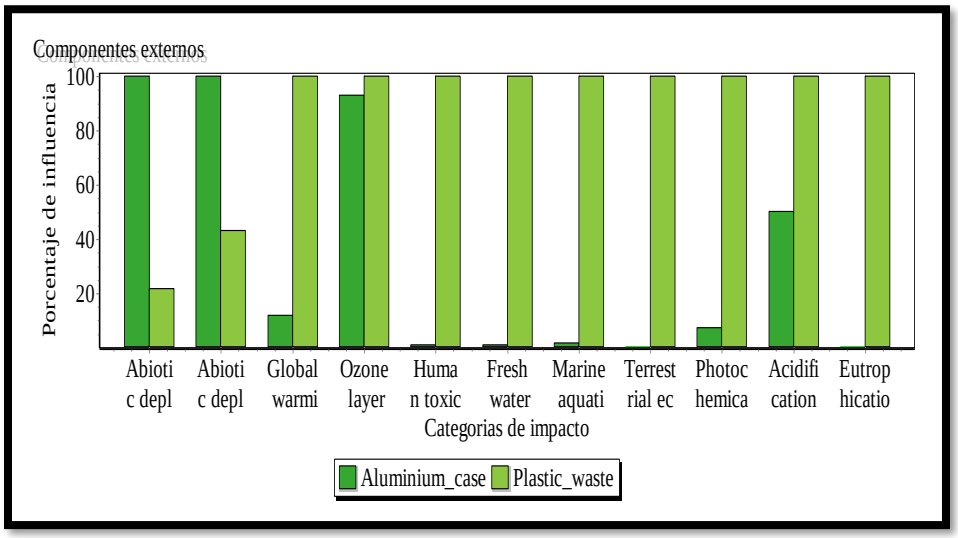


Gráfico 5: Software Simapro® y cálculos del autor.

Análisis y discusión de resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos se identificó que los desechos de los cigarrillos electrónicos tienen un impacto ambiental negativo en diferentes categorías principalmente en la

depleción abiótica, la ecotoxicidad de agua dulce, la ecotoxicidad acuática marina y la ecotoxicidad terrestre. Los residuos electrónicos particularmente representan una amenaza significativa para la salud humana y el medio ambiente debido a la presencia de metales (ej. Estaño o Plomo) y materiales críticos como las baterías que son valiosos tanto en términos económicos como de sostenibilidad ambiental (Pan et al., 2022). Además. existe cierta preocupación entre los gestores de residuos, porque estos dispositivos se consumen y se desechan mucho más rápido que los dispositivos electrónicos típicos como lo son los celulares y/o computadores (Krause & Townsend, 2015b).

Por ejemplo, Williams et al., 2017, examinó la composición elemental de varios componentes de los cigarrillos electrónicos desechables utilizando un microscopio electrónico de barrido. Los resultados mostraron que los filamentos contenían principalmente níquel y cromo. Los cables gruesos estaban mayoritariamente hechos de cobre revestido con plata. Las uniones entre los cables se realizaban mediante abrazaderas de cobre/zinc o soldadura, siendo el estaño el material predominante. Las fundas aislantes y las mechas tenían una composición que incluía silicio, oxígeno, calcio, aluminio y magnesio.

Otro problema de gran preocupación son las baterías de iones de litio incluidas en los cigarrillos electrónicos porque contienen sustancias químicas toxicas que podrían ser liberadas al medio ambiente. Lerner et al., 2015, sugiere que las baterías usadas de los cigarrillos electrónicos experimentan una actividad local de oxidación- reducción cuando se colocan en un entorno acuoso. En otras palabras, estas baterías contienen metales potencialmente citotóxicos, así como oxidantes que podrían generar efectos adversos. Pues, a medida que las baterías se degradan, sus componentes tóxicos se filtran progresivamente en el medio ambiente (Pourchez et al., 2022).

Entre los elementos tóxicos en los componentes de las baterías de iones de litio, se ha observado niveles elevados de cobalto, cobre y níquel. Algunas baterías incluso pueden contener plomo y talio, lo cual aumenta su toxicidad ambiental. Un ejemplo de esto es el efecto a largo plazo del óxido de manganeso de litio y el óxido de cobalto en las poblaciones de crustáceos, lo que podría explicar los impactos eco toxicológicos observados en los cuerpos de agua dulce y marinos según los hallazgos de este estudio (Costa et al., 2021).

Con relación a las luces LED, este estudio ha revelado su influencia en la ecotoxicidad marina y su impacto en la toxicidad del agua dulce. A través de un análisis exhaustivo del ciclo de vida, Lim et al., 2011 determinó que las cargas ambientales están asociadas al agotamiento de recursos que provienen principalmente del oro y la plata, mientras que los potenciales de toxicidad están vinculados al arsénico, cobre, níquel, plomo, hierro y plata. Es importante tener en cuenta que estos resultados pueden variar dependiendo del tipo de luz LED que se evalué.

Por otra parte, los resultados de este trabajo de grado confirman que el líquido utilizado en los cigarrillos electrónicos representa una amenaza ambiental, como se ilustra en el grafico 4, debido a que puede contener altas concentraciones de sustancias residuales. La nicotina es la principal responsable de generar efectos negativos en la categoría de la ecotoxicidad terrestre. Los fabricantes de cigarrillos electrónicos ofrecen diferentes opciones de concentraciones de nicotina, desde cero hasta 24 mg/ml. Según la encuesta realizada a los miembros de la Universidad Javeriana, todos los participantes consumen cigarrillos electrónicos con nicotina.

Este dato es clave porque estudios previos han demostrado que la nicotina es una de las sustancias farmacéuticas más importantes en términos de su impacto ecológico y toxicológico. En los humanos se sabe que este elemento aumenta el riesgo de eventos cardiovasculares ya que ejerce un efecto directo sobre las células musculares. Sin embargo, los sistemas electrónicos de suministro de nicotina presentan un menor riesgo cardiovascular en comparación con el consumo de cigarrillo convencional (Merecz Sadowska et al., 2020).

Aunque se sabe poco sobre la toxicidad ambiental de la nicotina en la vida silvestre de los mamíferos, se han realizado estudios en vivo en laboratorios especialmente con ratas y ratones que han demostrado diversos efectos que incluyen mutación celular, efectos reproductivos negativos y cambios del comportamiento (Merecz Sadowska et al., 2020).

Por otro lado, se ha comprobado la presencia de nicotina en los recursos hídricos a nivel mundial lo que podría representar una amenaza para la biodiversidad y la salud humana. En la Unión Europea, los residuos de tabaco se consideran tóxicos y peligrosos cuando el contenido de nicotina supera los 0,5 mg g-1 (Roder Green et al., 2014). El contenido residual de nicotina en los cigarrillos electrónicos varía según la marca, sin embargo, existen estudios que reportan niveles

de nicotina residual de hasta 6,6 mg/ml después de su uso, dato que fue usado en la presente investigación (Williams et al., 2022).

En los ecosistemas acuáticos, la presencia de nicotina derivada de los cigarrillos electrónicos puede tener efectos perjudiciales en los procesos biológicos y en la estructura de las comunidades microbianas, así como en la biodiversidad acuática. Se ha observado que altas concentraciones de nicotina pueden afectar a los organismos productores primarios en el agua y a los depredadores eucariotas. Esto puede poner en riesgo la dinámica de las poblaciones microbianas y las interacciones en la cadena alimentaria cuando la nicotina se introduce en los sistemas acuáticos (Beutel et al., 2021). Se ha evidenciado además que la exposición de peces cebra (*Danio Rerio*) a altas concentraciones de líquidos con nicotina resulta en una reducción en el porcentaje de embriones que eclosionan en líneas transgénicas de peces (Bhattacharya et al., 2021). Además, se ha demostrado que la nicotina causa daño hepático en los peces y afecta a las planarias de manera similar a los mamíferos (Roder Green et al., 2014).

Aparte de la nicotina, varios estudios han detectado metales tóxicos como níquel, cromo, cobre y zinc en el líquido y aerosol producidos por los cigarrillos electrónicos (Omaiye et al., 2021; Williams et al., 2017, 2022). Pues se tiene la hipótesis de muchos de estos metales podrían provenir de los componentes electrónicos (Williams et al., 2019). Y como se muestra en esta investigación, dichos metales generan repercusiones principalmente en las categorías de ecotoxicidad terrestre, toxicidad de agua dulce y ecotoxicidad acuática marina.

El zinc (Zn) es un oligoelemento esencial que se requiere en pequeñas cantidades para todos los animales (Atsdr, 2005). Sin embargo, se ha observado que los peces pueden acumular este elemento en sus cuerpos a través del agua en la que nadan y los alimentos que ingieren (Yung et al., 2014). Esto puede llevar a la inducción de efectos tóxicos, tanto agudos como crónicos. Estos hallazgos sugieren que el zinc puede tener efectos perjudiciales en los organismos marinos, como se evidencia en los resultados de la presente investigación.

Otros elementos tóxicos, como el plomo (Pb), el cromo (Cr) y el níquel (Ni), también se ha demostrado que tienen graves efectos negativos. El plomo puede causar neurotoxicidad y enfermedades cardiovasculares, mientras que el cromo y el níquel se han asociado con

enfermedades respiratorias y cáncer (Olmedo et al., 2018) . Estos metales representan riesgos adicionales para la salud de los organismos.

Esto evidencia que tanto el líquido utilizado en los cigarrillos electrónicos como los componentes mismos pueden tener efectos tóxicos. Un estudio realizado Parker & Rayburn, 2017 evaluó la toxicidad en general de estos dispositivos y reveló que los embriones de la especie de anfibio (Xenopus laevis) experimentaron efectos adversos en su desarrollo embrionario. Se observaron anomalías en la formación y crecimiento de las extremidades, cabeza y cola, lo que sugiere que los componentes presentes en los cigarrillos electrónicos son tóxicos para esta especie. Sin embargo, es importante destacar que se considera que la toxicidad es mayor en los cigarrillos convencionales por generar más de 7000 sustancias químicas (CDC, 2023)

Con relación a los desechos de aluminio y plástico, se encontró en este estudio que ambos componentes tienen un impacto significativo en diversas categorías. El plástico de un solo uso, en particular, muestra influencia en todas las categorías, como se puede observar en el gráfico 3. Los desechos plásticos de un solo uso, por ejemplo, se degradan lentamente y por lo general se fragmentan a través de la radiación solar, el calor o el estrés mecánico en pedazos muy pequeños conocidos como micro plásticos (Chen et al., 2021). Estos micro plásticos pueden tener efectos adversos en el medio ambiente, ampliando así el impacto negativo de los desechos plásticos en las vías fluviales y en la vida silvestre (Truth Initiative, 2021).

No obstante investigaciones demuestran que el reciclaje de plástico es una opción válida para mitigar el impacto de un producto al final de su ciclo de vida. Esto se logra al reducir la cantidad de recursos naturales requeridos como materias primas y al disminuir la eliminación final del producto terminado al reintegrarlo nuevamente al ciclo productivo (Fúquene Retamoso et al., 2009).

Debido a estas circunstancias, es crucial evitar la incorrecta disposición de cartuchos, baterías y otros materiales relacionados con los cigarrillos electrónicos, ya que esto puede exponer a la nicotina y otros componentes a niños, adultos y animales, así como ocasionar la contaminación del suelo y del agua (Papaefstathiou et al., 2019). En este estudio, se observó que la mayoría de los participantes tiende a desechar estos dispositivos en los contenedores de basura convencionales, tal como se muestra en el gráfico 1. Además, según los resultados obtenidos por

la organización de control de tabaco “Truth initiative” de una encuesta realizada en 2020 a jóvenes en Estados Unidos, la mayoría de ellos (51%) simplemente arroja los cigarrillos electrónicos a la basura regular, mientras que solo un pequeño porcentaje (15 %) los entrega para su reciclaje adecuado. Además, algunos encuestados informaron desechar directamente estos dispositivos al suelo, lo cual contribuye a la contaminación ambiental(Truth Initiative, 2021). Ambos hallazgos demuestran la necesidad de educar y promover prácticas adecuadas de disposición entre los usuarios, con el objetivo de minimizar los impactos negativos asociados.

Dicho esto, existe el debate sobre si los cigarrillos electrónicos deberían ser considerados desechos peligrosos. Para Baran et al. 2020, los cigarrillos electrónicos no deberían ser considerados como desechos peligrosos, menciona que los residuos generados por estos dispositivos representan una fracción mínima en comparación con los residuos generados por los cigarrillos convencionales. Debido a que, en su investigación, los microorganismos evaluados mostraron una menor sensibilidad a los residuos de cigarrillos electrónicos en comparación con otros productos de tabaco. De manera similar, en su investigación, Krause, 2015, señala el potencial de los cigarrillos electrónicos desechables para ser considerados residuos peligrosos, mediante pruebas de lixiviación de metales en diversos productos. Aunque algunos de los dispositivos evaluados podrían cumplir con los criterios de residuos peligrosos al exceder los límites reglamentarios para el plomo, la mayoría no lo haría. No obstante, es importante tener en cuenta que ambos hallazgos se basan en el contexto específico de cada estudio

Por el contrario, Barton et al., 2020 menciona que tanto las baterías de iones de litio como la nicotina encontrada en los cigarrillos electrónicos son considerados residuos peligrosos por la EPA en Estados Unidos (Environmental Protection Agency). Pues como ya se ha mencionado la nicotina es un elemento toxico y desechar las baterías directamente en la basura además de ser toxico genera riesgo de incendio asociado a ellas.

En Colombia el programa posconsumo del ministerio de medio ambiente se fundamenta en la responsabilidad extendida al productor. Lo que implica que los fabricantes e importadores son responsables de organizar, desarrollar y financiar los residuos derivados de sus productos una vez que los consumidores los desechan. Respecto a las baterías mencionan que son un desecho posconsumo y existe la oportunidad de lograr el retorno a la cadena de sus componentes, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.

Por otra parte, los hallazgos de esta investigación revelaron que un tercio de los participantes lleva estos dispositivos a puntos de reciclaje proporcionados por las marcas o establecimientos donde los adquirieron. Esto demuestra que algunas marcas han adoptado voluntariamente medidas de responsabilidad extendida al productor, implementando esquemas de disposición, lo que podría reducir los posibles efectos ambientales generados por estos dispositivos (Hendlin & Bialous, 2020).

Algunos usuarios eligen consumir los cigarrillos electrónicos debido a la percepción de que son menos perjudiciales para el medio ambiente (Melin et al., 2018). Es importante destacar que los consumidores desempañan un rol importante en la gestión de residuos posconsumo al depositar los productos utilizados en los mecanismos establecidos por los fabricantes o distribuidores (Minambiente, 2020) . Sin embargo, este estudio revela que, a pesar de tener conciencia sobre el impacto negativo de los cigarrillos electrónicos en el medio ambiente, muchos consumidores no están dispuestos a modificar sus hábitos de consumo.

Afortunadamente los impactos ambientales producidos por los residuos de los cigarrillos electrónicos son prevenibles. Aunque los residuos sólidos de los cigarrillos electrónicos y sus riesgos ambientales son difíciles de determinar. Los componentes plásticos y los elementos metálicos desechados al medio ambiente representan una pequeña fracción de los residuos generados por los cigarrillos electrónicos y las baterías y aunque pueden ser potencialmente peligrosas en gran medida son reciclables (Baran et al., 2020).

Conclusiones

Este estudio evidencia la importancia de optimizar la gestión de los desechos producidos por los cigarrillos electrónicos, con el fin de disminuir la contaminación y contrarrestar los impactos en el medio ambiente. Se observo que estos dispositivos generan principalmente tres tipos de desechos: 1) plástico de un solo uso, 2) desechos electrónicos y 3) desechos químicos derivados del líquido para fumar, que podrían ser clasificados como desechos peligrosos, aunque se necesitan realizar más investigaciones al respecto.

Los resultados obtenidos en esta investigación resaltan los impactos ambientales de los residuos evaluados. Los componentes electrónicos repercuten en diversas categorías ambientales, como la

depleción abiótica, la ecotoxicidad de agua dulce, la ecotoxicidad acuática marina y la ecotoxicidad terrestre. Además, se ha identificado a través de la revisión de la literatura previa que el líquido para fumar contiene elementos y metales que pueden derivar de los propios componentes electrónicos. El análisis de los elementos seleccionados ha revelado que la nicotina representa una fuente significativa de impacto ambiental, con posibles repercusiones en la ecotoxicidad terrestre y la toxicidad del agua dulce. Por otro lado, el zinc (Zn) ha mostrado una mayor contribución en la ecotoxicidad terrestre, la toxicidad del agua dulce y la ecotoxicidad acuática marina. En cuanto a los desechos de plástico y aluminio, se ha determinado que son una fuente importante de contaminación, ya que afectan la mayoría de las categorías evaluadas, destacando el plástico como el más influyente.

Por medio de las encuestas, se identificó que los consumidores de los cigarrillos electrónicos reconocen que estos dispositivos producen efectos negativos en el medio ambiente. A pesar de ello, aún existe un número considerable de personas que los desechan en la basura convencional. Sin embargo, se ha observado un creciente interés por parte de los consumidores por reciclar y disponer de manera adecuada estos dispositivos. Además, se ha evidenciado que algunas marcas han adoptado acciones de responsabilidad extendida al productor, asumiendo su responsabilidad en la gestión de los residuos generados por sus productos. Es importante que tanto los consumidores como las marcas se preocupen por esto, ya que un adecuado manejo de los residuos de cigarrillos electrónicos puede minimizar en gran medida los impactos ambientales generados por estos dispositivos. Por lo tanto, entender las percepciones y los hábitos de consumo son fundamentales para lograr una gestión más sostenible de estos productos.

En el caso específico de esta investigación, se han identificado limitaciones relacionadas con el uso de bases de datos y ecoindicadores internacionales. Además, existe una escasez de información y datos disponibles en la literatura y bases de datos existentes. Debido a la amplia variedad de productos, resulta complejo realizar un análisis de ciclo de vida detallado. En este sentido, se requiere realizar investigaciones futuras que incluyan un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) completo, que abarque desde la extracción de materias primas hasta el uso de energía y transporte, con el fin de identificar los impactos ambientales del producto de manera holística.

Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se pueden formular recomendaciones para mejorar el diseño del producto, teniendo en cuenta que es una de las finalidades del análisis del ciclo de vida. El análisis del ciclo de vida revela en qué etapas del ciclo de vida el producto tiene un mayor impacto, lo cual es información valiosa para rediseñarlo y reducir significativamente su impacto ambiental. Por lo tanto, la implementación del ecodiseño en la fabricación del producto puede brindar diversas ventajas a las industrias y organizaciones públicas, como beneficios económicos, cumplimiento de legislaciones y mejora de la imagen pública (Navajas et al., 2017).

Sin embargo, considerando el impacto negativo significativo de la industria tabacalera en términos de uso de fertilizantes, deforestación, consumo de agua, residuos y transporte a lo largo de su ciclo de vida, se podría argumentar que no existe una industria tabacalera ambientalmente sostenible (Houghton et al., 2019). No obstante, se podrían implementar medidas para minimizar los impactos ambientales, especialmente en lo que respecta a los residuos de los cigarrillos electrónicos identificados en la presente investigación.

Como se evidencio en este estudio, los componentes externos de los cigarrillos electrónicos desechables están hechos de materiales potencialmente reciclables. Utilizar estos componentes es una opción válida para reducir el impacto del producto al final de su vida útil y también contribuye a disminuir el consumo de recursos como el petróleo. El uso de materiales reciclados en los procesos de fabricación es beneficioso para el medio ambiente, ya que reduce la necesidad de utilizar materias primas vírgenes y permite reintegrar dichos materiales al ciclo productivo (Fúquene et al., 2009). Sin embargo, para este fin es importante que la industria tome medidas adecuadas para gestionar los recursos de manera responsable, como parte de la responsabilidad extendida del productor.

Por otro lado, los residuos electrónicos y el líquido para fumar representan una preocupación significativa en el diseño del producto. La presencia de componentes tóxicos en el líquido plantea riesgos tanto para el medio ambiente como para los consumidores. Además, los componentes electrónicos podrían aumentar la toxicidad del líquido, lo que podría tener impactos negativos en la contaminación. Es necesario llevar a cabo investigaciones para comprender cómo los componentes electrónicos influyen en la cantidad de elementos tóxicos presentes en el líquido y

buscar alternativas en los componentes del producto que mantengan su calidad y garanticen la protección del consumidor y del medio ambiente.

Esta información no solo ayudará a mejorar el diseño del producto, sino que también será fundamental para establecer bases para un empaquetado y etiquetado adecuados que informen acerca de los impactos tanto a la salud como al medio ambiente. Los consumidores deben ser conscientes de lo que están consumiendo y deben conocer las pautas para la disposición específica del producto.

Por último, surge la pregunta sobre bajo qué normativa debería regularse este producto en Colombia. Los cigarrillos electrónicos son un producto emergente que difiere en composición de los cigarrillos de tabaco tradicionales, lo que implica que los impactos en la salud y el medio ambiente podrían ser diferentes. Por lo tanto, la gestión de sus residuos podría requerir enfoques distintos y es necesario establecer regulaciones adecuadas para garantizar su correcto manejo y minimizar su impacto negativo.

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres, Leonora Maldonado y Jose Vicente Vergara, por su constante apoyo y amor incondicional. Su guía y ejemplo han sido fundamentales en mi desarrollo académico y personal. A mi hermano, Cristian Andrés Vergara, su aliento y motivación ha sido una fuente constante de inspiración. Agradezco de manera especial a mi tutor, Carlos Eduardo Fúquene, por su dedicación, orientación y por compartir sus conocimientos conmigo, su guía ha sido fundamental para el éxito de este trabajo de investigación. A mis amigas y amigos, quienes han sido parte importante en esta etapa de mi vida, pues la amistad es uno de los vínculos más significativos. A Néstor Camilo Vanegas, cuya amistad me enseño sobre la vida, me ha inspirado a crecer y superar los desafíos. A todos ustedes, les estoy sinceramente agradecido. Su contribución ha sido invaluable y ha dejado una huella significativa en este trabajo de investigación.

Bibliografía

Atsdr. (2005). TOXICOLOGICAL PROFILE FOR ZINC.

Baran, W., Madej-Knysak, D., Sobczak, A., & Adamek, E. (2020). The influence of waste from electronic cigarettes, conventional cigarettes and heat-not-burn tobacco products on microorganisms. Journal of Hazardous Materials, 385. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121591

Barton, B., Spicer, K., & Byrd, T. (n.d.). EMERGING ISSUES Peer-Reviewed The Impact on Company E-CIGARETTES IN E-CIGARETTES IN SMARTBOY10/DIGITALVISION VECTORS/GETTY IMAGES.

Becerra Martínez, N. A., Robayo-González, C. X., de la Asunción Ramírez, D., Sanchez, M., & Alba, L. H. (2021). Conocimientos, actitudes y prácticas sobre tabaquismo en un grupo de médicos en Bogotá, Colombia. Universitas Médica, 62(2). https://doi.org/10.11144/javeriana.umed62-2.taba

Beutel, M. W., Harmon, T. C., Novotny, T. E., Mock, J., Gilmore, M. E., Hart, S. C., Traina, S., Duttagupta, S., Brooks, A., Jerde, C. L., Hoh, E., Van De Werfhorst, L. C., Butsic, V., Wartenberg, A. C., & Holden, P. A. (2021). A review of environmental pollution from the use and disposal of cigarettes and electronic cigarettes: Contaminants, sources, and impacts. In Sustainability (Switzerland) (Vol. 13, Issue 23). MDPI. https://doi.org/10.3390/su132312994

Bhattacharya, B., Narain, V., & Bondesson, M. (2021). E-cigarette vaping liquids and the flavoring chemical cinnamaldehyde perturb bone, cartilage and vascular development in zebrafish embryos. Aquatic Toxicology, 240. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105995

Botero-Rodríguez, F., Marroquín Rivera, A., Leal Jaramillo, A., Cabarique Mendez, C., & Gómez-Restrepo, C. (2019). Sistemas electrónicos de administración de nicotina: ¿una amenaza para el neurodesarrollo de los adolescentes? Universitas Médica, 60(4), 1–8. https://doi.org/10.11144/JAVERIANA.UMED60-4.SEAN

Buonocore, F., Marques Gomes, A. C. N., Nabhani-Gebara, S., Barton, S. J., & Calabrese, G. (2017). Labelling of electronic cigarettes: Regulations and current practice. Tobacco Control, 26(1), 46–52. https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2015-052683

Center for disease control and prevention (CDC). (2023, May 4). About Electronic Cigarettes (E-Cigarettes). Office on Smoking and Health, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion.

Chang, H. (2014). Research gaps related to the environmental impacts of electronic cigarettes. Tobacco Control, 23(SUPPL. 2). https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2013-051480

Costa, C. M., Barbosa, J. C., Gonçalves, R., Castro, H., Campo, F. J. D., & Lanceros-Méndez, S. (2021). Recycling and environmental issues of lithium-ion batteries: Advances, challenges and opportunities. Energy Storage Materials, 37, 433–465. https://doi.org/10.1016/j.ensm.2021.02.032

De Granda-Orive, J. I., & García-Quero, C. (2020). e-waste: Rare Earth Elements, New Toxic Substances in Cigarettes and Electronic Cigarettes. In Archivos de Bronconeumologia (Vol. 56, Issue 8, pp. 477–478). Elsevier Doyma. https://doi.org/10.1016/j.arbres.2019.10.018

De, F., & Massolo, L. (n.d.). Introducción a las herramientas de gestión ambiental Libros de Cátedra.

ESTUDIO SOBRE LA PERCEPCIONES Y LA EDUCACIÓN AMBIENTAL. (n.d.).

Fúquene Retamoso, C. E. (2007). Producción limpia, contaminación y gestión ambiental (1st ed.). Editorial Pontificia Universidad Javeriana.

Fúquene Retamoso, C. E., Córdoba Pinzón, N. B., Lara-Borrero, J. A., & Méndez Fajardo, S. (2009). Bogotá (Colombia). 13(1), 91–104.

Goedkoop, M., Oele, M., Leijting, J., Ponsioen, T., & Meijer, E. (2016). Introduction to LCA with SimaPro Title: Introduction to LCA with SimaPro. www.pre-sustainability.com

Güneş, Ç. E., & Şengül, H. (2022). Cradle-to-gate life cycle assessment of a liquid pharmaceutical product through analysis of chemical production pathways. Clean Technologies and Environmental Policy, 24(6), 1741–1755. https://doi.org/10.1007/s10098-022-02283-4

Hendlin, Y. H., & Bialous, S. A. (2020). The environmental externalities of tobacco manufacturing: A review of tobacco industry reporting. In Ambio (Vol. 49, Issue 1, pp. 17–34). Springer. https://doi.org/10.1007/s13280-019-01148-3

Houghton, F., Houghton, S., O'Doherty, D., McInerney, D., & Duncan, B. (2019). Greenwashing tobacco—attempts to eco-label a killer product. Journal of Environmental Studies and Sciences, 9(1), 82–85. https://doi.org/10.1007/s13412-018-0528-z

Huamán-Navarro, A. S., & Morán-Mariños, C. (2020). Producción científica y políticas de salud sobre el cigarro electrónico en Latinoamérica. Revista Medica Herediana, 31(1), 76–77. https://doi.org/10.20453/rmh.v31i1.3734

Krause, M. J., & Townsend, T. G. (2015). Hazardous waste status of discarded electronic cigarettes. Waste Management, 39, 57–62. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.005

Lerner, C. A., Sundar, I. K., Watson, R. M., Elder, A., Jones, R., Done, D., Kurtzman, R., Ossip, D. J., Robinson, R., McIntosh, S., & Rahman, I. (2015). Environmental health hazards of e-cigarettes and their components: Oxidants and copper in e-cigarette aerosols. Environmental Pollution, 198, 100–107. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.12.033

Lim, S. R., Kang, D., Ogunseitan, O. A., & Schoenung, J. M. (2011). Potential environmental impacts of light-emitting diodes (LEDs): Metallic resources, toxicity, and hazardous waste classification. Environmental Science and Technology, 45(1), 320–327. https://doi.org/10.1021/es101052q

Malhotra, N. K., Ortiz Salinas, M. E., & Benassini, M. (2008). Investigación de mercados. Pearson Educación.

Melin, K., Conte-Schmidt, N., Martínez-Arroyo, K., Rosa-Pérez, K., Soto-Avilés, A. E., & Hernández-Muñoz, J. J. (2018). Knowledge and Perceptions of E-cigarettes and the Motivations for their Use: Talking to Smokers (E-cigarettes and/or Conventional Cigarettes) and Non-smokers in Puerto Rico. In PRHSJ (Vol. 37, Issue 3).

Merecz-Sadowska, A., Sitarek, P., Zielinska-Blizniewska, H., Malinowska, K., Zajdel, K., Zakonnik, L., & Zajdel, R. (2020). A summary of in vitro and in vivo studies evaluating the impact of E-Cigarette exposure on living organisms and the environment. In International Journal of Molecular Sciences (Vol. 21, Issue 2). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/ijms21020652

Minambiente. (2020). MINAMBIENTE_RENDICION_DE_CUENTAS_2019_2020.

Montaño Rozo, M. X. (2022, May 31). Vapeadores y tabaco al desnudo | Revista Pesquisa Javeriana. https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/vapeadores-y-tabaco-al-desnudo/

Morphett, K., Hyland, A., Sellars, D., & Gartner, C. (2022). The environmental impact of tobacco products: Time to increase awareness and action. In Addiction. John Wiley and Sons Inc. https://doi.org/10.1111/add.16046

Navajas, A., Uriarte, L., & Gandía, L. M. (2017). Application of eco-design and life cycle assessment standards for environmental impact reduction of an industrial product. *Sustainability (Switzerland)*, *9*(10). https://doi.org/10.3390/su9101724

Novotny, T. E., Bialous, S. A., Burt, L., Curtis, C., da Costa, V. L., Iqtidar, S. U., Liu, Y., Pujari, S., & D'Espaignet, E. T. (2015). Impacts environnementaux et sanitaires de la culture du tabac, de la fabrication de cigarettes et de leur consummation. Bulletin of the World Health Organization, 93(12), 877–880. https://doi.org/10.2471/BLT.15.152744

Olmedo, P., Goessler, W., Tanda, S., Grau-Perez, M., Jarmul, S., Aherrera, A., Chen, R., Hilpert, M., Cohen, J. E., Navas-Acien, A., & Rule, A. M. (2018). Metal concentrations in e-cigarette liquid and aerosol samples: The contribution of metallic coils. Environmental Health Perspectives, 126(2). https://doi.org/10.1289/EHP2175

Omaiye, E. E., Williams, M., Bozhilov, K. N., & Talbot, P. (2021). Design features and elemental/metal analysis of the atomizers in pod-style electronic cigarettes. PLoS ONE, 16(3). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248127

Pan, X., Wong, C. W. Y., & Li, C. (2022). Circular economy practices in the waste electrical and electronic equipment (WEEE) industry: A systematic review and future research agendas. In Journal of Cleaner Production (Vol. 365). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132671

Papaefstathiou, E., Stylianou, M., & Agapiou, A. (2019). Main and side stream effects of electronic cigarettes. Journal of Environmental Management, 238, 10–17. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.030

Parker, T. T., & Rayburn, J. (2017). A comparison of electronic and traditional cigarette butt leachate on the development of Xenopus laevis embryos. Toxicology Reports, 4, 77–82. https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.01.003

Pourchez, J., Mercier, C., & Forest, V. (2022). From smoking to vaping: a new environmental threat? The Lancet Respiratory Medicine. https://doi.org/10.1016/s2213-2600(22)00187-4

Rieznik, N., Hernandez, A. (2005). Metodología Del Análisis Del Ciclo De Vida, Capítulo 3.

Roder Green, A. L., Putschew, A., & Nehls, T. (2014). Littered cigarette butts as a source of nicotine in urban waters. Journal of Hydrology, 519(PD), 3466–3474. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.05.046

Rodriguez, E., Parrón, T., & Alarcón, R. (2017). Perceptions and use of the e-cigarette among university students. Archivos de Bronconeumologia, 53(11), 650–652. https://doi.org/10.1016/j.arbres.2017.03.015

Sokol, K. C. (n.d.). TORT AS A DISRUPTER OF CULTURAL MANIPULATION: NEUROMARKETING AND THE DAWN OF THE E-CIGARETTE. http://www.ussc.gov/

Torre-Marín, C., Granados, S., Herrera, R., & Martínez, R. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable.

Truth Initiative. (2021). February 2021 A TOXIC, PLASTIC PROBLEM.

Valero-Juan, L. F., & Suárez Del Arco, J. A. (2014). Knowledge, attitudes and perceptions of medical students about the electronic cigarette. In Atencion Primaria (Vol. 46, Issue 9, pp. 520–521). Elsevier Doyma. https://doi.org/10.1016/j.aprim.2014.03.004

Van HooF, B., & Park, J. (2018). Gobernanza-y-gerencia-completo-compressed. In Gobernanza y gerencia del desarrollo sostenible (pp. 273–299).

Van Hoof, B., Monroy, N., & Saer, A. (2008). VanHoof_PML. In Producción más limpia paradigma de gestión ambiental.

Vinodh, S., Jayakrishna, K., & Joy, D. (2012a). Environmental impact assessment of an automotive component using eco-indicator and CML methodologies. Clean Technologies and Environmental Policy, 14(2), 333–344. https://doi.org/10.1007/s10098-011-0405-x

Williams, M., Bozhilov, K. N., & Talbot, P. (2019). Analysis of the elements and metals in multiple generations of electronic cigarette atomizers. Environmental Research, 175, 156–166. https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.05.014

Williams, M., Bozhilov, K., Ghai, S., & Talbot, P. (2017). Elements including metals in the atomizer and aerosol of disposable electronic cigarettes and electronic hookahs. PLoS ONE, 12(4). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175430

Williams, M., Luo, W., McWhirter, K., Ikegbu, O., & Talbot, P. (2022). Chemical Elements, Flavor Chemicals, and Nicotine in Unused and Used Electronic Cigarettes Aged 5–10 Years and Effects of pH. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(24). https://doi.org/10.3390/ijerph192416931

Yung, M. M. N., Mouneyrac, C., & Leung, K. M. Y. (2014). Ecotoxicity of Zinc Oxide Nanoparticles in the Marine Environment. In Encyclopedia of Nanotechnology (pp. 1–17). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6178-0_100970-1

Zafeiridou, M., Hopkinson, N. S., & Voulvoulis, N. (2018). Cigarette Smoking: An Assessment of Tobacco's Global Environmental Footprint Across Its Entire Supply Chain. Environmental Science and Technology, 52(15), 8087–8094.

Anexos

Anexo 1: Preguntas preliminares grupo focal

Pregunta	Finalidad
1. Conocimiento de los cigarrillos electrónicos ¿Ha oído hablar alguna vez de los cigarrillos electrónicos o vapeadores?	Determinar si los entrevistados conocen los cigarrillos electrónicos
2. Uso de cigarrillos electrónicos ¿Ha consumido alguna vez cigarrillos electrónicos o vapeadores?	Determinar si los entrevistados han hecho uso de los cigarrillos electrónicos alguna vez en la vida.
3. Tipo de cigarrillo electrónico ¿Qué tipo de cigarrillo electrónico o vapeadores consume? ¿Qué marcas de cigarrillos electrónico consume?	Determinar qué tipo de dispositivo y marca están usando actualmente los entrevistados.
P4. Frecuencia de consumo Durante los últimos 30 días, ¿cuántos cigarrillos electrónicos o vapes han consumido?	Determinar la frecuencia de consumo de los entrevistados.
P5. Forma de disposición final Una vez terminado o acabado el cigarrillo electrónico ¿Como desecha el dispositivo?	Determinar cómo los entrevistados están desechando los cigarrillos electrónicos.
P6. Efectos negativos al medio ambiente ¿De qué materiales o componentes creen que están compuestos los cigarrillos electrónicos?	Determinar si los entrevistados perciben los desechos de los cigarrillos electrónicos como algo nocivo para el medio ambiente.
P7. Efectos negativos al medio ambiente ¿Considera que los desechos de los cigarrillos electrónicos generan efectos negativos al medio ambiente? ¿De qué manera?	Determinar si los entrevistados perciben los desechos de los cigarrillos electrónicos como algo nocivo para el medio ambiente.

Anexo 2: Formulario encuesta

Consentimiento informado y protección de datos

Usted está invitado(a) a participar en una investigación académica que contribuirá al desarrollo del trabajo de grado para obtener el título de ecólogo que otorga la Pontificia Universidad Javeriana. Esta investigación está siendo desarrollada por el estudiante José David Vergara Maldonado, bajo la dirección de Carlos Eduardo Fúquene Retamoso. Este cuestionario tiene como objetivo reconocer cuáles son los impactos ambientales potenciales que producen los desechos de los cigarrillos electrónicos consumidos por los miembros de la Universidad Javeriana. Sus datos personales serán protegidos y los resultados de la investigación serán utilizados con fines exclusivamente académico e investigativos, la información se utilizara de manera agregada (como un todo) y no individual. Además, su participación es completamente voluntaria y anónima. Marcando la casilla de verificación usted declara que recibió una explicación clara y completa del procedimiento y el propósito de su realización. Agradezco su participación en esta investigación. **(Casillas de Verificación)**

Dimensión	Preguntas
Consumo	¿Consume actualmente cigarrillos electrónicos? **(Opción de respuesta múltiple)** A) Si B) No
Datos personales	A) Nombre B) Edad C) Género
Uso	Durante los últimos 30 días, ¿Cuántos cigarrillos electrónicos o vapeadores consumió? ***(Opción de respuesta abierta)***
Tipo de cigarrillos electrónicos	Teniendo en cuenta la variedad de cigarrillos electrónicos o vapeadores presentes en el mercado, ¿Qué tipo de cigarrillo electrónico consume usted actualmente? ***(Opción de respuesta múltiple)*** ***A)*** Desechables o de un solo uso. ***B)*** Sistema de Pods o cartuchos. ***C)*** Tanques
Marca	Teniendo en cuenta la variedad de marcas de cigarrillos electrónicos o vapeadores presentes en el mercado, ¿Qué marca usa usted actualmente? ***(Opción de respuesta abierta)***
Uso de nicotina	Cuando compra un cigarrillo electrónico, ¿Con qué porcentaje de nicotina o miligramos los consume actualmente? **(Opción de respuesta abierta)**
Forma de disposición final	Una vez terminado, consumido o acabado el cigarrillo electrónico, ¿En dónde desecha este dispositivo? ***(Opción de respuesta abierta)***
Percepción	¿Considera que los desechos de los cigarrillos electrónicos generan efectos negativos en el medio ambiente? ***(Opción de respuesta múltiple)***

	A) Si B) No
Percepción	¿Cambiaria su consumo si conociera los impactos ambientales asociados al consumo de cigarrillos electrónicos? A) Si B) No

Anexo 3

Fotografías (Peso de los componentes en balanza analítica para agregar las masas al inventario).

Imagen No. 1:	Imagen No. 2:	Imagen No. 3
Imagen No. 4:	**Imagen No. 5:**	**Imagen No. 6:**

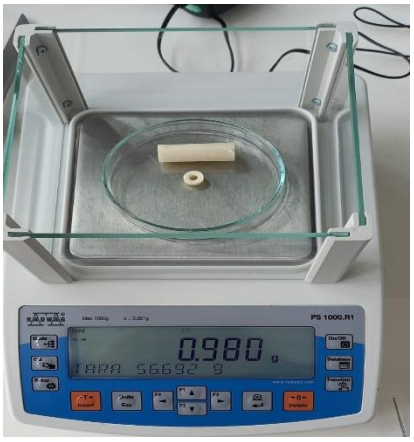
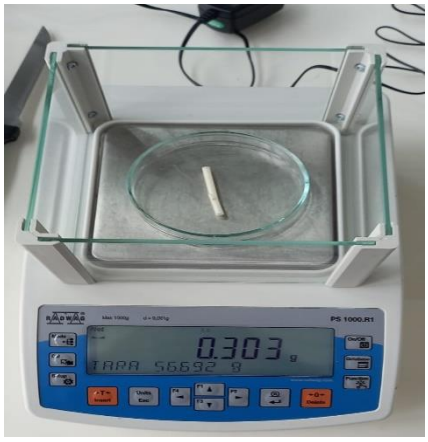

	

Imagen No. 7:	**Imagen No. 8:**	**Imagen No. 9:**

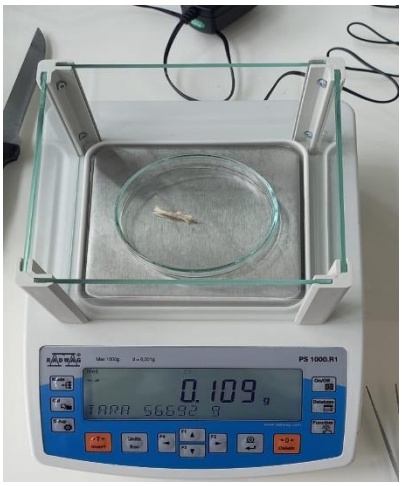
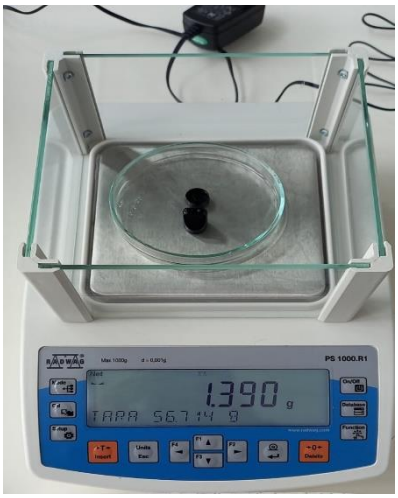


Imagen No. 10:	**Imagen No. 11:**	**Imagen No. 12:**
		

Anexo 4: Inventario

Desecho	Composicion Elemental	Unidad de medida		g/ml	Desechos	Anual
Componentes Electronicos		**g**			**137**	**12**
Batería de polímero de iones de litio		12,247			1677,839	20134,07
LED light		0,323			44,251	531,012
Atomizador		**g**			**137**	**12**
Thin filament	Chromium,Nickel	0,161			22,057	264,684
Thick wire	Copper, Silver Coated	0,161			22,057	264,684
Wire to wire joint	Copper, Zinc Clamp	0,161			22,057	264,684
Wire to battery joint	Tin solder	0,082			11,234	134,808
Wick	Silicon, Oxygen	0,109			14,933	179,196
Liquido para fumar		**mg/ml**	**mg/ml**	**1000**	**137**	**12**
Nicotine		7,8	7,8	0,0078	1,0686	12,8232
Copper		0.59 ± 0.52	0,59	0,00059	0,08083	0,96996
Zinc		0.92 ± 0.30	0,92	0,00092	0,12604	1,51248
Tin		0.10 ± 0.03	0,1	0,0001	0,0137	0,1644
Nickel		0.09 ± 0.01	0,9	0,0009	0,1233	1,4796
Lead		0.02 ± 0.03	0,15	0,00015	0,02055	0,2466
Componentes Externos		**g**			**137**	**12**
Aluminium case Case		7,938			1087,506	13050,072
Single use plastic		1,39			190,43	2285,16