



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2026,  
Volumen 10, Número 3.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v10i3](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i3)

**EL MANEJO JURÍDICO DEL E-WASTE EN EL  
ESTADO DE HIDALGO: PROPUESTA DE  
REGULACIÓN AMBIENTAL Y PENAL**

**THE LEGAL FRAMEWORK FOR E-WASTE IN THE STATE OF  
HIDALGO: A PROPOSAL FOR ENVIRONMENTAL AND  
CRIMINAL REGULATIONS**

**Oscar Sebastian Torres Osorio**  
Centro Universitario Continental

## El manejo jurídico del e-waste en el Estado de Hidalgo: propuesta de regulación ambiental y penal

Oscar Sebastian Torres Osorio<sup>1</sup>

[so2968846@gmail.com](mailto:so2968846@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0004-6780-8933>

Centro Universitario Continental  
Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

### RESUMEN

La producción masiva de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), comúnmente denominados e-waste, representa uno de los desafíos ambientales y jurídicos más urgentes del siglo XXI. De acuerdo con el Informe Global sobre Desechos Electrónicos 2024, México genera 1.5 millones de toneladas anuales de residuos electrónicos con una tasa de reciclaje formal del 4%, cifra que evidencia la gravedad del problema en el país. El Estado de Hidalgo, pese a su crecimiento urbano e industrial sostenido y su condición de receptor de flujos de residuos electrónicos provenientes de la Zona Metropolitana del Valle de México, carece de un marco normativo específico que regule integralmente el ciclo de vida de los RAEE. El presente artículo analiza el vacío jurídico existente en la legislación hidalguense a partir de una revisión doctrinal y comparativa del sistema normativo federal y estatal, así como de experiencias legislativas internacionales relevantes. Mediante una metodología cualitativa de investigación jurídico-doctrinal y análisis de derecho comparado, se identifican las principales deficiencias del marco normativo vigente y se propone un esquema regulatorio que incluye mecanismos de responsabilidad extendida del productor, obligaciones de gestión diferenciada y un sistema de sanciones penales graduadas proporcionales al daño ambiental causado. Los resultados evidencian que tanto la legislación federal existente como la propia política pública nacional reconocen los vacíos en la regulación estatal de residuos de manejo especial, lo que refuerza la necesidad de una ley estatal específica complementada con reformas al Código Penal del Estado de Hidalgo como necesidad jurídica inaplazable para garantizar el derecho constitucional a un medio ambiente sano.

**Palabras clave:** e-waste, RAEE, regulación ambiental, derecho penal ambiental, Hidalgo

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [so2968846@gmail.com](mailto:so2968846@gmail.com)

# The Legal Framework for E-Waste in the State of Hidalgo: A Proposal for Environmental and Criminal Regulations

## ABSTRACT

The massive production of waste electrical and electronic equipment (WEEE), commonly known as e-waste, represents one of the most urgent environmental and legal challenges of the 21st century. According to the Global E-Waste Monitor 2024, Mexico generates 1.5 million tons of electronic waste annually with a formal recycling rate of only 4%, underscoring the severity of the problem. The State of Hidalgo, despite its sustained urban and industrial growth and its role as a recipient of electronic waste flows from the Mexico City Metropolitan Area, lacks a specific regulatory framework to comprehensively regulate the lifecycle of WEEE. This article analyzes the existing legal vacuum in Hidalgo through a doctrinal and comparative review of federal and state regulatory frameworks and relevant international legislative experiences. Using a qualitative legal-doctrinal research methodology and comparative law analysis, the main deficiencies of the current regulatory framework are identified and a regulatory scheme is proposed that includes extended producer responsibility mechanisms, differentiated management obligations, and graduated criminal sanctions proportional to the environmental damage caused. Results show that both existing federal legislation and current national policy explicitly acknowledge the gaps in state-level regulation of special management waste, reinforcing the need for a specific state law complemented by reforms to the Hidalgo State Penal Code. It is concluded that such legislation constitutes an urgent legal necessity to guarantee the constitutional right to a healthy environment.

**Keywords:** e-waste, WEEE, environmental regulation, environmental criminal law, Hidalgo

*Artículo recibido 25 marzo 2026  
Aceptado para publicación: 25 abril 2026*



## 1. INTRODUCCIÓN

El siglo XXI ha sido testigo de una transformación tecnológica sin precedentes, caracterizada por la proliferación masiva de dispositivos electrónicos que han reconfigurado las dinámicas sociales, económicas y culturales a escala global. Teléfonos inteligentes, computadoras portátiles, tabletas, televisores de nueva generación, electrodomésticos inteligentes y una vasta gama de equipos electrónicos han pasado a ser componentes indispensables de la vida cotidiana en las sociedades contemporáneas. Sin embargo, esta revolución tecnológica ha generado un problema ambiental de proporciones alarmantes: la acumulación creciente de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), conocidos internacionalmente como e-waste (Baldé et al., 2024).

Según el Informe Global sobre Desechos Electrónicos 2024, elaborado por el Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional y la Investigación (UNITAR) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), en el año 2022 se generaron aproximadamente 62 millones de toneladas métricas de RAEE a nivel mundial, un incremento del 82% respecto a 2010. La generación global crece a razón de 2.6 millones de toneladas adicionales por año, y se proyecta alcanzar 82 millones de toneladas hacia 2030 de mantenerse las tendencias actuales (Baldé et al., 2024). Más preocupante aún es que únicamente el 22.3% de ese volumen fue gestionado de forma adecuada y documentada, dejando sin contabilizar materiales recuperables valorados en 62,000 millones de dólares anuales. Los RAEE representan, además, un grave riesgo sanitario y ambiental por su contenido en sustancias tóxicas como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y compuestos halogenados (Robinson, 2009; Sepúlveda et al., 2010). Desde el punto de vista normativo, el propio Informe 2024 señala que únicamente 81 países —el 42% de los miembros de la comunidad internacional— cuentan con alguna forma de política, legislación o regulación en materia de RAEE, cifra que evidencia la magnitud del vacío regulatorio global (Baldé et al., 2024).

En el contexto latinoamericano, la problemática del e-waste adquiere dimensiones particulares. América Latina y el Caribe generaron aproximadamente 4.2 millones de toneladas de RAEE en años recientes, con tasas de generación per cápita que oscilan entre 4 y 11 kilogramos según el país (Baldé et al., 2024). México ocupa una posición especialmente relevante: con 1.5 millones de toneladas anuales y una tasa per cápita de 11.8 kilogramos, es el segundo mayor generador de e-waste en la región, y únicamente el



4% de esos residuos ingresa a circuitos formales de reciclaje (Baldé et al., 2024). Muñoz Cruz y Morales Calderón (2023) señalan que la economía circular constituye un mecanismo indispensable para revertir este patrón, pero su efectividad depende críticamente de la existencia de marcos regulatorios que obliguen a los productores a asumir responsabilidad sobre el ciclo de vida de sus productos. La ausencia de esa regulación perpetúa el dominio del sector informal, que opera sin controles ambientales ni protecciones laborales adecuadas (Widmer et al., 2005; Ongondo et al., 2011).

El Estado de Hidalgo, ubicado en la región centro del país y colindante con la Ciudad de México, ha experimentado en los últimos dos decenios un proceso de urbanización e industrialización acelerado, particularmente en el corredor económico conformado por los municipios de Pachuca de Soto, Mineral de la Reforma, Tizayuca, Tulancingo de Bravo y Tepeji del Río. La cercanía con la Zona Metropolitana del Valle de México —el principal polo de consumo tecnológico del país— convierte a Hidalgo en receptor de flujos significativos de residuos electrónicos que se comercializan, desmantelan o depositan en su territorio (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2020). A esto se suma una historia industrial ligada a la minería y la petroquímica que ha dejado pasivos ambientales importantes en la entidad, lo que la hace especialmente vulnerable a los efectos acumulativos de la contaminación por metales pesados provenientes del tratamiento informal de RAEE.

Sin embargo, el Estado de Hidalgo carece hasta la fecha de una legislación ambiental específica que regule integralmente el ciclo de vida de los RAEE en su territorio. Si bien el marco normativo federal establece las bases generales para la gestión de residuos de manejo especial —categoría en la que se clasifican los RAEE conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2003)—, el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial 2022-2024 (SEMARNAT, 2022) reconoce explícitamente que la gran mayoría de los estados del país no han desarrollado instrumentos normativos específicos sobre residuos de manejo especial, situación que "pone de manifiesto la invisibilidad en la que se encuentra el tema y la poca prioridad que se le ha dado por parte de los gobiernos estatales". La concurrencia de competencias en materia ambiental prevista en el artículo 124 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) impone a las entidades federativas la obligación de desarrollar sus propios instrumentos normativos para complementar y hacer efectiva la regulación federal. La ausencia de una



ley estatal específica para el manejo de RAEE en Hidalgo constituye, por tanto, un vacío jurídico que impide la aplicación efectiva de mecanismos de control, fiscalización y sanción.

Desde la perspectiva constitucional, el artículo 4° de la CPEUM consagra el derecho de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, estableciendo que el daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque (CPEUM, 1917). La falta de instrumentos normativos específicos en materia de e-waste compromete directamente la capacidad del Estado de Hidalgo para cumplir con esta obligación constitucional, así como con los compromisos derivados del Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación (1989), del cual México es parte desde 1991 (Brañes, 2000).

El estado del arte en materia de regulación de RAEE muestra una tendencia global hacia marcos normativos basados en la responsabilidad extendida del productor (REP), la gestión diferenciada con sistemas de recolección específicos, y la penalización efectiva de conductas inadecuadas. La Directiva 2012/19/UE ha servido de modelo para legislaciones latinoamericanas como la Ley 20.920 de Chile y la Resolución 1297/2010 de Colombia (Herat & Agamuthu, 2012). A nivel regional, Clerc et al. (2021) analizan el potencial de valorización de metales contenidos en los RAEE para América Latina, subrayando que la formalización del reciclaje requiere condiciones normativas mínimas que garanticen la viabilidad económica del sector. En México, el análisis de la implementación de la REP revela que la responsabilidad compartida con el consumidor —a diferencia del modelo europeo que la concentra en el productor— genera incentivos insuficientes para la gestión formal post-consumo (Muñoz Cruz & Morales Calderón, 2023).

Desde la perspectiva del derecho penal ambiental, la literatura especializada señala que la tutela efectiva del medio ambiente requiere no solo normas administrativas, sino también tipos penales específicos que disuadan conductas gravemente lesivas para los ecosistemas y la salud pública (Cafferatta, 2013; Andaluz Westreicher, 2016). En el contexto mexicano, Gómez-Rodríguez et al. (2024) han analizado el estado actual de los tipos penales ambientales en México, concluyendo que persiste un importante déficit de tipificación específica para conductas de ecocidio y daño ambiental grave, que incluye el manejo ilegal de residuos peligrosos. Carmona Lara (2015) agrega que la eficacia del derecho ambiental



depende de la articulación coherente entre los instrumentos de regulación preventiva y los mecanismos de sanción punitiva.

Frente a este panorama, el presente artículo analiza el marco jurídico vigente en materia de e-waste aplicable al Estado de Hidalgo —tanto en sus dimensiones federal como estatal— con el fin de identificar sus principales deficiencias y proponer un esquema de regulación específica que comprenda instrumentos de derecho administrativo ambiental y sanciones penales graduadas proporcionales al daño causado. El objetivo es contribuir al debate académico y legislativo sobre la necesidad de construir marcos normativos subnacionales sólidos que permitan garantizar el derecho constitucional a un ambiente sano en el contexto de la crisis global de los residuos electrónicos.

## **2. METODOLOGÍA**

El presente trabajo adopta un enfoque de investigación jurídica de tipo doctrinal y comparativo, con carácter cualitativo, orientado al análisis crítico del sistema normativo vigente en materia de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y a la formulación de una propuesta regulatoria fundamentada para el Estado de Hidalgo. Este tipo de investigación jurídico-doctrinal es ampliamente reconocido en la tradición del derecho latinoamericano como metodología legítima para el diagnóstico de vacíos normativos y el desarrollo de propuestas legislativas (González Márquez, 2019; Carmona Lara, 2015).

### **2.1 Diseño metodológico**

La investigación se estructura en tres fases. La primera comprende el análisis normativo, mediante la revisión sistemática del marco jurídico federal y estatal aplicable al manejo de RAEE en México. Se examinaron la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR); la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA); la NOM-161-SEMARNAT-2011; el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial 2022-2024 (SEMARNAT, 2022); el Código Penal Federal en su título referido a delitos contra el ambiente; y la legislación ambiental del Estado de Hidalgo. Se empleó el método exegético-jurídico para la interpretación de las normas identificadas y el método sistemático para evaluar la coherencia del conjunto normativo (Brañes, 2000). La segunda fase consistió en el análisis de derecho comparado, mediante el examen de marcos normativos de referencia internacional en materia de RAEE, con particular atención a la Directiva



europea 2012/19/UE, la Ley 20.920 de Chile (2016) y el Elektrogenetz alemán. Se ponderaron las diferencias en los sistemas jurídicos, las capacidades institucionales y los contextos socioeconómicos de cada jurisdicción, a fin de identificar elementos regulatorios transferibles al contexto mexicano-estatal. La tercera fase, de carácter propositivo, consistió en la elaboración de una propuesta regulatoria articulada con base en los hallazgos de las fases anteriores, comprensiva de los elementos estructurales de una ley estatal específica y de reformas al Código Penal del Estado de Hidalgo.

## **2.2 Técnicas e instrumentos**

Se emplearon las siguientes técnicas de investigación: (a) revisión documental de textos normativos en versión oficial (Diario Oficial de la Federación, Periódico Oficial del Estado de Hidalgo), resoluciones de organismos internacionales, doctrina jurídica y literatura científica especializada indexada en bases de datos Scopus, Web of Science, SciELO y Redalyc; (b) análisis de contenido normativo mediante matrices comparativas diseñadas para identificar vacíos, contradicciones e insuficiencias; y (c) revisión de literatura académica arbitrada en español e inglés, privilegiando fuentes con un máximo de cuatro años de antigüedad, complementadas con autores clásicos del derecho ambiental mexicano y latinoamericano donde su obra sea indispensable como referencia fundacional. Se excluyeron fuentes sin respaldo institucional o académico verificable y legislaciones de sistemas jurídicos radicalmente distintos al mexicano.

## **3. RESULTADOS**

Los resultados se presentan en tres dimensiones analíticas: el diagnóstico del marco normativo federal aplicable al e-waste, el análisis de la legislación ambiental del Estado de Hidalgo, y la identificación sistemática de las brechas regulatorias existentes.

### **3.1 Marco normativo federal en materia de RAEE**

El análisis del ordenamiento jurídico federal mexicano revela un conjunto de instrumentos que abordan parcialmente la problemática de los RAEE, sin constituir un régimen integral y suficiente. La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2003) establece la clasificación de los residuos electrónicos como "residuos de manejo especial" en su artículo 19, fracción VII, y delega en las entidades federativas la responsabilidad de su regulación mediante planes de manejo, cuya



implementación ha sido predominantemente voluntaria y de cobertura sectorial insuficiente (SEMARNAT, 2022).

El Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial 2022-2024 (PNPGIRME 2022-2024), publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de diciembre de 2022, constituye el instrumento de política pública más reciente en la materia. El propio Programa reconoce que solo tres entidades federativas —Estado de México, Ciudad de México y Jalisco— han realizado modificaciones en su regulación estatal para incluir algún aspecto relacionado con los residuos de manejo especial, y que "la poca atención prestada a la temática en la legislación de la mayoría de los Estados pone de manifiesto la invisibilidad en la que se encuentra el tema" (SEMARNAT, 2022). Como tercer objetivo prioritario, el Programa plantea proponer adecuaciones al marco legal y actualizar la NOM-161-SEMARNAT-2011, reconociendo así explícitamente la insuficiencia del marco normativo vigente.

La NOM-161-SEMARNAT-2011 especifica los subtipos de RAEE sujetos a regulación prioritaria, incluyendo equipos de cómputo, teléfonos, televisores y electrodomésticos, pero no establece estándares técnicos para su tratamiento ni mecanismos de trazabilidad. En materia penal, el Código Penal Federal tipifica en sus artículos 414 a 416 los delitos contra el ambiente, pero su aplicación a los RAEE enfrenta la dificultad de que no todos los residuos electrónicos son clasificados formalmente como peligrosos en la normativa mexicana, y la dificultad probatoria del daño ambiental difuso limita su eficacia en la práctica jurisdiccional (González Márquez, 2019; Gómez-Rodríguez et al., 2024).



**Tabla 1. Marco normativo federal aplicable a los RAEE en México**

<b>Instrumento normativo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Aspectos relevantes para RAEE</b>	<b>Limitaciones identificadas</b>
LGPGIR (2003)	Ley federal	Clasifica RAEE como residuos de manejo especial; prevé planes de manejo	Delegación a estados; aplicación voluntaria
NOM-161-SEMARNAT-2011	Norma oficial mexicana	Subtipos de RAEE sujetos a manejo especial; criterios de clasificación	Sin estándares técnicos de tratamiento; sin trazabilidad
PNPGIRME 2022-2024	Programa nacional	Reconoce vacíos legales estatales; propone actualizar NOM-161 y fortalecer REP	Carácter programático sin fuerza vinculante directa para estados
LGEEPA (1988)	Ley federal	Prevención de contaminación de suelo y agua; principios generales	Sin disposiciones específicas para e-waste
CPF, Arts. 414-416	Legislación penal federal	Delitos contra el ambiente; residuos peligrosos	No todos los RAEE son peligrosos; dificultad probatoria
Convenio de Basilea (1991)	Tratado internacional	Movimientos transfronterizos de desechos peligrosos	Sin mecanismos de ejecución interna específicos para RAEE

Nota. Elaboración propia con base en los instrumentos normativos citados.

### 3.2 Marco normativo ambiental del Estado de Hidalgo

El análisis de la legislación ambiental estatal hidalguense revela una situación de marcada insuficiencia en comparación con los estándares nacionales e internacionales. La Ley de Protección Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Hidalgo establece los principios generales de la política ambiental estatal y regula aspectos relacionados con la gestión de residuos sólidos urbanos, pero no contiene disposiciones específicas sobre residuos de manejo especial ni contempla el concepto de responsabilidad extendida del productor. No existen en el estado programas oficiales de recolección diferenciada de RAEE ni infraestructura pública verificada para su tratamiento o valorización formal. El Código Penal del Estado de Hidalgo contiene tipos penales genéricos de contaminación ambiental,



pero carece de disposiciones específicas para el manejo inadecuado de residuos electrónicos como conducta autónoma punible.

**Tabla 2. Brechas regulatorias del Estado de Hidalgo frente a estándares internacionales de referencia**

Elemento regulatorio	Directiva UE 2012/19	Ley 20.920 Chile	Estado de Hidalgo
Responsabilidad extendida del productor	Sí, obligatoria	Sí, obligatoria	No prevista
Sistema de recolección diferenciada	Sí, puntos de recolección	Sí, gestores autorizados	No establecida
Metas de recolección y reciclaje	Sí, porcentajes mínimos	Sí, metas progresivas	No definidas
Registro de gestores autorizados	Sí	Sí	No implementado
Sanciones específicas para RAEE	Sí, graduadas	Sí, por infracción	No tipificadas
Tipos penales específicos	Sí (legislación nacional)	Sí	No contemplados
Mecanismo de financiamiento	Sí, contribuciones del productor	Sí, tasa al productor	Sin mecanismo

Nota. Elaboración propia con base en el análisis de derecho comparado.

### 3.3 Dimensiones del vacío jurídico identificado

El análisis comparativo permite identificar cinco dimensiones del vacío jurídico existente en el Estado de Hidalgo. Primera: ausencia de responsabilidad extendida del productor operativa. La LGPGIR contempla conceptualmente la REP, pero Hidalgo no ha desarrollado los instrumentos reglamentarios para hacerla efectiva, permitiendo que fabricantes, importadores y comercializadores operen sin contribuir al financiamiento de sistemas de gestión post-consumo (Muñoz Cruz & Morales Calderón, 2023; Ongondo et al., 2011).



Segunda: inexistencia de infraestructura regulada de recolección. No existe en el estado un sistema formalizado de puntos de recolección de RAEE accesibles a la ciudadanía, lo que favorece su mezcla con residuos sólidos urbanos y su ingreso a circuitos informales de reciclaje (Widmer et al., 2005).

Tercera: ausencia de tipos penales específicos. Los tipos genéricos del Código Penal estatal son insuficientes para sancionar conductas de especial lesividad como la quema a cielo abierto de componentes electrónicos, el desmontaje informal de baterías de litio o el abandono de RAEE en sitios no autorizados (Gómez-Rodríguez et al., 2024; Cafferatta, 2013).

Cuarta: falta de mecanismos de trazabilidad. No existen registros ni sistemas de seguimiento del flujo de RAEE en el territorio estatal, lo que impide cuantificar el problema y diseñar políticas públicas basadas en evidencia. El PNPGIRME 2022-2024 reconoce esta carencia como uno de los principales obstáculos para la gestión efectiva de los residuos de manejo especial a nivel nacional (SEMARNAT, 2022). Quinta: debilidad institucional. La Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Hidalgo carece de una unidad especializada en inspección y vigilancia de RAEE, lo que hace inoperante incluso la normativa federal vigente en la práctica cotidiana de la gestión de residuos electrónicos en la entidad (González Márquez, 2019).

#### **4. DISCUSIÓN**

Los hallazgos de esta investigación son consistentes con la literatura académica que ha documentado la insuficiencia de los marcos normativos subnacionales mexicanos en materia de e-waste (Vega López, 2018; González Márquez, 2019; Muñoz Cruz & Morales Calderón, 2023). Sin embargo, el caso del Estado de Hidalgo presenta particularidades que ameritan un análisis diferenciado respecto de otras entidades de la República.

En primer lugar, la posición geográfica estratégica de Hidalgo como receptor de flujos de RAEE procedentes de la Zona Metropolitana del Valle de México —la mayor concentración urbana del país y uno de los principales mercados de consumo tecnológico de América Latina— configura una exposición estructural al problema que no puede abordarse exclusivamente con regulación voluntaria. El Monitor Global de E-Waste 2024 confirma que México genera 1.5 millones de toneladas anuales de residuos electrónicos con una tasa de reciclaje formal del 4%, lo que coloca al país en una situación de emergencia regulatoria que sus entidades federativas no pueden ignorar (Baldé et al., 2024).



En segundo lugar, la historia ambiental del Estado de Hidalgo como territorio con pasivos mineros significativos en la Comarca Minera hace que la adición de cargas contaminantes derivadas del manejo informal de RAEE tenga efectos potencialmente sinérgicos con contaminaciones preexistentes por metales pesados, configurando riesgos sanitarios de particular gravedad. Sepúlveda et al. (2010) y Robinson (2009) han documentado en contextos similares la contaminación de suelos y mantos freáticos en zonas de reciclaje informal de RAEE, con concentraciones de plomo, cadmio y mercurio que superan los límites permisibles de la normativa ambiental.

La comparación con legislaciones de referencia revela que la estrategia más efectiva combina tres elementos interdependientes: regulación clara de responsabilidades para todos los actores de la cadena, sistemas de financiamiento sostenibles basados en el principio contaminador-pagador, y mecanismos coercitivos con capacidad real de disuasión (Herat & Agamuthu, 2012). El análisis de Clerc et al. (2021) para la CEPAL subraya que la valorización económica de los materiales contenidos en los RAEE — potencialmente transformables en materia prima para nuevos procesos productivos— solo es viable a escala cuando existe un marco regulatorio que garantice volúmenes de recolección suficientes y calidad en la separación de materiales. Esto refuerza el argumento de que la regulación ambiental y el desarrollo económico no son objetivos contrapuestos en esta materia.

Desde la perspectiva del derecho penal ambiental, Gómez-Rodríguez et al. (2024) concluyen que México presenta un déficit significativo en la tipificación de conductas de daño ambiental grave, situación que se reproduce a nivel estatal en Hidalgo. Cafferatta (2013) señala que la penalización excesiva sin capacidad institucional de persecución puede generar efectos simbólicos sin impacto real, mientras que Carmona Lara (2015) argumenta que la existencia de tipos penales específicos tiene un valor preventivo-general relevante incluso cuando su aplicación efectiva es limitada. Esta tensión debe resolverse mediante tipos penales precisos y proporcionales, respaldados por capacidad institucional de investigación y persecución, articulados coherentemente con el sistema de infracciones administrativas (Andaluz Westreicher, 2016; González Márquez, 2019).

El principio de proporcionalidad de las penas, consagrado en el artículo 22 de la CPEUM, impone diseñar un sistema graduado que distinga entre infracciones administrativas para conductas de menor impacto, delitos de peligro para conductas con potencial de daño significativo, y delitos de resultado



agravado para conductas que efectivamente causen contaminación comprobable o afectación a la salud humana. Un elemento adicional que emerge del análisis comparado es la relevancia de los mecanismos de participación ciudadana y educación ambiental: experiencias como la alemana demuestran que la eficacia regulatoria en materia de e-waste depende en gran medida de la conciencia ciudadana sobre las obligaciones de separación y entrega de residuos electrónicos en puntos autorizados (Ongondo et al., 2011). La nueva legislación propuesta para Hidalgo debería incluir mandatos expresos de educación ambiental en el sistema educativo estatal como componente estructural, y no meramente accesorio, del sistema de gestión de RAEE.

Finalmente, la dimensión económica de la regulación requiere atención específica. Clerc et al. (2021) demuestran que los materiales contenidos en los RAEE —cobre, oro, plata, paladio, tierras raras— tienen un valor de recuperación potencialmente elevado, que podría financiar parcialmente el propio sistema de gestión mediante contribuciones del productor. Los sistemas de depósito-reembolso y contribuciones visibles al productor, analizados por Herat y Agamuthu (2012), representan los mecanismos más sostenibles para internalizar los costos de la gestión post-consumo. La ley estatal puede establecer los mandatos de negociación y los plazos de implementación correspondientes, creando así las condiciones institucionales para una transición ordenada hacia un sistema de gestión de RAEE ambientalmente responsable y económicamente viable en el Estado de Hidalgo.

## **5. CONCLUSIONES**

El análisis del marco jurídico aplicable al manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en el Estado de Hidalgo evidencia la existencia de un vacío normativo de carácter estructural que compromete gravemente la protección del derecho constitucional a un medio ambiente sano. Los instrumentos federales vigentes —LGPGIR, NOM-161-SEMARNAT-2011, LGEEPA— resultan insuficientes para regular de manera efectiva el ciclo de vida de los RAEE en Hidalgo, en tanto no contemplan mecanismos operativos de responsabilidad extendida del productor, sistemas de recolección diferenciada ni sanciones específicas proporcionales a la gravedad del problema. El propio Programa Nacional 2022-2024 (SEMARNAT, 2022) reconoce este vacío al nivel federal, ratificando su profundidad en la dimensión estatal.



Frente a este diagnóstico, la investigación concluye que es necesaria la emisión de una Ley Estatal de Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos del Estado de Hidalgo, cuya estructura normativa mínima debería contemplar: la definición precisa de los residuos sujetos a regulación; el establecimiento de la responsabilidad extendida del productor con obligaciones específicas para fabricantes, importadores y comercializadores; la creación de un registro estatal de gestores autorizados de RAEE; la definición de metas progresivas de recolección y reciclaje con mecanismos de verificación y reporte; el establecimiento de un sistema de financiamiento basado en contribuciones de los productores —siguiendo los modelos de Clerc et al. (2021) para América Latina—; mandatos de educación ambiental en el sistema educativo estatal; y un sistema graduado de infracciones y sanciones administrativas.

En materia penal, se propone la reforma del Código Penal del Estado de Hidalgo para incorporar los siguientes tipos penales específicos relacionados con el e-waste: la quema a cielo abierto de residuos electrónicos o sus componentes, con penas de uno a cuatro años de prisión; el abandono de RAEE en sitios no autorizados con impacto comprobable en ecosistemas, con penas de dos a seis años; el tratamiento de RAEE sin autorización cuando cause contaminación de suelos o cuerpos de agua, con penas de tres a ocho años; y la exportación ilegal de residuos electrónicos a países sin regulación ambiental equivalente, con penas de cuatro a diez años. En todos los casos, la pena debería complementarse con la obligación de reparación del daño ambiental causado y la inhabilitación temporal para ejercer actividades de manejo de residuos (Gómez-Rodríguez et al., 2024; Carmona Lara, 2015).

La implementación de estas propuestas requiere el fortalecimiento de la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Hidalgo mediante la creación de una unidad especializada en inspección y vigilancia de RAEE, la suscripción de convenios de coordinación con SEMARNAT y PROFEPA, y la articulación con los municipios para la implementación de sistemas de recolección diferenciada en sus territorios. Como líneas de investigación futura, se recomienda la realización de estudios de caracterización cuantitativa de residuos electrónicos en los principales municipios hidalguenses, análisis de impacto regulatorio previos a la elaboración del texto legislativo definitivo, y evaluaciones de la percepción ciudadana sobre el problema del e-waste en la entidad. La articulación entre la investigación académica



y los procesos legislativos constituye, en este ámbito, una condición indispensable para la construcción de políticas públicas ambientales eficaces y socialmente legítimas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andaluz Westreicher, C. (2016). Manual de derecho ambiental. Iustitia.

Baldé, C. P., Forti, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2024). The Global E-Waste Monitor 2024: Electronic waste rising five times faster than documented e-waste recycling. United Nations Institute for Training and Research (UNITAR)/United Nations University (UNU) & International Telecommunication Union (ITU).

Brañes, R. (2000). Manual de derecho ambiental mexicano (2a ed.). Fundación Mexicana para la Educación Ambiental/Fondo de Cultura Económica.

Cafferatta, N. A. (2013). Derecho ambiental y daño. La Ley.

Carmona Lara, M. del C. (2015). Derechos en relación con el medio ambiente. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas.

Clerc, J., Pereira, A. M., Alfaro, C., & Yunis, C. (2021). Economía circular y valorización de metales: residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Serie Medio Ambiente y Desarrollo, N° 171 (LC/TS.2021/151). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Código Penal del Estado de Hidalgo. (2022). Periódico Oficial del Estado de Hidalgo.

Código Penal Federal. (1931, 14 de agosto). Diario Oficial de la Federación.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (1917, 5 de febrero). Diario Oficial de la Federación.

Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación. (1989). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). (2012). Diario Oficial de la Unión Europea, L 197, 38-71.

Gobierno del Estado de Hidalgo. (2020). Plan Estatal de Desarrollo 2020-2026. Gobierno del Estado de Hidalgo.



- Gómez-Rodríguez, J. M., Alaniz Pérez, W. A., & Sandoval Guevara, E. L. (2024). El ecocidio en México: situación actual y desafíos. *KAIROS, Revista de Ciencias Económicas, Jurídicas y Administrativas*, 7(13), 126-144.
- González Márquez, J. J. (2019). *Responsabilidad ambiental: El sistema mexicano*. Tirant lo Blanch.
- Herat, S., & Agamuthu, P. (2012). E-waste: A problem or an opportunity? Review of issues, challenges and solutions in Asian countries. *Waste Management & Research*, 30(11), 1113-1129.
- Ley de Protección Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Hidalgo. Periódico Oficial del Estado de Hidalgo.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente [LGEEPA]. (1988, 28 de enero). Diario Oficial de la Federación.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [LGPGIR]. (2003, 8 de octubre). Diario Oficial de la Federación.
- Ley N° 20.920. Marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. (2016). Diario Oficial de Chile.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2021). Informe de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Chile 2020. Gobierno de Chile.
- Muñoz Cruz, R. C., & Morales Calderón, J. R. (2023). El impacto ambiental de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos y la Economía Circular en México. *Denarius*, 1(44), 205-233. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcsh/denarius/v2023n44/Munoz>
- NOM-161-SEMARNAT-2011. Establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo. (2013, 1° de febrero). Diario Oficial de la Federación.
- Ongondo, F. O., Williams, I. D., & Cherrett, T. J. (2011). How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. *Waste Management*, 31(4), 714-730.
- Robinson, B. H. (2009). E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment*, 408(2), 183-191.



Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2022, 9 de diciembre). Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial 2022-2024 (PNPGIRME 2022-2024). Diario Oficial de la Federación.

Sepúlveda, A., Schlupe, M., Renaud, F. G., Streicher, M., Kuehr, R., Hagelüken, C., & Gerecke, A. C. (2010). A review of the environmental fate and effects of hazardous substances released from electrical and electronic equipments during recycling: Examples from China and India. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(1), 28-41.

Vega López, E. (2018). *Gestión ambiental y cambio hacia la sostenibilidad*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., & Böni, H. (2005). Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, 25(5), 436-458.

