

# °Generación Circular

Hacia una  
economía circular



# Índice

Agradecimientos	6
Colaboradores	6
Organizaciones que endosan esta propuesta	7
Prefacio	8
Definiciones	10
Resumen Ejecutivo	14
Enfoque y Alcance	18
Introducción	24
Estrategias para el manejo de residuos sólidos	39
40 Objetivos generales	
I. Estrategias Multimateriales	41
42 Introducción	
42 Estrategias	
II. Residuos Orgánicos	50
51 Introducción	
52 Objetivos	
53 Estrategias para reducir los residuos orgánicos	
55 Estrategias para la producción de composta	

### III. Papel y Cartón

60

61

Introducción

62

Objetivos

64

Estrategias

### IV. Plástico y "Foam"

66

67

Introducción

71

Objetivos para el plástico

71

Estrategias dirigidas a reducir los residuos plásticos

75

Producción de materia prima

### V. Vidrio

77

78

Introducción

79

Objetivos para el vidrio

80

Estrategias dirigidas a reducir los residuos de vidrio

81

Estrategias dirigidas a reciclar los residuos de vidrio

### VI. Metales

82

83

Introducción

84

Objetivos para metales

85

Estrategias dirigidas a reducir los residuos de metal

## VII. Residuos de construcción y demolición

87

88

Introducción

89

Objetivos para los  
residuos de construcción  
y demolición

## VI. Residuos Electrónicos y Electrodomésticos (REE)

92

93

Introducción

94

Objetivos para  
REE

95

Estrategias dirigidas  
a reducir los  
residuos de REE

## IX. Neumáticos y Aceites Usados

100

101

Objetivos para  
neumáticos

101

Estrategias dirigidas  
a reducir los  
neumáticos descartados

103

Objetivos para  
aceites usados

103

Estrategias dirigidas  
a reducir los  
aceites usados

---

## Agradecimientos

El desarrollo de este plan no hubiese sido posible sin la dedicación y el apoyo de personas y organizaciones comprometidas con lograr un cambio dramático en la manera en que vemos, entendemos y manejamos los residuos sólidos en Puerto Rico. En especial agradecemos a la Fundación Segarra Boerman por la confianza depositada en los que trabajamos directamente en la confección de este plan, el cual ofrecemos como punto de partida en la discusión de como atender el persistente problema de residuos sólidos.

Agradecemos también a quienes ayudaron a mejorar el documento ofreciendo sus comentarios e insumo: Pedro Cardona Roig, Lcda. Érika Fontanéz, Emmanuel Pérez Molina (Asset Shelf), Cristina Ramírez (Programa del Estuario de la Bahía de San Juan), Carlos Rodríguez (Caribbean Composting), Juan Rosario (Amanecer 2020), Dr. Osvaldo Rosario, Jessica Seiglie (Basura Cero).

---

## Colaboradores

La preparación de este documento se hace posible gracias a la dedicación, colaboración y peritaje de las siguientes personas y entidades que se presentan aquí en orden alfabético:

**Stephanie Anderson**

Puerto Rico Recycling Partnership

**Lcdo. Francisco V. Aquino Serrano**  
CAMBIO

**Elizabeth Avilés**

Coalición de Coordinadores  
Reciclaje Municipal

**Lcdo. Agustín F. Carbó**

ClimaTHINK Institute for  
Climate Law & Policy

**Prof. Joaquín Chong**

U.P.R.

**Lcda. Mariedy Collazo**

**Myrna Conty**

Coalición Anti-incineración

**David De Sevilla**

Basura Cero Puerto Rico

**Ing. Carlos E. Pacheco Irizarry**

Tais

**Prof. Luis E. Rodríguez Rivera**

Catedrático Escuela Derecho U.P.R.;  
CAMBIO

**Colibrí Sanfiozenzo Barnhard**

HASER

**Hernaliz Vázquez**

Sierra Club

**Vanessa Uriarte**

Martín Peña Recicla

**Ing. Ingrid M. Vila Biaggi**

CAMBIO

---

# Organizaciones que endosan esta propuesta



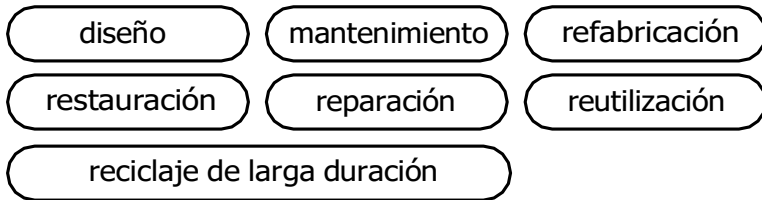


# Prefacio

**Generación Circular** presenta una ruta hacia el manejo de los residuos sólidos que es compatible con el desarrollo de una economía sostenible y que promueve el uso coherente de los recursos que tenemos en Puerto Rico. El propio título busca cambiar paradigmas y narrativas para entender que los residuos no son basura. Nuestra indiferencia hacia ellos no surge porque son inservibles, sino porque existe una brecha entre lo que juzgamos como inaprovechable y la maximización del valor que tiene ese material. Visto desde esta perspectiva, el acto de desechar nos despoja de recursos valiosos que pudiéramos utilizar para adelantar el bienestar, la calidad de vida y el progreso de nuestra sociedad.

Con la intención de contribuir a que aprovechemos las riquezas que hoy descartamos, este plan enfatiza el desarrollo de una economía circular. Según el Ellen MacArthur Foundation:

Una economía circular se basa en los principios de diseñar para eliminar el desperdicio y la contaminación, manteniendo los productos y materiales en uso y regenerando los sistemas naturales.<sup>1</sup> **Esto puede lograrse mediante:**



Internacionalmente se reconoce este reordenamiento económico como uno vital para revertir las tendencias del cambio climático mediante la reducción de las emisiones de gases de invernadero. Según el *Circularity Gap Report*, solo el 9% de la economía mundial funciona de manera circular.<sup>2</sup> Esto brinda importantes oportunidades para el desarrollo de acercamientos innovadores que maximicen la reutilización y el reciclaje. El cambio hacia la economía circular nos invita a reevaluar las narrativas del consumerismo y de la responsabilidad sobre los bienes manufacturados y vendidos, con el propósito de desacoplar el progreso económico de la extracción y de los impactos ambientales, los cuales hoy operan en relación directa. El progreso económico y la protección de la salud y del medioambiente no tienen que ser mutuamente excluyentes. Lograr la coherencia entre esos objetivos requiere romper con el sistema económico lineal imperante de extraer, fabricar y desechar para reemplazarlo con uno nuevo, enfocado en la valorización de recursos.

Puerto Rico puede alcanzar altas tasas de desvío a vertederos y rellenos sanitarios a la vez que promueve sinergias entre diversos sectores sociales y contribuye al desarrollo económico, a la innovación y a una distribución equitativa de las riquezas que genere. Las exigencias de los tiempos que enfrentamos nos obligan a considerar opciones y alternativas que potencien capacidades y soluciones locales, reconozcan el cambio climático como eje decisional y procuren la transparencia y la más amplia participación ciudadana. Puerto Rico tiene la oportunidad de liderar la transformación del Caribe hacia una economía circular en la que se minimicen los desechos y se maximicen iniciativas locales que aprovechen los residuos como insumo en procesos sostenibles de reciclaje y producción.

# Definiciones

### Cadena de suministros inversa

Serie de actividades requeridas para que un suplidor pueda recuperar un producto de un cliente luego de haberlo comercializado y reciclarlo o reutilizarlo para generar valor.

### Caracterización de residuos

Actividad que se realiza a través de estudios dirigidos a obtener información confiable sobre la cantidad y la composición de los materiales en el flujo de residuos. Analizar esta información es un paso crucial para planificar el manejo efectivo de los recursos disponibles.

### Compostaje

Es una forma de reciclar material orgánico descartado y consiste en un proceso mediante el cual microorganismos descomponen materia orgánica para producir composta. La composta contiene nutrientes vegetativos y microorganismos beneficiosos para el suelo.

### DE

Departamento de Educación de Puerto Rico.

### Desacoplar

Separar dos cosas que están unidas. En el contexto de la economía sostenible, es lograr que el crecimiento de la actividad económica no conlleve un incremento en los impactos ambientales o en la generación de residuos.

### Desviar

Actividades que logran redirigir los residuos para evitar que sean depositados en vertederos, en sistemas de relleno sanitario o incineradores.

### DRNA

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico.

### DTOP

Departamento de Transportación y Obras Públicas de Puerto Rico.

### Economía circular

Modelo económico en el cual se minimiza el consumo de recursos, la producción de desechos, las emisiones y los escapes accidentales de energía y materiales mediante actividades que reduzcan la velocidad, cierren o maximicen los sistemas que usan energía o materiales.

### Efectos directos del reciclaje

Están relacionados a las actividades involucradas en la transformación de materiales reciclables en productos mercadeables. Un ejemplo de esto es la cantidad de empleados que debe contratar una empresa para descomponer el papel y convertirlo en pulpa.

### Efectos indirectos del reciclaje

Están relacionados a las actividades económicas que apoyan a los procesos de reciclaje. Un ejemplo de esto son los empleos que genera la empresa que vende piezas de reemplazo para la maquinaria utilizada para descomponer el papel. En este documento, incluye las actividades de restauración de equipos electrónicos y la venta de materiales de construcción recuperados.

**EPA**

Siglas en inglés de Environmental Protection Agency, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

**Estudio de Caracterización**

En este documento, se refiere al Informe Final del Estudio de Caracterización realizado por Wehran Puerto Rico, Inc. en el 2003.

**Fondos CDBG**

Fondos otorgados por el Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de los Estados Unidos al Departamento de la Vivienda de Puerto Rico mediante el Programa de Subvención en Bloque para el Desarrollo Comunitario (Community Development Block Grant, CDBG por sus siglas en inglés).

**Manejo Sostenible de Materiales**

Conlleva el administrar los recursos de manera que no se agoten y generaciones futuras también los puedan disfrutar. Se reconoce que algunos recursos se degradan y transforman de manera natural.

**Marca de certificación**

Es una marca comercial que le comunica al comprador que un producto cumple con ciertos estándares o regulaciones y que su manufacturero ha confirmado dicho cumplimiento con una entidad externa.

**Planta de recuperación de residuos**

También conocida como una planta de recuperación y separación, MRF (por las siglas en inglés de *materials recovery facility*) y, coloquialmente, centro de acopio, es una planta dedicada a recibir, separar y preparar materiales reciclables para venderlos. Dependiendo del tipo de planta, puede recibir materiales previamente separados en el punto de generación (por ejemplo, mediante el proceso de reciclaje de flujo único) o materiales mixtos para luego separarlos.

**Punto de generación**

Es el sitio donde originalmente se descarta un material. Por ejemplo, una casa es un punto de generación de metales no ferrosos si la familia que la vive consume refrescos enlatados.

**RCRA**

Ley Federal de Conservación y Recuperación de Recursos (Resource Conservation and Recovery Act, RCRA por sus siglas en inglés).

**Reciclaje**

Es el proceso de convertir recursos descartados en materiales o productos nuevos. Comienza con la recuperación y culmina con la producción de un bien mercadeable.

**Reciclaje de flujo múltiple**

Es un sistema de recogido de residuos en el cual los materiales son depositados en un camión que transporta solo materiales del mismo tipo. En el caso del flujo dual, usualmente se separa el papel y el cartón de los contenedores como el plástico, el vidrio y las latas. En inglés se usa el término "multiple stream".

**Reciclaje de flujo único**

Es un sistema de recogido de residuos en el cual todos los materiales son depositados en un solo camión para luego ser separados en una planta de recuperación de residuos. En inglés se usa el término "single stream".

### Recuperación

Cualquier proceso o actividad cuyo resultado sea darle utilidad a un residuo logrando que reemplace otros materiales que hubieran sido utilizados para cumplir una función.

### Residuos

Son aquellos materiales descartados por una persona luego de que esta juzgue que han concluido su vida útil. A pesar de este juicio, muchos residuos pueden contribuir a un proceso productivo o tener valor para otras personas cuando son manejados adecuadamente.

### Sistemas de relleno sanitario

Es un método de disposición final de residuos donde estos son arrojados en una fosa con un recubrimiento. Los materiales son acumulados, comprimidos por maquinaria pesada y cubiertos con una capa de tierra.

### Sostenibilidad

Conlleva mantener la tasa de uso de recursos dentro de los límites de regeneración que impone la naturaleza para asegurar que no se compromete la capacidad para futuras generaciones.

### Vertederos

Cualquier método de disposición final de residuos en el cual estos son depositados sobre el suelo o enterrados.

# Resumen Ejecutivo

**Generación Circular** es una propuesta integral y accionable dirigida a propiciar la reducción y el aprovechamiento sostenible de los residuos no peligrosos generados por residencias, comercios y negocios<sup>1</sup> en el archipiélago de Puerto Rico. Las estrategias propuestas resultan de una extensa revisión de literatura, entrevistas a expertos y el análisis de un equipo de trabajo versado en el manejo de residuos y en la protección del ambiente. Su propósito es presentar aquellas acciones que, según la mejor evidencia disponible, lograrán los siguientes objetivos:

**1**  
**Desviar**  
o reducir,  
para el 2028

**50%**  
de los residuos que hoy  
llegan a los vertederos.

**2**  
**Reducir**  
uso de  
vertederos para el

**2028**  
iniciando con el cierre de los que  
están en incumplimiento.

**3**  
**Disminuir**  
la generación de

**gases de  
invernadero**  
en Puerto Rico a fin de contribuir a  
la mitigación del cambio climático.

**4**  
**Desarrollar**  
y mantener

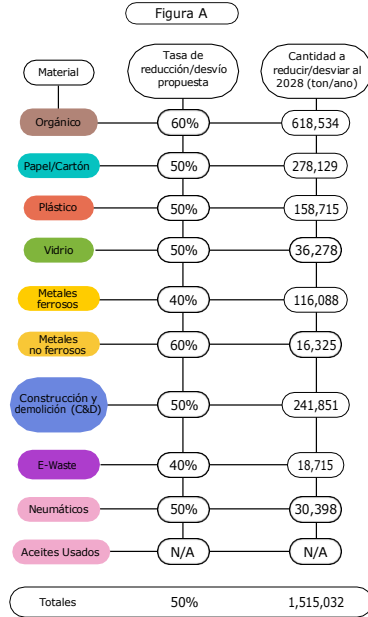
**1 base  
de datos**  
actualizado sobre los residuos que se  
generan y su manejo, así como el progreso  
en la implementación de una economía  
circular.

**5**  
**Educar**  
y expandir las capacidades  
de la población sobre el  
manejo de los residuos y la  
importancia y responsabilidad

**de todos  
y todas**  
en la reducción, el reúso y  
el reciclaje de materiales.

**6**  
**Crear**  
al menos 6,600

**empleos  
directos e  
indirectos**  
relacionados al manejo integral  
de residuos bajo un modelo de  
economía circular al 2028.





El manejo de residuos incluye todas las acciones y conductas orientadas hacia la administración de los materiales que han sido descartados.<sup>3</sup> La planificación efectiva de esta actividad es crucial para el bienestar general. Bien manejados, los residuos pueden ser un recurso para el desarrollo económico. En cambio, tratarlos descuidadamente nos expone a riesgos secundarios como el cambio climático, la degradación del medioambiente y la propagación de enfermedades. El manejo inefectivo de los residuos agrava el problema del cambio climático mediante varias actividades que generan gases de invernadero que incluyen la manufactura de productos con insumos vírgenes (no reciclados), la descomposición de materia en las instalaciones de disposición final y la liberación de gases como consecuencia de la incineración de residuos para producir energía.

Cambiar las conductas relacionadas al manejo de residuos sólidos requiere que se definan estrategias efectivas e integrales dentro de un marco de políticas armonioso, robusto y claro. Estas deben tomar en cuenta la protección de la salud y del medioambiente, así como las circunstancias actuales de la sociedad, la cultura, la economía, la tecnología y la infraestructura del país. La incineración no está considerada como alternativa aceptable debido a los riesgos que presenta al bienestar de la población y el ambiente, además de su incompatibilidad con opciones productivas como el reciclaje.

Lograr los cambios necesarios requieren la organización de recursos económicos, sociales, ambientales, científicos y técnicos. A través de este documento, se proponen estrategias para manejar:



Dichas estrategias están dirigidas a atender las barreras más importantes que la literatura y la experiencia identifican al momento de promover el manejo responsable de residuos, como el desconocimiento de las personas sobre cómo el mal manejo de recursos les afecta directamente, la poca información sobre los beneficios individuales y comunitarios, así como la falta de estructuras adecuadas incluyendo los incentivos apropiados y un enfoque en recuperar cantidades significativas de lo que desecha entre otros.

Todas procuran aportar al desarrollo de una economía circular sostenible. Esta propuesta gira en torno a varios supuestos. Primero, que los residuos son recursos. Utilizados apropiadamente, aumentan el acceso local a riquezas bajo un modelo económico centrado en la circularidad. Segundo, que el manejo de residuos debe tener el cuidado de la salud pública y la protección del ambiente como valores rectores. Esto contribuye a evitar riesgos secundarios que obstaculicen el progreso de otros objetivos sociales o económicos y que entorpezcan el desarrollo de políticas coherentes. Tercero, que implementar medidas enfocadas en lograr ahorros a corto plazo no es una forma efectiva de alcanzar el bienestar económico. Cuarto, que el manejo de residuos debe estar guiado por estándares abarcadores a nivel del gobierno central. Por último, que el manejo de los residuos es una responsabilidad compartida entre la ciudadanía, comunidades, gobierno y el sector privado, por lo cual la implementación de un plan debe ser un proceso participativo que tome en cuenta los diversos actores para establecer los vínculos y las relaciones necesarias que fortalezcan el compromiso con sus objetivos y la capacidad para lograrlos. Reconociendo esta realidad, se propone la creación del Fideicomiso para la Generación Circular como ente que promueve y vela por el desarrollo de estrategias que propendan a la reducción, el reúso y el reciclaje, así como el desarrollo de una economía circular. El Fideicomiso estará constituido en su mayoría por personas no afiliadas al gobierno con peritaje en el tema y representantes de comunidades y sectores.

Para viabilizar el plan, se propone la utilización de fondos del Community Development Block Grant (CDBG) y fondos FEMA que han sido asignados a Puerto Rico para la reconstrucción luego del paso del huracán María y que proveen para atender el manejo de los residuos sólidos y la creación de empleos. De igual forma, se proponen incentivos y programas para propiciar la creación de empresas e iniciativas dedicadas a la reducción, el reúso y el reciclaje de materiales. Dichos incentivos deben confeccionarse con requisitos claros de creación de empleos y deben conducir a la generación circular. También se propone que se publiquen los fondos disponibles y los costos que cada municipio incurre en el manejo de residuos y que haya transparencia respecto a los servicios por los que están pagando para ampliar la discusión pública sobre oportunidades y necesidades en esta área. Se reconoce que sería de mayor provecho utilizar las partidas presupuestarias destinadas para depositar material en vertederos en actividades para el manejo de residuos que fomenten el desarrollo económico de múltiples sectores, como el reciclaje y la reutilización.

---

<sup>i</sup> Este tipo de residuo se agrupa en inglés como Municipal Solid Waste (MSW)

# Enfoque y Alcance

Este documento presenta una estrategia integral y accionable que propone la organización de recursos económicos, sociales, ambientales, científicos y técnicos del país. Con este, se podrán crear las condiciones que propicien la reducción y el aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos generados en el archipiélago de Puerto Rico. Su enfoque para el manejo de residuos sólidos se apoya en:

1

Promover que Puerto Rico adopte una economía circular y solidaria en la que se: (a) reconozcan los residuos sólidos como recurso, (b) favorezca la reducción y el aprovechamiento sostenible, (c) tome en cuenta el cambio climático, (d) maximice el desarrollo económico local y la innovación, (e) fomente la responsabilidad y (f) incluya la más amplia participación y expansión de capacidades individuales, comunitarias y empresariales que sean consistentes con la protección y el mejoramiento de la salud, la conservación del ambiente y la generación, redistribución y distribución equitativa de estos recursos.

2

Integrar las diversas estrategias que adelantan las políticas promovidas en la Ley para la Reducción y el Reciclaje de los Desperdicios Sólidos en Puerto Rico de 1992, la ley 416 de Política Pública Ambiental, las guías y criterios de la Ley para la Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA) para los residuos no peligrosos y la Constitución de Puerto Rico. Además, incluir a diversos sectores de la sociedad que son cruciales para lograr los objetivos propuestos.

3

Reconocer la responsabilidad compartida que implica el manejo de los residuos sólidos entre ciudadanos, comunidades, gobierno y el sector privado para fortalecer los vínculos que permitan cumplir con los objetivos.

4

Rechazar contundentemente y sin reservas la incineración como mecanismo para el manejo de los residuos sólidos.

## Alcance

Quienes lean este documento, notarán que su intención es exponer posibles estrategias que, según la mejor evidencia disponible, lograrán los objetivos que hemos definido. Muchas de ellas han sido implementadas exitosamente en varias jurisdicciones con efectos beneficiosos. Otras son consistentes con las recomendaciones o las variables que hemos identificado como significativas para alcanzar los resultados que esperamos según las investigaciones científicas y técnicas recientes.

## Datos y Contexto

Este documento es el resultado de una extensa revisión de literatura y del peritaje y conocimiento del equipo de colaboradores convocado. Consideramos investigaciones publicadas en diversas revistas científicas, libros, informes, políticas y planes de otras jurisdicciones, artículos técnicos y reportajes periodísticos. La información obtenida era compartida con nuestro equipo de colaboradores, el cual se reunía para discutir, deliberar y acordar estrategias. También realizamos entrevistas a expertos en áreas relacionadas al manejo de residuos. El propósito de esta labor fue entender lo que han hecho otros países para aprovechar exitosamente los recursos disponibles, conocer las variables que afectan las tasas de desvío e identificar las limitaciones, las oportunidades y las fortalezas de Puerto Rico pertinentes a esta materia. Al definir los objetivos, tomamos en consideración el mercado global de residuos, los logros de otros países junto con sus correspondientes políticas, las tendencias actuales y el contexto político, económico y social de nuestro archipiélago.

A través del presente plan, hemos utilizado los datos del Informe Final del Estudio de Caracterización realizado por Wehran Puerto Rico, Inc en el 2003 (Estudio de Caracterización) para estimar las cifras y objetivos que presentamos. Tomamos dicha decisión porque, aun reconociendo sus limitaciones, este es el único que examina la composición de los materiales que se descartan en la isla utilizando información obtenida directamente del campo.

21

Debido a la falta de información actualizada, calculamos aproximaciones para el 2019 utilizando el estimado poblacional de la Oficina del Censo de los Estados Unidos para ese año. Determinamos la diferencia porcentual entre ese número (3,193,694)<sup>4</sup> y la población total publicada en el Censo del 2000 (3,808,610) para luego aplicarla al estimado de generación anual de residuos divulgado en el Estudio de Caracterización. Partimos del supuesto de que todas las demás variables se han mantenido constantes. El por ciento por material que utilizamos es la media entre los valores para junio 2003 y septiembre 2003 presentados en la **FIGURA B**.

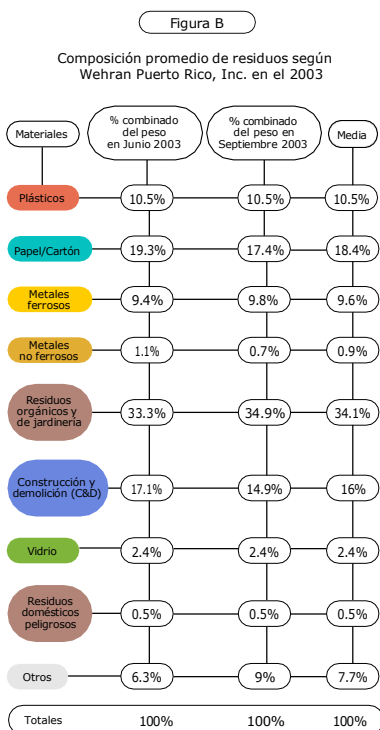
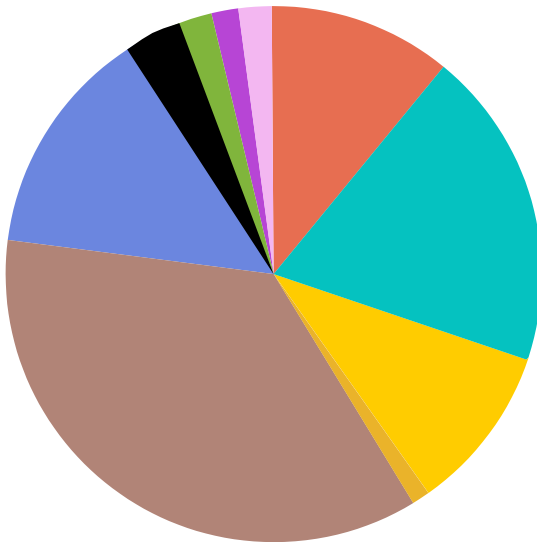


Figura C

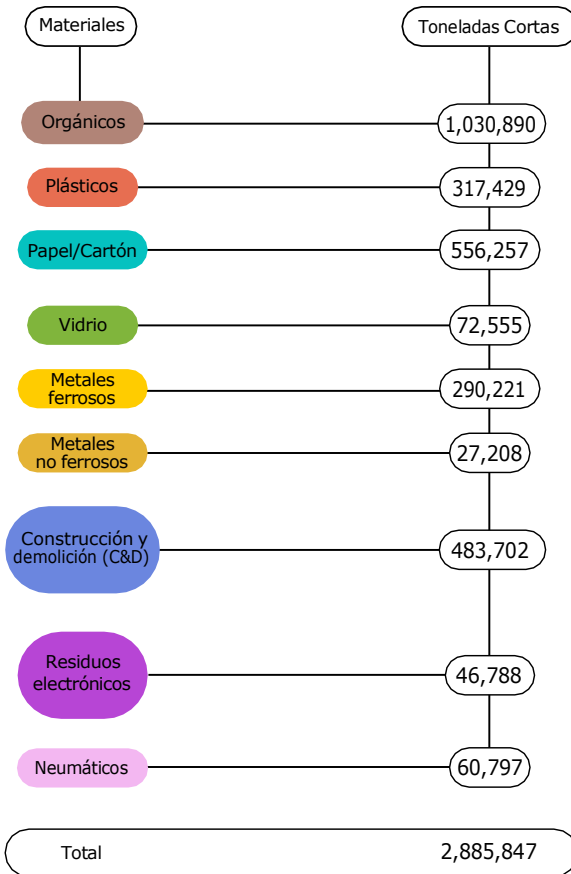
Composición estimada de residuos sólidos:  
proyecciones al 2019 según datos del 2003



Hay tres materiales importantes que no fueron incluidos en el Estudio de Caracterización y que son atendidos en este documento: residuos electrónicos, neumáticos y aceites usados. Para integrar los residuos electrónicos en el total de los residuos descartados, utilizamos la cantidad de libras per cápita que se generan en las Américas, según estimados del *Global E-Waste Monitor*,<sup>5</sup> y lo aplicamos a la población de Puerto Rico. Para calcular el por ciento de residuos de neumáticos en la totalidad de materiales descartados, utilizamos datos de la EPA y de la Asociación de Manufactureros de Neumáticos de los Estados Unidos.<sup>6,7</sup> Las expectativas para aceites usados parten de las tasas de desvío publicadas por la ADS en el 2007.<sup>8</sup>

Figura D

Generación estimada por material para el 2019

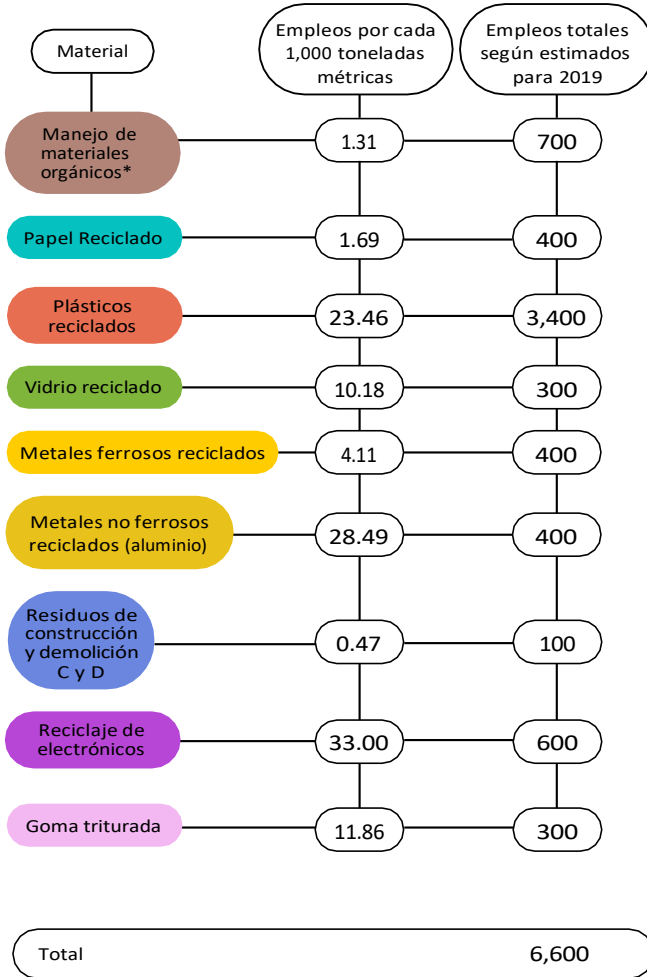


Para estimar la cantidad de empleos que se pudieran crear como consecuencia de este plan, a todos los materiales le aplicamos las cifras reportadas por la EPA sobre la generación de empleos por cada 1,000 toneladas métricas (1,102.31 toneladas cortas), publicadas en el *Recycling Economic Information Report* en noviembre de 2020.<sup>9</sup> Entendemos que esto es un cálculo conservador, ya que la tasa de generación de empleos pudiera ser más alta en Puerto Rico debido a la cantidad de infraestructura, procesos y servicios que hacen falta para aumentar el procesamiento de materiales. Incluye los impactos directos e indirectos del reciclaje, y toma en cuenta la restauración de equipos electrónicos y la reventa de materiales de construcción. La **FIGURA E** presenta la cantidad de empleos generados por material según la EPA y el cálculo de empleos por material que se estimó en esta propuesta.

A menos que indiquemos lo contrario, todas las medidas estarán expresadas en el sistema anglosajón de unidades (toneladas cortas, pulgadas, etc.)

Figura E

Empleos por cada 1,000 toneladas métricas de materiales desviados.



\*resultado de la media de empleos estimados para las siguientes categorías: harinas animales, carnes, grasas, alimentos para animales, biogas, composta, acolchado y astillas de madera y servicios de comida comunitarios



# Introducción

25

HACIA UNA  
ECONOMÍA CIRCULAR

El manejo de residuos abarca todas aquellas acciones y conductas orientadas hacia la administración de los materiales que han sido descartados.<sup>3</sup> La planificación efectiva de esta actividad contribuye al bienestar social de varias maneras. Por un lado, los residuos pueden ser un recurso para el desarrollo económico si reciben el trato adecuado. Esto requiere la organización de procesos dirigidos a darles una nueva vida o a extender la utilidad de los productos que son adquiridos. Además, exige que la sociedad tome decisiones que afecten la cadena de producción previo a su venta, como, por ejemplo, requerir que la tinta utilizada en las impresoras no impacte la capacidad de reciclaje del papel. Esta manera de entender la actividad económica gira en torno al concepto de la *circularidad*, el cual contrasta con la trayectoria lineal de extraer una sustancia de la tierra, manufacturar un producto y desecharlo. Es aquí donde se distingue un sistema para el tratamiento de desechos, de un plan para el manejo de residuos como actividad socioeconómica.

sistema para  
el tratamiento  
de desechos



plan para el  
manejo de  
residuos como  
actividad  
socio-económica

Por otro lado, el descuido en la administración de materiales descartados expone a un país a *riesgos secundarios* que, de materializarse, obstaculizarían la prosperidad económica, la equidad social y la protección ambiental.<sup>10</sup> El cambio climático y la propagación de enfermedades son buenos ejemplos de estos. Por tal razón, la protección del ambiente y el cuidado de la salud pública deben ser valores rectores en la creación e implementación de un marco de políticas robusto, armonioso y claro. Solo de esta forma se puede lograr un manejo de residuos que no impida que las generaciones futuras cuenten con las circunstancias necesarias para satisfacer sus necesidades.

Aprovechar los recursos descartados requiere promover un compromiso con el bienestar general, consistencia, una visión a largo plazo, una planificación cuidadosa y un enfoque en la sostenibilidad.<sup>11</sup> Estas condiciones pueden incumplirse por factores que se han manifestado en diversas sociedades a través del mundo y los cuales han sido identificados, examinados y, en ocasiones, resueltos, incluyendo: el desconocimiento de las personas sobre cómo el mal manejo de recursos les afecta de forma directa, la poca información sobre los beneficios individuales y comunitarios, el esfuerzo que requiere llevar a cabo una conducta,<sup>11</sup> la ausencia de los incentivos requeridos, la inexperiencia con prácticas de manejo efectivo o conservación, el creer que los esfuerzos individuales son insignificantes o que no logran cambios, la presión social percibida<sup>iii</sup> y el poco entendimiento de los beneficios económicos a mediano y largo plazo.<sup>3,11-14</sup> También se ha observado que la escasa regulación del comercio y la corrupción gubernamental están relacionadas con los países donde se implementan pocas medidas efectivas para proteger el medioambiente.<sup>15</sup> Todo plan comprensivo para el manejo de residuos, debe aspirar a atender cada una de estas variables a través de diversas estrategias diseñadas para trabajar en conjunto.

# Los Residuos y el Cambio Climático

El cambio climático es uno de los retos ambientales más importantes de nuestra época debido a la amplitud y severidad de sus efectos. Este pone en peligro las zonas costeras, el desarrollo económico, la biodiversidad, la disponibilidad de alimentos y hasta la salud mental.<sup>16-18</sup> Al presente, podemos observar muchas de sus consecuencias, como tormentas más frecuentes y feroces, un aumento en el nivel del mar y cambios notables en los patrones del clima. Esto ha trastocado el funcionamiento de los sistemas humanos y Puerto Rico lo ha experimentado de primera mano mediante el aumento en la frecuencia y severidad de huracanes, inundaciones, erosiones costeras y cambios en las temperaturas.<sup>19</sup>

Según la IPCC, cambio climático es el resultado de un incremento de

**1.5°C**  
(2.7°F)

en la temperatura global desde la época preindustrial.

**1.0°C**  
(1.8°F)

de este se debe exclusivamente actividades humanas.

Alcanzar y sostener una producción neta mundial de cero emisiones de dióxido de carbono pudiera detener el calentamiento global antropogénico y muchos países están colaborando para lograr este objetivo.<sup>20</sup>

27

El manejo inefectivo de los residuos agrava el problema del cambio climático mediante varias actividades que generan gases de invernadero. La primera es la manufactura de productos con insumos vírgenes (no reciclados). La segunda resulta de la descomposición de materia en las instalaciones de disposición final. La tercera es la liberación de gases como consecuencia de la incineración de residuos para producir energía.<sup>21-22</sup>

Manufacturar un producto con insumos vírgenes implica diversos procesos que requieren grandes cantidades de recursos energéticos y naturales. Además, la adquisición de materia prima conlleva la transformación del entorno, lo cual en ocasiones resulta en la tala de árboles, uno de los organismos más importantes para mitigar el cambio climático.<sup>23</sup> Al calcular la contribución de la manufactura a la generación de gases de invernadero, según el modelo WARM de la EPA,<sup>24</sup> se toman en cuenta 3 criterios:

1



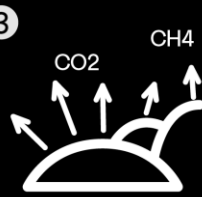
La energía que requiere la adquisición de materia prima y la producción del material.

2



Las emisiones de combustibles fósiles en la transportación de la materia prima y de los productos necesarios para la manufactura.

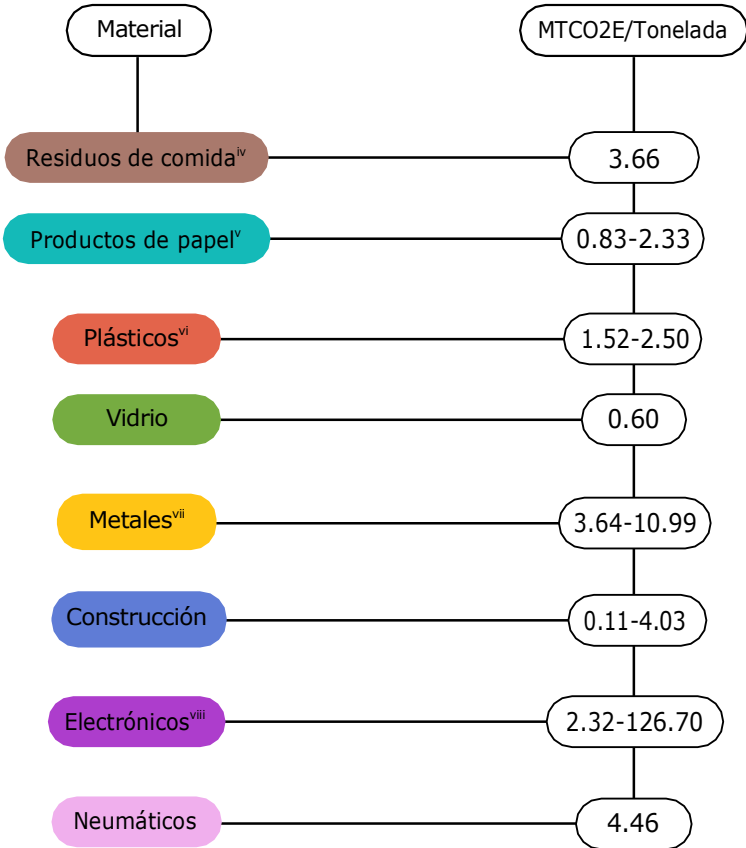
3



Las emisiones de los procesos industriales que no están relacionadas a un gasto de energía.

La FIGURA E presenta la cantidad de toneladas métricas de equivalentes de dióxido de carbono generadas por cada tonelada corta de material producido con insumo 100% virgen (MTCO<sub>2</sub>E/Tonelada).

Figura F



28

La descomposición de residuos en las instalaciones de disposición final libera a la atmósfera CO<sub>2</sub> y metano (CH<sub>4</sub>), uno de los gases de invernadero más poderosos.<sup>10</sup> El volumen del metano producido no solo depende de la presencia de carbono biogénico en los residuos, sino de la proporción de carbono que contiene cada tipo de material, lo cual determina su potencial de degradación.<sup>25</sup> Los residuos de alimentos compuestos de carne sufren un mayor nivel de degradación que el papel. Esta es una de las razones por las cuales sería sensato legislar para reducir con miras a prohibir el depósito de orgánicos en los vertederos y SRS, tal y como han hecho varios estados.<sup>26</sup>

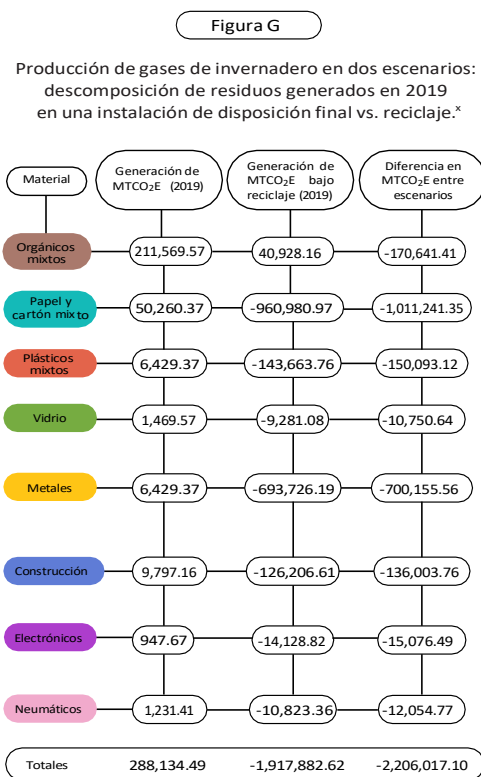
Analizar la contribución al cambio climático de las instalaciones de disposición final es complejo. Esto se debe a que su construcción y operación

también contribuyen a la generación de gases de invernadero.<sup>25</sup> Por esta razón, bajo el modelo WARM de la EPA, la generación neta de equivalentes de CO<sub>2</sub> toma en cuenta:

- 1** las emisiones de los combustibles fósiles usados por los vehículos que transportan los residuos hacia la instalación y la maquinaria que opera dentro de esta
- 2** el promedio de las emisiones de metano que resultan de la descomposición de los residuos
- 3** el carbono que se queda atrapado en el relleno  
(el cual se considera como un ahorro y se resta del total).

La **FIGURA G** muestra la generación neta de gases de invernadero producto de los residuos en Puerto Rico según nuestros estimados para el 2019. Está expresada en toneladas métricas de equivalentes de CO<sub>2</sub> por contribución por año (MTCO<sub>2</sub>E/año). Como se puede observar se estima que en Puerto Rico se generan casi 290,000 toneladas métricas equivalentes de CO<sub>2</sub> tomando en consideración solo los residuos depositados en el año 2019. La tercera columna presenta los gases que generaría cada material si fuera reciclado o compostado (en el caso de orgánicos) a razón de las tasas de reducción/desvío propuestas en este documento. En la última columna, incluimos la diferencia de gases emitidos entre el escenario original y el de reciclaje.<sup>x</sup>

**FIGURA G.** Producción de gases de invernadero en dos escenarios: descomposición de residuos generados en 2019 en una instalación de disposición final vs. reciclaje. <sup>x</sup>



Resulta importante aclarar que los números presentados en la tercera columna de la Figura G son las emisiones *netas* de gases de invernadero en términos absolutos y no relativos a la alternativa del depósito en instalaciones de disposición final. Estos reflejan cómo la alternativa del reciclaje contribuye a mitigar las emisiones de gases bajo el supuesto de que la cantidad de bienes manufacturados y la demanda de materiales reciclados permanece exactamente igual.

En este contexto, el reciclaje favorece la reducción de gases por dos vías.

1

contrarresta la cantidad de contaminantes emitidos durante la extracción de materia prima, manufactura y transportación de insumos y equipos, ya que los residuos reciclados desplazan los insumos vírgenes.

Estos ahorros en emisiones se cuentan como un crédito partiendo del valor base, que es la manufactura de bienes a partir de insumos 100% vírgenes.

2

aumenta la cantidad de carbono almacenada en árboles al evitar la tala.<sup>24</sup>

Sobre estos estimados, cabe señalar varios detalles. Primero, los gases son generados a través de todo el ciclo de descomposición de un residuo, el cual puede tomar años. Los números que presentamos representan la totalidad de los gases que habrán sido liberados a la atmósfera al finalizar la descomposición. Segundo, y consistente con lo anterior, el total que presentamos responde solo a los residuos generados durante 1 año particular. Para conocer la cantidad de gases liberados a la atmósfera por los residuos en las instalaciones de disposición final en un momento específico, debemos tomar en cuenta aquellos que fueron depositados previamente y que continúan su ciclo de descomposición. Tercero, la aplicación del modelo WARM a Puerto Rico no es ideal, ya que parte de varios supuestos basados en los promedios nacionales, los cuales no incluyen a esta jurisdicción. Es altamente probable que las cifras que presentamos subestimen los gases generados en la isla.

Es importante también recalcar que la actividad de reciclaje, aunque sí contribuye a mitigar la generación de gases de invernadero como se ha explicado anteriormente, puede también contribuir con estos gases si se utilizan combustibles fósiles para transportar los residuos o para operar maquinaria. Por esto se debe promover la adopción de energía renovable en la operación y manejo de actividades de reciclaje.

Para reducir el impacto que tienen sus residuos sólidos sobre el calentamiento global, Puerto Rico debe reforzar la práctica de varias actividades. La más importante es la reducción, ya que cada unidad de residuo eliminada equivale a un ahorro del 100% en las emisiones de gases de invernadero de esa unidad. Además, en el caso de algunos materiales, como el papel, el no adquirirlos

implica un almacenamiento de carbono en los bosques debido a la prevención de la tala.<sup>ix</sup> También puede aumentar la tasa de reciclaje y compostaje e introducir la digestión anaeróbica para el manejo de residuos orgánicos. La **FIGURA H** muestra la comparación entre las reducciones de toneladas métricas de equivalentes al dióxido de carbono logradas mediante la reducción, el reciclaje, el compostaje y la digestión anaeróbica por cada tonelada de material.

Figura H

### Emisiones en gases de invernadero por opción de manejo en MTCO<sub>2</sub>E/Tonelada

Material	Reducción de materiales 100% vírgenes	Reciclaje	Compostaje	Digestión anaeróbica (húmeda)
Residuos de comida	-3.66	N/A	-0.18	-0.14
Papel y cartón mixto	-7.61	-3.55	N/A	N/A
Plásticos mixtos	-1.94	-1.03	N/A	N/A
Vidrio	-0.60	-0.28	N/A	N/A
Metales	-6.22	-4.39	N/A	N/A
Concreto asfáltico	-0.11	-0.08	N/A	N/A
Equipos Electrónicos portátiles	-29.83	-1.07	N/A	N/A
Neumáticos	(4.46)	(0.38)	N/A	N/A

31

## Manejo de Residuos en Puerto Rico

El manejo efectivo de los residuos sólidos ha sido un gran reto para Puerto Rico. Según el Estudio de Caracterización,<sup>27</sup> los residentes del archipiélago generan 3,598,972 toneladas de residuos municipales anualmente. Según el censo del 2000, la población total de Puerto Rico era de 3,808,610 personas, para un promedio de 5.18 libras de residuos generados por persona diariamente. Si suponemos que este dato es consistente con la realidad actual, según los

estimados poblacionales de la Oficina del Censo de los Estados Unidos,<sup>4</sup> durante el 2019 se debieron haber generado alrededor de 8,290.5 toneladas diarias, o el equivalente a 5.19 libras por persona. Otro informe de la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS) en el 2007, dio a conocer que la generación total de residuos en Puerto Rico fue de 4,517,138 toneladas.<sup>8</sup> La población reportada en el mismo informe para ese año fue 3,966,375.<sup>xiii</sup> Esto se traduce a una generación promedio de 6.24 libras de residuos municipales por persona por día.

Si bien no contamos con datos recientes, hay argumentos sensatos para sostener que la generación promedio por persona hoy no debería ser menor que la reportada en el Estudio de Caracterización. En primer lugar, la compra de bienes es una de las variables que más impacto tiene sobre la generación de residuos.<sup>28-31</sup> Los datos de la Compañía de Comercio y Exportación de Puerto Rico indican que las ventas al detal en la isla para el 2007<sup>xiii</sup> fueron de \$35,499,997,651<sup>32</sup> y en el 2019 fueron de \$32,242,438,826,<sup>33</sup> a pesar de una merma en la población de 19%. Luego de hacer ajustes por el poder adquisitivo del dólar, la diferencia en el promedio de las compras al detal por persona es poca (\$161 dólares menos en el periodo de un año). Aunque se registró una reducción notable en las ventas durante los meses de marzo a mayo del 2020 -quizás debido a las medidas de seguridad ante la pandemia del COVID-19- de junio a agosto aumentaron al compararlos con los mismos meses en del año anterior.<sup>33</sup> Segundo, se estima que, globalmente, la tendencia ascendente de las compras en línea se acelerará debido a la pandemia del COVID-19.<sup>34</sup> No hay razón para pensar que Puerto Rico será la excepción a eso: ya en el 2019, la Asociación de Ejecutivos de Ventas y Mercadeo de Puerto Rico había observado que este tipo de compras continuaba aumentando en la isla.<sup>35</sup> Esto incrementará la presencia de suministros de empaque, como cajas y sobres, en el flujo de residuos municipales. Tercero, en el Estudio de Caracterización se indicó que no se observaron cantidades significativas de residuos electrónicos, por lo cual no se incluyeron como una categoría independiente. Sin embargo, los adelantos tecnológicos durante los próximos 17 años provocaron un cambio dramático en la categoría de residuos electrónicos. Algunos equipos que hoy son comunes tal vez no lo eran en aquel momento. Por ejemplo, a partir del 2007 hemos experimentado un aumento vertiginoso en la innovación y desarrollo de teléfonos móviles. Tan solo entre el 2014 y el 2019, la generación global de residuos electrónicos aumentó 10.14 millones de toneladas.<sup>5</sup>



En comparación, la generación de residuos en Estados Unidos para el 2018 fue de 4.9 libras por persona por día.<sup>7</sup> La diferencia con Puerto Rico es más notable cuando tomamos en consideración la tasa de desvío, es decir, la cantidad de materiales que son redirigidos para que no lleguen a un vertedero o sistema de relleno sanitario (SRS). Los residuos desviados, de alguna forma u otra, ya sea a través de la reutilización, el reciclaje o el compostaje, se aprovechan. La Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), reportó que, en el 2018, los Estados Unidos lograron una tasa de desvío de 49.8%, de la cual el 32.1% corresponde a reciclaje y compostaje.<sup>7</sup> En Puerto Rico, la ADS indicó que, en el 2007, se logró desviar un 18.75%.<sup>8</sup>



Estados Unidos

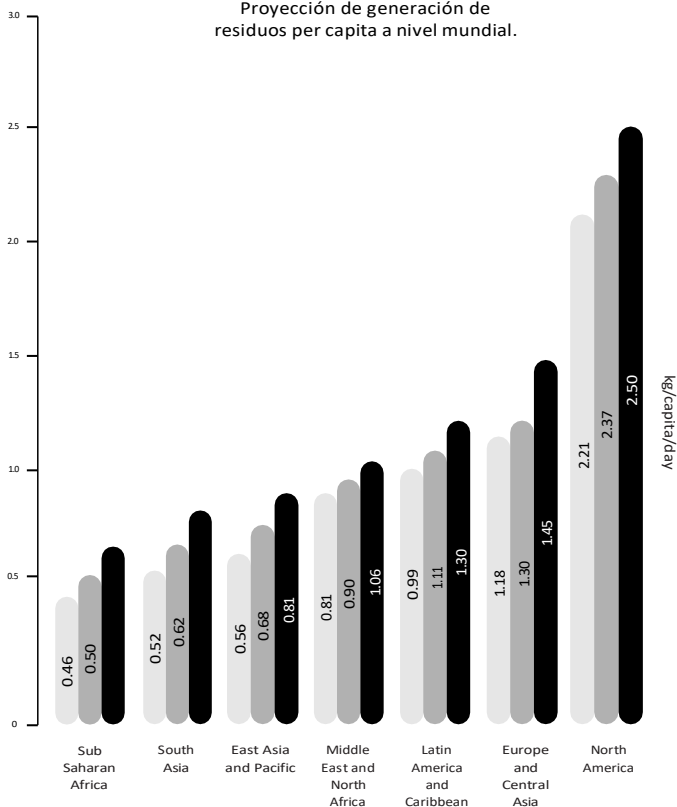
4.9 lbs.

por persona por día

Algunas personas afirman que hoy ese número es menor y que la tasa de reciclaje apenas llega a un 10%.<sup>36</sup> Además, se estima que, durante la pandemia del COVID-19, se experimentó un alza de 15% en la generación de residuos a la vez que algunos alcaldes indicaban que había bajado el nivel de reciclaje debido, en parte, a las dificultades financieras que atravesaban sus municipios.<sup>37,38</sup> Como si fuera poco, el Banco Mundial estimó un incremento en la generación global de residuos per cápita para el 2050 (ver figura A). Para Puerto Rico, que ya se encuentra entre los países que más residuos genera por persona, esto representa un estresor adicional.

Figura I

Proyección de generación de residuos per capita a nivel mundial.



Note: kg = kilogram

2016 average

2030 projected

2050 projected

1kg=2.2lb; Generacion per capita para PR en kg = 2.35 kg/capita/dia

Banco Mundial. What a Waste 2.0,2016 p.28

El manejo de residuos sólidos en Puerto Rico implica, mayormente, la recolección en las residencias y comercios y su depósito en vertederos o SRS. Al 2021 operan en la isla y las islas municipios 29 instalaciones de disposición final,<sup>xiv</sup> de las cuales 11 tienen órdenes de cierre por parte de la EPA y otras tantas incumplen con leyes federales y estatales.<sup>39</sup> Recientemente, la EPA ordenó detener la disposición en el vertedero de Toa Alta determinando que debe implementar medidas de remediación para eliminar riesgos a la salud y al ambiente.<sup>xv</sup> Por otro lado, el paso de los huracanes Irma y María en el 2017 afectó la capacidad y la vida útil de los vertederos, ya que incrementó la disposición de escombros, material vegetativo, material de construcción, enseres, entre otros. Por ejemplo, un estudio concluyó que el huracán María causó la muerte o el daño severo a 23 a 31 millones de árboles en Puerto Rico.<sup>xv</sup>

Por otro lado, el cambio climático ha aumentado la frecuencia e intensidad de las tormentas tropicales en el Caribe, lo que apunta a la necesidad de planificar el manejo futuro de escombros y material vegetativo producto de estos eventos naturales.



34

Existen otros estresores previsible y para los cuales se debe planificar el manejo de residuos como terremotos, residuos derivados de la pandemia COVID, así como el manejo de componentes de producción de energía renovables al finalizar su vida útil, como placas solares y baterías.

A este panorama subóptimo se le suma la proliferación de los vertederos clandestinos, reportados en San Juan, Guaynabo, Corozal, Loíza, Aguas Buenas, Villalba, entre otros.<sup>40-46</sup>

El manejo actual de los residuos sólidos en Puerto Rico, incluyendo su acumulación sin las debidas protecciones, amenaza la salud pública, el ambiente y la sociedad. En primer lugar, promueve la proliferación de focos de vectores que pueden causar enfermedades. A la vez impacta los suelos, los cuerpos de agua y la calidad del aire. Por otro lado, el depender casi enteramente de desechar los residuos en vertederos o SRS provoca la expansión de estos, lo cual desafía la justicia social al afectar desproporcionalmente a comunidades aledañas. Desde una perspectiva fiscal, el sistema de manejo actual es oneroso para los municipios, ya que sobre estos recae la responsabilidad del recogido y disposición, lo cual conlleva costos de transporte y el pago de tarifas al momento de depositar residuos en las plantas de separación y procesamiento o en alguna instalación de disposición final (conocido en inglés como un *tipping fee*).

Una de las opciones disponibles a un municipio para financiar el recogido de residuos en los hogares, es utilizar las contribuciones pagadas por sus residentes. Bajo este modelo, que es el que actualmente se utiliza en Puerto Rico, las personas pagan por el servicio -aunque no lo perciban- independientemente de cuánto lo usen. Existen otros modelos en los que se adoptan estructuras

tarifarias para que cada residente pague un costo directo por el recogido de residuos dependiendo de su uso. Varias jurisdicciones a través de Europa, Asia y los EEUU han implementado una variante de este formato.<sup>47-49</sup> En algunas versiones, el municipio procura mantener un ingreso “neutral”, es decir, que los pagos de los residentes no resulten en una ganancia, por lo cual reducen las contribuciones en una cantidad equivalente a lo que proyecta generar mediante las tarifas. Además, a aquellas personas que evidencien dificultades económicas les proveen tarifas preferenciales o les ofrecen el servicio de reciclaje a un menor costo o de forma gratuita.<sup>50-51</sup> En Puerto Rico, algunos municipios han propuesto o intentado la implementación de medidas similares. Sin embargo, estas no han tomado en consideración la equidad económica, la posible proliferación de depósitos ilegales de residuos y no han logrado precisar y comunicar los beneficios a la ciudadanía o la conducta que pretenden incentivar. Resulta pues imprescindible que previo a cualquier consideración o discusión sobre cómo financiar la disposición de residuos se publiquen los fondos disponibles y los costos que cada municipio incurre en el manejo y disposición de residuos. Esto contribuiría a aumentar la transparencia respecto a los servicios que se utilizan al presente y daría oportunidad a una discusión pública sobre las oportunidades y necesidades en esta área.

El 19 de septiembre de 1992, en Puerto Rico se aprobó la Ley para la Reducción y el Reciclaje de Desperdicios Sólidos

Ley Núm.

70-1992

Dicha ley estableció como finalidad reciclar el 35% de los residuos generados en la isla para el 1995, meta que se pospuso en 2 ocasiones. Se aplazó por última vez para cumplirse en el 2006, año en el cual apenas se alcanzó el 10%<sup>xvii</sup>

El 19 de septiembre de 1992, en Puerto Rico se aprobó la Ley para la Reducción y el Reciclaje de Desperdicios Sólidos (Ley Núm. 70-1992). Esta tenía el objetivo de “disminuir el volumen de los desperdicios que se depositan en los vertederos, recuperar los recursos, desarrollar un mercado de material reciclado, conservar los recursos naturales y el ambiente, así como mejorar la salud”. Para lograrlo, estableció una jerarquía que priorizaba la reducción, la reutilización y el reciclaje como los métodos preferidos y consideraba el uso de la recuperación de energía y del depósito en rellenos sanitarios como opciones menos deseadas. Dicha ley estableció como finalidad reciclar el 35% de los residuos generados en la isla. Este por ciento aumentaría de forma gradual cada año. Inicialmente, la meta habría de alcanzarse en el 1995, pero se pospuso en 2 ocasiones. Se aplazó por última vez para cumplirse en el 2006, año en el cual apenas se alcanzó el 10%<sup>xvii</sup>

Actualmente, la meta respecto a los residuos sólidos en Puerto Rico se rige por la Ley de Mitigación, Adaptación y Resiliencia al Cambio Climático de Puerto Rico, Ley Núm. 33 del año 2019, la cual ordena el establecimiento de “mecanismos que garanticen que en o antes del 2030, se reduzcan los desperdicios sólidos depositados en los vertederos de Puerto Rico en un sesenta por ciento (60%), por lo que se promueve que los desperdicios

sólidos sean procesados mediante el método de reducción y reciclaje". Sin embargo, la ley no identifica nuevas estrategias para alcanzar dicho objetivo. Ya han transcurrido dos años desde su aprobación y no se han creado programas nuevos ni implementado acciones específicas.

Es importante reconocer que, durante los pasados 4 años, las condiciones globales en el manejo de residuos sólidos han cambiado de forma significativa. China, previamente el comprador principal de materiales reciclables, prohibió la importación de múltiples residuos y aumentó los estándares de pureza en sus criterios de importación para aquellos que aún adquiere, ambos cambios efectivos desde el 2018.<sup>52xviii</sup> Esto redujo el mercado de venta y reventa de materiales, lo cual provocó una acumulación de inventario en muchos países, algunos de los cuales se han visto obligados a depositarlos en rellenos sanitarios. Al 2021, China ha prohibido la importación de todo material que se considere como "residuo sólido" según definido por el Ministerio de Ecología y Ambiente de ese país.<sup>53</sup> Puerto Rico, que depende de la exportación de material reciclable debido a que apenas reutiliza localmente el que recoge, ha enfrentado problemas ya que cerca de la mitad de los residuos que llegan a las plantas de procesamiento y separación no cumplen con dichos estándares, lo cual limita su capacidad para venderlos en el mercado internacional.

Existen otras barreras que también han dificultado el manejo responsable y efectivo de los residuos. Entre ellas, la dependencia de la importación de productos a Puerto Rico, lo cual genera residuos de empaques y envolturas que contribuyen en una proporción mayor a la totalidad de los residuos en comparación con otras economías. También se destaca la inconsistencia de las administraciones gubernamentales respecto a las políticas públicas pertinentes, las cuales han vacilado entre mantener el *status quo* de depósito en rellenos sanitarios o introducir la incineración. Esto ha entorpecido el desarrollo de una industria dedicada al desvío, la reutilización y el reciclaje de los materiales descartados. Cabe señalar que la incineración de residuos ha enfrentado oposición ciudadana en todas las ocasiones en que se ha propuesto debido a sus efectos nocivos a la salud y al medioambiente y a que representa una pérdida de recursos que aún tienen valor económico.<sup>54</sup> Por otro lado, el manejo de los residuos, aunque es un asunto apremiante que afecta a toda la población, actualmente no recibe la atención ni las asignaciones presupuestarias que permitan que se atienda con coherencia y consistencia. Como agravante, la planificación comprensiva de estrategias dirigidas a cumplir con los objetivos no consta ya como agenda prioritaria de ninguna agencia o dependencia de gobierno. La falta de información y datos actualizados sobre los residuos que se generan en Puerto Rico y su manejo es una de las consecuencias más limitantes de esto. Además, las pocas políticas y procedimientos que se han adoptado no reciben el respaldo necesario de las instituciones públicas que deben implementarlos para lograr la formación de conductas efectivas que promuevan la reducción, la reutilización y el reciclaje.<sup>xix</sup>

A través de este documento, el lector deberá tener presente varios supuestos importantes.

**1**

Las medidas enfocadas en lograr ahorros a corto plazo no necesariamente son las propuestas más sensatas para alcanzar el bienestar económico.

**2**

El manejo de residuos debe estar guiado por estándares abarcadores a nivel nacional.

**3**

La participación de los municipios, comunidades, organizaciones y sector privado es fundamental para el manejo efectivo de residuos.

Una propuesta como la presentamos aquí, en la cual aspiramos a comenzar resolver un problema complejo mediante acciones que fomentan el desarrollo económico y propenden a la reorganización del gasto público, requiere la colaboración del gobierno, del sector privado y de la ciudadanía en general.

- 
- ii P.ej., transportar el reciclaje personalmente a un centro lejano o de difícil acceso.
  - iii P.ej., el que una persona vea que la mayoría de sus vecinos reciclan.
  - iv Este es el promedio ponderado de todos los residuos de comida. La variación es amplia. Por ejemplo, los residuos de carne generan hasta 30.09 MTCO<sub>2</sub>E/Tonelada mientras que las frutas y vegetales contribuyen 0.44 MTCO<sub>2</sub>E/Tonelada.
  - v El rango refleja la variación por tipo de producto.
  - vi El rango refleja la variación por tipo de plástico.
  - vii El rango refleja la variación por tipo de metal.
  - viii El rango refleja la variación por tipo de componente electrónico.
  - ix En un escenario real, la mitigación de los gases sería mayor, ya que la reducción del consumo, la reutilización y la reparación contribuirían a alcanzar las tasas de reducción/desvío propuestas y estos manejos alternativos producen menos gases que el reciclaje.

38 \* Los lectores pueden realizar sus propios cálculos, luego de leer los capítulos de documentación para las emisiones de gases de invernadero del modelo WARM, utilizando la herramienta digital provista en <https://www.epa.gov/warm/documentation-chapters-greenhouse-gas-emission-energy-and-economic-factors-used-waste-reduction>

xi En el caso del papel mixto, una reducción de 1 tonelada en la generación de este residuo equivale al almacenamiento de entre 4.94 a 6.47 MTCO<sub>2</sub>E en los bosques.

xii La Oficina del Censo de los Estados Unidos actualmente reporta que la población de Puerto Rico para el 2007 fue de 3,782,995.62 Con este dato, la tasa de generación diaria por persona sería mayor.

xiii Este dato fue el más remoto al cual tuvimos acceso.

xiv A continuación, la lista de vertederos en Puerto Rico: Isabela, Moca, Añasco, Mayagüez, Hormigueros, Cabo Rojo, Lajas, Yauco, Ponce, Juana Díaz, Jayuya, Salinas, Guayama, Arroyo, Humacao, Cayey, Fajardo, Vieques, Culebra, Juncos, Carolina, Toa Baja, Toa Alta, Vega Baja, Barranquitas, Florida, Arecibo, Santa Isabel y Peñuelas.

xv <https://www.epa.gov/newsreleases/el-gobierno-federal-exige-detener-la-disposicion-de-residuos-solidos-en-vertedero>

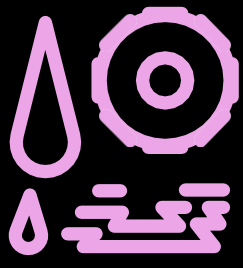
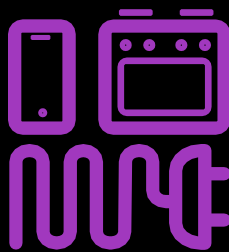
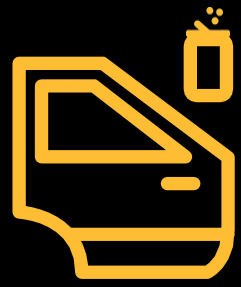
xvi <https://www.osti.gov/biblio/1763801-remote-sensing-statistical-analysis-effects-hurricane-maria-forests-puerto-rico><https://peerj.com/preprints/26597/>

xvii Ley 411 del 8 de octubre de 2000

<sup>xviii</sup> La pureza se ve afectada cuando se deposita en la fuente una botella de plástico sin remover la tapa o los sellos o cuando se vierten en el recipiente de materiales reciclables sustancias que los ensucian.

<sup>xix</sup> Actualmente, el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) espera el desembolso de una subvención multimillonaria aprobada por el Congreso de los Estados Unidos bajo el Bipartisan Budget Act of 2018 (Ley de Presupuesto Bipartita del 2018).<sup>63</sup> En esta, se otorgaron \$40 millones para fortalecer los programas de residuos municipales y realizar mejoras a los vertederos. En el 2019, la EPA desembolsó \$6.2 millones que se utilizará para adiestrar personal, realizar un estudio de caracterización y actualizar el plan de residuos sólidos, entre otros fines. El dinero restante será desembolsado en una segunda fase para actividades de cumplimiento y ejecución de los planes para el manejo de residuos no peligrosos, asistencia técnica y revisión de los planes para el cierre de vertederos.<sup>64</sup> Sin embargo, a la fecha, la única actividad que se ha llevado a cabo, según el DRNA, ha sido preparar y llevar a vistas públicas el borrador de un nuevo reglamento para los sistemas de relleno sanitario.<sup>65</sup>

# Estrategias para el Manejo de Residuos Sólidos





Cambiar el patrón de incumplimiento con las metas definidas para el manejo de residuos requiere que se definan estrategias efectivas e integrales, dentro de parámetros razonables, que tomen en cuenta la protección a la salud y el ambiente, la realidad de la sociedad, la cultura, la economía, la tecnología y la infraestructura del país. Esto requiere tener consciencia de los factores pertinentes para detallar propuestas que identifiquen y actúen sobre oportunidades reales para el cambio. De conformidad con eso, Generación Circular presenta los siguientes objetivos para el manejo sostenible de residuos no peligrosos que se generan a nivel de residencias, comercios o negocios (mejor conocido como Municipal Solid Waste, o MSW en inglés):

**1**  
Desviar  
o reducir,  
para el 2028

**50%**  
de los residuos que hoy  
llegan a los vertederos.

**2**  
Reducir  
uso de  
vertederos para el

**2028**  
iniciando con el cierre de los que  
están en incumplimiento.

**3**  
Disminuir  
la generación de

**gases de  
invernadero**  
en Puerto Rico a fin de contribuir a  
la mitigación del cambio climático.

**4**  
Desarrollar  
y mantener

**1 base  
de datos**  
actualizada sobre los residuos que se  
generan y su manejo, así como el progreso  
en la implementación de una economía  
circular.

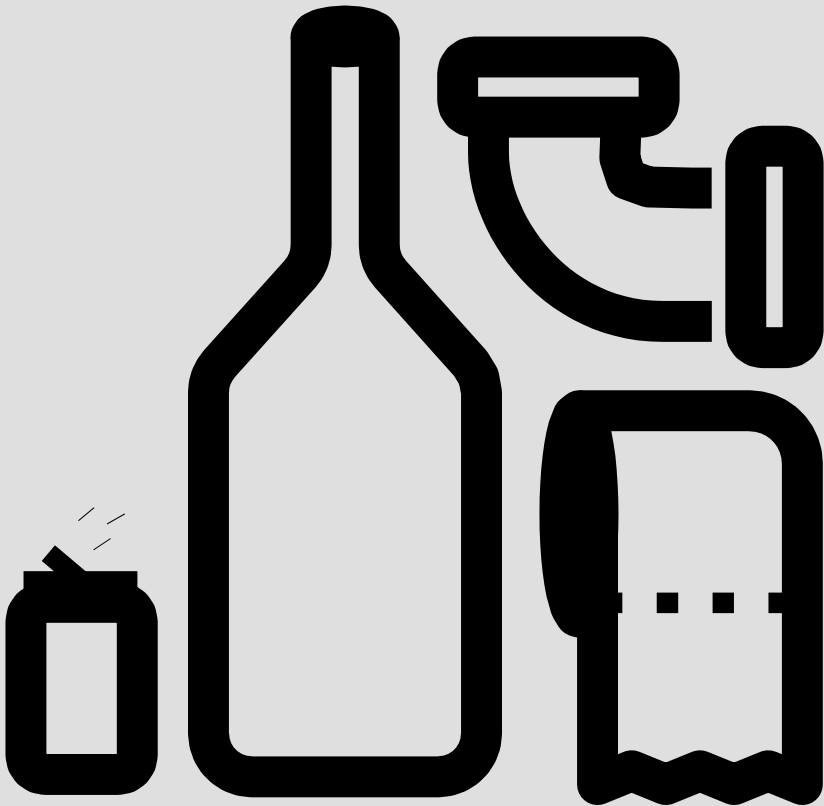
**5**  
Educar  
y expandir las capacidades  
de la población sobre el  
manejo de los residuos y la  
importancia y responsabilidad

**de todos  
y todas**  
en la reducción, el reúso y  
el reciclaje de materiales.

**6**  
Crear  
al menos 6,600

**empleos  
directos e  
indirectos**  
relacionados al manejo integral  
de residuos bajo un modelo de  
economía circular al 2028.

# Estrategias Multimateriales



---

# Introducción

En esta sección se incluyen aquellas estrategias que impactan a más de un (1) tipo de residuo no peligroso. La intención es que funcionen en conjunto para educar sobre el manejo efectivo de los recursos, incentivar que las personas y empresas practiquen las conductas esperadas, facilitar el mantenimiento de dichas conductas y garantizar la administración apropiada y el uso de los materiales recuperados para fortalecer la economía.

---

## Estrategias

### Educación ciudadana sobre el manejo de residuos

A través del mundo hay una gran variación respecto a cómo las personas perciben los residuos sólidos. Por esta razón, los diversos esfuerzos dirigidos a promover el manejo efectivo de los recursos deben diseñarse tomando en cuenta las necesidades y los valores de cada grupo social. Para maximizar el alcance y la sostenibilidad de cualquier esfuerzo educativo, el gobierno central, los municipios y el sector privado deben colaborar para asegurar los fondos que requieran su organización y ejecución.

El DRNA, en colaboración con el Departamento de Educación (DE) y otras agencias, los municipios, organizaciones sin fines de lucro, y el sector privado deberán diseñar y lanzar una campaña integral y sostenida de educación pública sobre los residuos sólidos. La colaboración del DE resulta crucial al tomar en cuenta que, mediante la inclusión de clases y talleres en las escuelas, éste pudiera impactar a más de 290,000 niños y niñas.<sup>55</sup>

Aunque en cada sección del presente plan se profundizará sobre las áreas de interés específicas en la educación sobre cada material, en términos generales, esta estrategia tendrá los siguientes objetivos:

**1**

Informar sobre los impactos ambientales, económicos y sociales de la acumulación de los residuos en vertederos o SRS.

**2**

Educar sobre la relación entre el manejo de residuos y su vínculo con el cambio climático y la generación de gases de invernadero.

**3**

Informar lo que sucede con los residuos una vez son recogidos por el municipio. Esto incluye educación sobre cómo funcionan los vertederos o SRS y las plantas de separación y procesamiento.

**4**

Dar a conocer métodos, procedimientos y conductas que cada persona puede adoptar para contribuir a la reducción de residuos. Algunos ejemplos son: reducir la compra de artículos con empaques (como frutas y vegetales empacados), filtrar agua y reutilizar envases en vez de usar agua embotellada, brindar ideas para la reutilización de materiales y compostar los residuos orgánicos.

**5**

Compartir guías existentes y crear guías nuevas que faciliten la organización de actividades *basura cero*.

6

Anunciar dónde se pueden depositar los residuos en cada municipio utilizando ayudas visuales como mapas e imágenes que faciliten llegar a las localidades.

7

Aumentar el conocimiento sobre las obligaciones de las agencias públicas, las empresas, la ciudadanía y otras entidades respecto al manejo de residuos.

6

Promover el intercambio de materiales entre personas y la reparación de equipos. Como parte de este esfuerzo, se deberá educar a la ciudadanía sobre cómo usar las distintas plataformas digitales que existen para facilitar la venta o la donación de bienes.

44

El contenido deberá difundirse a través de la prensa escrita y digital, las redes sociales, la radio, la televisión, el sistema de educación pública y privada, así como charlas en las comunidades, comercios y negocios. Se espera que esta estrategia contribuya a aumentar la participación y el interés en el manejo efectivo de residuos, a crear nuevas oportunidades de ingreso y a reducir la compra de bienes nuevos.

---

## Fideicomiso para la Generación Circular

Se debe crear, mediante ley, un fondo público en fideicomiso, el cual será irrevocable y perpetuo. El propósito del fideicomiso es promover la implementación de las estrategias conducentes al manejo de residuos sólidos como se establece en este plan, asegurar un uso efectivo de los recursos que se asignan por ley para el manejo de materiales y propiciar la creación de una economía circular.

El Fideicomiso para la Generación Circular (en adelante, Fideicomiso GC) será una entidad sin fines de lucro cuya Junta de Directores estará compuesta mayormente por personas expertas en el manejo de residuos, líderes comunitarios y representantes de sectores y contará con una representación minoritaria del gobierno central y de los municipios. El proceso de selección de los directores no afiliados al gobierno debe ser uno participativo y abierto mediante el cual se procuren candidatos/as de los diversos sectores a estar representados.

El Fideicomiso GC coordinará trabajos con las entidades a cargo de fiscalización y reglamentación como el DRNA y la EPA. Se podrán crear equipos de trabajo que se enfoquen por tipo de material, grupos de tipo de material o por ubicación geográfica. El Fideicomiso GC administrará fondos especiales existentes, como los de aceites usados y neumáticos, o aquellos que podrán crearse para atender el manejo de residuos. El Fideicomiso podrá nutrirse también de fondos federales, subvenciones, donativos, así de asignaciones presupuestarias del gobierno, entre otros. Estará encargado de:

1. Diseñar estrategias para el manejo de residuos y proveer asistencia en el desarrollo de programas que contribuyan a la adopción de una economía circular a escala nacional o que incluya a múltiples municipios. Este trabajo se realizará en coordinación con agencias concernidas en el gobierno y con participación amplia del sector privado, comunidades y organizaciones sin fines de lucro.
2. Asegurar la transparencia en los procesos asegurando la recopilación y publicación de datos, estadísticas, uso de fondos y progreso.
3. Administrar los fondos asociados a los programas de manejo de materiales específicos.
4. Propiciar el desarrollo de innovación y tecnología.
5. Dar seguimiento al progreso de acciones públicas en materia de manejo de recursos y residuos y reportar resultados.
6. Promover el ofrecimiento de servicios que faciliten el establecimiento de la economía circular, como:
  - A** La educación a todos niveles.
  - B** Apoyo en el desarrollo de planes municipales para el manejo adecuado de materiales.
  - C** La conectividad de la cadena de suministros inversa.
  - D** Promover y atraer iniciativas, negocios, crecimiento y retención.
  - E** Asistencia en la comercialización de productos y servicios.

---

## Base de datos sobre residuos sólidos y observatorio de economía circular

La información es una herramienta imprescindible al momento de evaluar si las políticas puestas en vigor han logrado los resultados esperados. La ausencia de datos confiables nos pone en riesgo de asignar recursos adecuadamente, así como identificar y atender deficiencias o posibles causas e impactos de los retos que enfrentamos. Por esta razón, urge que se cree y mantenga un sistema confiable, robusto y público de datos que nos permita:

1. Caracterizar los residuos sólidos de manera continua.
2. Medir la tasa de desvío por material, incluyendo los métodos empleados.
3. Observar el crecimiento de la industria de reúso, la reparación y el reciclaje de residuos sólidos.
4. Examinar el desarrollo económico relacionado a la reintroducción de los recursos descartados a la producción de bienes y el ofrecimiento de servicios.
5. Analizar la generación de empleos y empresas nuevas, por material, a la luz de las políticas implementadas.

Para lograr estos objetivos, será de gran ayuda contar con la asistencia de la EPA y de otras jurisdicciones que cuenten con la experiencia y el conocimiento técnico para realizar esta labor. El Fideicomiso para la Generación Circular debe propiciar el desarrollo de esta iniciativa integrando al DRNA, el Departamento de Desarrollo Económico y Comercio, del Instituto de Estadísticas, así como organizaciones y empresas que trabajan el tema de residuos. Los fondos para desarrollar los métodos y plataformas necesarias podrían proceder de una combinación entre asignaciones federales (como las ofrecidas mediante la Ley de Presupuesto Bipartita del 2018 del gobierno federal, los fondos CDBG, entre otros).

A la vez, el mantenimiento de un observatorio, es decir, de una herramienta dedicada a que personas con interés puedan ver datos relacionados al progreso de la generación circular en tiempo real, es un componente indispensable.

Esta es una estrategia efectiva para que la ciudadanía pueda:

46



## Acuerdos con asociaciones y colegios profesionales

Esta iniciativa consiste en lograr el compromiso de organizaciones que representen a grupos empresariales o profesionales para que adopten el manejo de residuos como tema prioritario para la próxima década. Dicho compromiso debe ir acompañado de una programación de presentaciones y charlas sobre cómo maximizar el uso de materiales y residuos, según la industria, durante

sus respectivas convenciones o reuniones anuales. De igual manera que cada sector promueva la adopción de medidas de reducción, reúso y reciclaje dentro de su matrícula y se establezcan programas para dar seguimiento al progreso. Se debe promover la colaboración con profesionales de distintos sectores durante la creación del contenido para las charlas que permita a la matrícula moverse a la implementación de medidas dentro de su empresa o industria. Se pretende aumentar la aptitud en el uso efectivo y la disposición responsable de materiales y sobre los beneficios económicos y competitivos relacionados.

---

## Programa de Recompensas por el Manejo Responsable (PRMR)

Se debe promover el establecimiento de un programa que ofrezca a la ciudadanía recompensas por realizar alguna acción que contribuya al reúso, a la reparación, a la reducción o al reciclaje de residuos. Dicha acción ayudará a propiciar la participación ciudadana y a crear costumbres sobre el uso y manejo sustentable de materiales. Las recompensas pueden ofrecerse en forma de puntos que podrán ser redimidos en productos o servicios de empresas participantes. Estos se otorgarán al presentar evidencia de haber realizado una actividad relacionada a la reducción, el reúso o el reciclaje de residuos. Dicha evidencia será provista por la entidad que interese incentivar una conducta específica del ciudadano como, por ejemplo, entregar residuos en una planta de recuperación o compostar. La entidad encargada de la administración del sistema de incentivos podrá allegar fondos mediante donaciones y/o honorarios de publicidad a las empresas participantes.

47

---

## Marcas de certificación

Una marca de certificación es un tipo de marca comercial que se usa para comunicarle a los consumidores que unos bienes o servicios particulares, o sus proveedores, cumplen con ciertos estándares (p.ej. la marca Hecho en Puerto Rico). Estas contribuyen a la reputación de las empresas. El gobierno debe encomendar la creación de dichas marcas, las cuales podrán ser utilizadas por empresas que hagan un manejo responsable de los residuos que generen, que exhiban un compromiso con la reducción de los residuos o que sean basura cero, según los criterios establecidos para la otorgación de una licencia de uso. La otorgación de la marca estará atada a un sistema de puntos claramente definido. Esta conllevará un costo para la empresa solicitante. Estos fondos serán depositados en el Fideicomiso GC y se utilizarán para la operación y el desarrollo de programas. Además, se promoverá que el gobierno de Puerto Rico otorgue un incentivo, ya sea contributivo o en preferencia y ahorro en servicios públicos, a aquellas empresas que logren obtener la marca. La naturaleza del incentivo deberá ser objeto de discusión pública y ajustarse a las circunstancias presentes. Se prevé que esta estrategia promoverá la participación de las empresas de cualquier tamaño en las diversas iniciativas que adelanten el manejo responsable y eficiente de los recursos.

---

## Parques de recuperación de recursos

Esta estrategia persigue el objetivo de habilitar espacios en desuso localizados en zonas industriales de fácil acceso con el fin de concentrar actividades relacionadas a la transportación y/o procesamiento *on-site* de materiales reciclables, compostables o reusables. Dichas actividades serán realizadas por empresas locales y profesionales independientes. La administración de los parques le corresponderá a cada municipio mediante financiamiento mixto proveniente del gobierno central, auspiciadores y donaciones. Las empresas que se dediquen a recibir y transportar materiales reciclables serán subvencionadas con fondos municipales que de otra forma serían utilizados por el transporte hacia sistemas de relleno sanitario.

---

## Estándares para el recogido de residuos reciclables municipales

Si aspiramos a crear una economía circular estable y sostenible, es crucial que se definan estándares nacionales para el recogido de residuos reciclables. El gobierno (posiblemente el DRNA), el Fideicomiso para la Generación Circular, las organizaciones con pericia y los municipios, en conjunto deben diseñar metodologías adaptadas a la particularidad de cada municipio para llevar a cabo el recogido de residuos en los hogares con un enfoque en minimizar su contaminación. En este contexto, la *contaminación* ocurre cuando los materiales no se limpian apropiadamente (p.ej., una lata con residuos de atún), cuando un objeto se ensucia con una sustancia de la cual no puede ser separado (p.ej., una hoja de papel manchada con aceite) o cuando se mezclan materiales reciclables con aquellos que no lo son en un mismo contenedor. La pureza del material reciclable aumenta su valor comercial y controlar su contaminación reduce significativamente la cantidad de residuos que terminan en el vertedero luego de que son recibidos por una planta de recuperación.

48

En Puerto Rico, uno de los costos más altos en el reciclaje municipal es el de separación y procesamiento. Su aumento está relacionado a la complejidad de la separación de materiales y los ingresos que se obtienen como resultado de esta actividad se ven directamente afectados por la contaminación. Con el fin de reducir los costos y aumentar las ganancias, los municipios deben hacer una transición del recogido de flujo único (*single stream*) a un recogido de flujo múltiple, es decir, por materiales individuales o grupos de materiales. El recogido de flujo múltiple puede lograrse también con camiones con compartimientos que mantengan los materiales separados, evitando así la contaminación. Existe evidencia para sostener que el flujo múltiple contribuye a reducir los costos totales de procesamiento, a aliviar la carga de las plantas de recuperación y a incrementar los beneficios económicos de los programas de desvío.<sup>56-58</sup> Los recogidos se efectuarán en días específicos y en periodos consistentes. Debe evaluarse la necesidad y deseabilidad de hacer un recogido semanal para cada material, ya que en algunos casos es menos costoso y viable realizarlo en periodos más largos. Por ejemplo, la acumulación de algunos materiales, como los residuos



electrónicos, es lenta frente a la de plásticos de un solo uso, la cual tal vez sí requiera un recogido más frecuente en lo que se logra su eliminación gradual. Esto, además, requiere que los municipios analicen los patrones de generación de sus comunidades y ajusten los recogidos de la manera correspondiente.

Cada municipio deberá desarrollar su metodología de recogido en coordinación con las agencias de gobierno y entidades con peritaje que se identifiquen en cumplimiento con los estándares de manejo, control de contaminación y recogido que se definan.

---

## Recipientes comunitarios

Debido a que el acceso es una variable que afecta significativamente la participación de las personas en el reciclaje, es necesario que los municipios, en colaboración con el gobierno central, empresas y organizaciones coloquen en las comunidades recipientes donde la ciudadanía pueda separar y depositar materiales reciclables. Estos deberán localizarse en áreas visibles donde las personas transiten de forma habitual y con una distancia entre ellos que logre que la mayoría de la población los use cómodamente. El mantenimiento y la promoción del uso de estos recipientes deberá llevarse a cabo en coordinación con las asociaciones comunitarias y de residentes y debe estar atado a un plan amplio de educación en cada comunidad.

49

---

## Desarrollo de mercados de reciclaje

Varios estados como, por ejemplo, Pensilvania y California, han demostrado que el ofrecimiento de servicios relacionados a proveerle asistencia a recicladores y empresas es una estrategia efectiva para desarrollar una economía circular vigorosa. A través del Departamento de Desarrollo Económico y Comercio, el gobierno de Puerto Rico pudiera hacer una contribución importante al país con la creación de un programa de desarrollo de mercados que se dedique a:

1. Proveer financiamiento a proyectos que contribuyan al desarrollo de una economía circular a escala nacional o multimunicipal.
2. Ofrecer servicios que faciliten:

**A**

Atraer negocios, crecimiento y retención.

**B**

Acceso a asistencia técnica para empresas en la implementación de procesos internos relacionados al manejo de residuos.

**C**

Crear una zona de desarrollo para el mercado del reciclaje donde se puedan ofrecer instalaciones y servicios públicos a bajo costo.

---

## Innovación y tecnología

La investigación y el desarrollo de tecnologías nuevas contribuyen a la maximización de los recursos disponibles y a la reducción de impactos ambientales. Además, abre las puertas a la generación de valor y de nuevos empleos. Por estas razones, promover la investigación en el campo del manejo y procesamiento de residuos tiene que ser una meta. Esto incluye el ofrecimiento de servicios que faciliten la aplicación de descubrimientos logrados mediante investigaciones (investigación traslacional) y la comercialización de los mismos. La Universidad de Puerto Rico debe ser eje central de este esfuerzo que debe coordinarse con el Fideicomiso para la Generación Circular y otras entidades relevantes, cuyo rol incluiría identificar fondos necesarios para desarrollar y mantener un programa de innovación y tecnología en el área residuos sólidos y economía circular.

# Residuos Orgánicos

II



## Introducción

Los residuos orgánicos son cualquier material biodegradable que proviene de plantas o animales.<sup>59</sup> Para propósitos de este plan, se categorizarán en tres grupos:



52

La primera categoría incluye ramas de árboles, hojas y maderas no tóxicas; la segunda, alimentos descartados y papel o cartón contaminado con comida. Cuando estos son depositados en vertederos o sistemas de relleno sanitario, se descomponen de forma anaeróbica, es decir, sin oxígeno, lo cual produce metano, un potente gas de invernadero.<sup>44</sup> Este mantiene una capacidad para atrapar el calor 84 veces mayor que la del dióxido de carbono durante los primeros 20 años luego de haber sido liberado al ambiente y alrededor de 28 veces mayor a los 100 años.<sup>xx,45</sup> Por otro lado, el mal manejo de recursos orgánicos contaminan otros materiales con potencial de ser reciclados y tiene consecuencias adversas sobre los ecosistemas terrestres, pudiera contaminar los ríos, lagos y océanos de los cuales dependen las personas para su disfrute y sustento e impacta la calidad de los terrenos con potencial agrario.<sup>46</sup> La estrategia detallada a continuación permitirá el cumplimiento de los objetivos identificados para este tipo de recursos mediante tácticas dirigidas a cada categoría.

Para reducir la cantidad de residuos orgánicos que se acumulan en vertederos y sistemas de relleno sanitario, se pueden establecer múltiples medidas que requieren la participación de diversos sectores sociales. La educación ciudadana es pieza clave para maximizar la participación y el compromiso de la población en minimizar la generación y manejar adecuadamente los residuos. Uno de los aspectos principales a atender es la reducción de los desperdicios alimenticios para maximizar su aprovechamiento. Otra es la utilización de los materiales vegetativos descartados. Por último, se considera el manejo de ambos residuos mediante el compostaje, lo cual resulta en un producto valioso mientras aporta a la reducción de ambos tipos de materiales descartados.

El compostaje es un proceso biológico mediante el cual ciertos hongos y bacterias beneficiosas descomponen la materia orgánica, lo cual resulta en composta. Esta puede ser abonada a la tierra para nutrirla y facilitar el crecimiento de las plantas, lo cual reduce la necesidad de utilizar fertilizantes químicos. Además, sirve para enriquecer los terrenos mediante la retención de humedad y el control de las plagas.<sup>47</sup> Al aplicarlo a un contexto agrícola, la composta contribuye

al desarrollo saludable de las cosechas. Por lo tanto, aumentar la cantidad de materiales orgánicos desviados, transportados y procesados para crear composta localmente pudiera contribuir a la seguridad alimentaria de Puerto Rico. Actualmente, existen 6 entidades dedicadas a producir composta en la isla, entre ellas el Hipódromo Camarero (Proyecto Biofinish), la Universidad de Puerto Rico, TAIS, Caribbean Composting, Isla Nena Composta y Vivo Recycling. Al momento de esta redacción, los municipios de Caguas y Carolina colaboran con el recogido de materiales orgánicos para procesarlos y transformarlos en composta, biofertilizante o biogas. Debido a que los residuos orgánicos representan sobre el 34% del total de residuos que se generan y a que existe el conocimiento en la isla sobre cómo aprovechar adecuadamente este recurso, este material se presenta como uno de gran potencial para lograr avances en su reducción en los vertederos, así como un aumento en la producción de composta.

Representan  
sobre el

34%

del total de  
los desperdicios en P.R.

La estrategia definida en esta sección incluye dos acercamientos principales:

1. tácticas dirigidas a reducir los residuos orgánicos en los vertederos.
2. tácticas dirigidas a la producción de composta a través de todo el archipiélago.

53

### Objetivos para residuos orgánicos

1

Lograr una reducción del 60% los materiales orgánicos que depositados en SRS o vertederos en Puerto Rico para el 2028.

2

Integrar para el 2028 a 20 comunidades distribuidas entre todas las regiones en la producción de composta utilizando residuos generados en la misma comunidad.

3

Diseñar una metodología accesible para mantener datos actualizados sobre la producción total de composta a nivel comunitario.

4

Generar 700 empleos nuevos relacionados al manejo efectivo de residuos orgánicos para el 2028

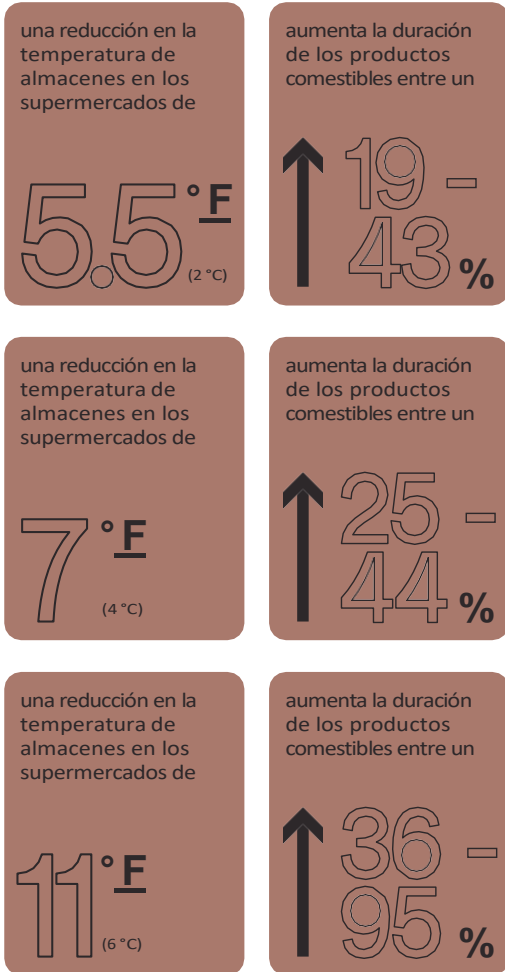
5

Mantener una base de datos actualizada sobre el material orgánico que se genera y su manejo.

# Estrategias para reducir los residuos orgánicos

## Reducción de temperatura en almacenes de supermercados

Existe evidencia científica<sup>48</sup> que apoya la conclusión de que



A pesar de que reducir la temperatura en los almacenes incrementa los costos de energía, este aumento puede mitigarse mediante la integración de energía renovable en los comercios que podrían ser subvencionados con fondos CDBG. Los ahorros logrados en alimentos descartados pudieran compensar por el aumento en costo en energía. Esta iniciativa consiste en colaborar con empresas privadas para promover una reducción en la temperatura de los almacenes e impulsar legislación al respecto. Se espera reducir la cantidad de desechos alimentarios.

---

## Colaboración con agricultores, supermercados, restaurantes y hoteles

En la industria de alimentos, que incluye agricultores, supermercados, restaurantes y hoteles se descartan a diario productos de consumo por razones de su aspecto físico o porque resulta un excedente de comida preparada al final de día o la semana. Se procurará colaboración del Departamento de Salud y el Departamento de Agricultura, que facilite la coordinación entre los diversos actores de la industria de alimentos y organizaciones e iniciativas de apoyo mutuo que proveen alimentos a personas sin hogar o a personas con necesidades alimentarias.

---

## Supermercado para productos frescos excluidos de la cadena de ventas

Se promoverá el establecimiento de corporaciones con fines sociales o sin fines de lucro para lograr la venta a bajo costo de alimentos frescos rechazados por supermercados, agricultores o manufactureros por su forma, tamaño o defectos en los empaques. Estos deberán ser aptos y seguros para el consumo humano. Las corporaciones que se dediquen a esta actividad deberán contar con la organización y los procesos necesarios para realizar la venta al detal. En coordinación con el Departamento de Salud y el Departamento de Agricultura se promoverá la creación de cadenas de abastecimiento entre supermercados y agricultores en beneficio de aquellas organizaciones que se muestren dispuestas a asumir las obligaciones que conlleva esta iniciativa.

55

---

## Manejo de alimentos en el hogar

Se desarrollarán materiales y guías accesibles que ofrezcan ideas a la ciudadanía de cómo aprovechar al máximo los alimentos que compran y la comida que preparen para así evitar el desperdicio. Se desarrollarán folletos informativos a través de la internet, así como cápsulas a transmitirse por redes sociales y televisión. Incluirán datos sobre el impacto anual estimado del desecho de alimentos en el hogar promedio.

---

## Necesidades agrícolas

Se consultará con la industria agrícola asociada con la cría de animales las oportunidades de eslabonamiento para el aprovechamiento de alimentos a descartarse. Esta medida deberá planificarse en coordinación con comunidades aledañas para evitar impactos de esta actividad en la calidad de vida de sus residentes. Deberá ser parte del proceso explorar el cumplimiento de cada colaborador con los códigos y reglamentos relacionados a la planificación de proyectos agrícolas y la consulta con los vecindarios adyacentes.

---

## Residuos de árboles

Los aserraderos colaborarán con los municipios para pactar un proceso de distribución de maderas recogidas municipalmente. Estas serán usadas por los aserraderos como materia prima. Aquellas maderas que no cumplan con los criterios necesarios para ser transportadas a aserraderos deberán permanecer disponibles por un periodo razonable en cada municipio para el recogido gratuito por individuos interesados en su uso. Los municipios deberán publicar a través de sus páginas de internet o, en la alternativa, un periódico general, la localización de los centros de recogido de maderas. Aquellas maderas que permanezcan sin uso o cuyas cualidades las hagan inadecuadas para el uso, deberán ser transportadas a instalaciones de composta.

---

## Estrategias para la producción de composta

### Regular depósito de orgánicos en SRS

Como se indicó anteriormente los residuos orgánicos representan casi una tercera parte de los residuos que terminan en una instalación de disposición final. A la vez, la descomposición anaeróbica de estos residuos en los SRS genera gases de invernadero que contribuyen al cambio climático y lixiviados con el potencial de contaminar suelos y acuíferos. Por esta razón y en conjunto con las estrategias que aquí se detallan se debe comenzar por regular el depósito de material orgánico en los vertederos y procurar la reutilización de este material con miras a prohibir por ley el depósito de orgánicos en SRS para el 2028.

### Base de Datos de Orgánicos.

A través del Instituto de Estadísticas de Puerto Rico, o procurando su apoyo, el Fideicomiso GC se desarrollará y mantendrá una base de datos sobre la generación de material orgánico Tipo 1, Tipo 2 y biosólidos, así como del material de composta generado a mediana y gran escala. Se mantendrá también información actualizada sobre las empresas, organizaciones, cooperativas y entidades de gobierno que trabajan la composta.

Se levantará un inventario de las composteras comunitarias<sup>xxi</sup> existentes y se recopilarán los datos del trabajo que realizan, según las capacidades y posibilidades de cada comunidad. Dicha base de datos se actualizará semestralmente para incluir nuevas composteras comunitarias y actualizar datos de la operación de cada una. La información recopilada estará disponible al público a través de la internet.

---

## Desarrollo de estándares de calidad

En coordinación con los operadores de composteras de mediana y gran escala se desarrollarán estándares de calidad de operación y producción que garanticen y ofrezcan información sobre las propiedades de la composta a generarse. Esto elevará la confiabilidad del producto para la venta. A la vez, se trabajará con la industria agrícola para conocer sus necesidades y



promover la utilización de la composta en los cultivos. Se deben desarrollar acercamientos a diversos laboratorios que tengan la capacidad para realizar las pruebas necesarias para evaluar el material.

---

## Inclusión de residuos orgánicos como material reciclable a ser separado y clasificado en su lugar de origen

Deberá enmendarse el Artículo 7 de la Ley 70-1992 (12 LPRA § 1320e) para incluir los residuos orgánicos Tipo 1 y Tipo 2 como material reciclable a ser separado y clasificado en el lugar de origen. Los materiales vegetativos (Tipo 1) deberán ser separados en su fuente de los residuos de comida (Tipo 2) (semanal o cada 2 semanas). Se establecerá como requisito a los municipios recoger materiales orgánicos y transportarlos hacia una compostera ofreciendo recursos e incentivos para su implementación. Se deberán organizar campañas educativas, por medios digitales y televisivos, dirigidas a la ciudadanía en general para educar sobre cómo separar los materiales compostables. Esta medida se implementará de forma escalonada, comenzando con los dos municipios con mayor población durante el primer año para incorporar el recogido de orgánicos Tipo 2 y, posteriormente, cada año se aumentará la participación de municipios hasta lograr el recogido doméstico de residuos orgánicos Tipo 1 y Tipo 2 en todos los municipios al 2028.

57

1



Se establecerá una unidad de fiscalización gubernamental que asegurará que no se deposite el material orgánico proveniente de municipios participantes en vertederos.

2



Se establecerán multas por violaciones.

---

## Composteras municipales y compra de equipos de procesamiento

Según el plan de adopción de recogido doméstico, se evaluará para cada municipio participante las opciones para manejar la composta de manera costo-efectiva. Este proceso incluirá evaluar la deseabilidad y conveniencia de establecer una compostera municipal, promover el establecimiento de una compostera privada o escoger transportar la composta a alguna instalación existente cercana. Como parte de la evaluación se determinará la manera más costo-efectiva para la adquisición de los equipos necesarios incluyendo trituradoras y cernidoras para procesar el material vegetativo. Se evaluará el uso

de fondos CDBG u otros fondos federales que pueden estar disponibles para estos propósitos. Entre las modalidades se debe evaluar la organización de asociaciones o grupos que les proveerán servicios a los municipios y se encarguen del mantenimiento de la maquinaria mediante la creación de equipos de trabajo que se dedicarán exclusivamente a dicha actividad. Los esfuerzos van dirigidos a reducir los costos municipales relacionados al transporte de materiales, aumentar la producción de la composta.

---

## Composteras comunitarias

Se identificarán 10 proyectos de composta con una capacidad de diseño<sup>xxiii</sup> igual o menor a 50 yardas cúbicas de material orgánico Tipo 1 y Tipo 2 para proveerles asistencia técnica y materiales gratuitos o a bajo costo que faciliten la producción y/o el aprovechamiento de la composta. Dicha asistencia será suministrada por un equipo de trabajo a designarse constituido por representantes de composteras industriales, fincas agroecológicas y organizaciones sin fines de lucro. Estas visitarán a las composteras comunitarias para observar los procesos que llevan a cabo e identificar cualquier mejora que pudieran realizar en sus procesos y los materiales que requieren. Además, se identificará y proveerá asistencia en la solicitud de fondos provistos por la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA) a aquellos proyectos educativos, dirigidos por organizaciones sin fines de lucro, que promuevan la producción de composta en las comunidades. Las composteras comunitarias y los proyectos educativos que se benefician de esta iniciativa se comprometen apoyar el desarrollo de 2 proyectos de composta en otras comunidades mediante talleres y asistencia técnica libre de costo y así sucesivamente. El equipo de trabajo designado ofrecerá asistencia en el proceso y colaborará en la obtención de materiales en estas nuevas comunidades para facilitar su establecimiento.

---

## Manejo residencial del material orgánico Tipo 2

Se propone desarrollar un proyecto piloto a nivel municipal para el tratamiento de material orgánico Tipo 2 en los hogares utilizando *bokashi*,<sup>49</sup> una mezcla de microorganismos que aceleran el proceso de composta. Se le proveerá a cada hogar ubicado en los sectores o comunidades del municipio seleccionado, el *bokashi* y los recipientes para manejar y tratar el material orgánico. Como parte del proyecto piloto se promoverá el desarrollo local del *bokashi* en forma industrializada, así como instalaciones que procesen el material una vez recolectado de los hogares<sup>xxiv</sup>. Se ofrecerán talleres educativos y materiales para cada comunidad sobre el manejo de estos, así como contactos de asistencia que estarán disponibles para atender preguntas o situaciones que surjan en los hogares y comunidades. Se establecerán las estructuras de supervisión y control de calidad necesarias para asegurar una implementación adecuada. Se apoyará al municipio para asegurar los recursos para el financiamiento de la operación. Los residuos orgánicos fermentados en los hogares serán recolectados y transportados a una instalación que cumpla

con el manejo y procesamiento del material. El proyecto debe contar con un proceso claro de recopilación de datos e información que permita evaluar sus resultados. Este proyecto piloto durará 2 años.

---

## Plantas de tratamiento de aguas

Se deberá aprobar legislación dirigida a que las plantas de tratamiento de aguas usadas de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados así como las instalaciones que generen cienos de procesos industriales no peligrosos, tengan que enviar los materiales biosólidos extraídos del proceso de tratamiento a instalaciones de compostaje, como las ubicadas en Mayagüez y Arecibo.<sup>xxxv,50</sup> Se impulsará que se modifiquen los lechos de secado de estas instalaciones para manejar el material vegetativo junto a los biosólidos generados por la propia planta. Se debe asegurar en todo momento la operación adecuada de estas instalaciones para evitar la contaminación y la generación de olores objetables que puedan afectar a comunidades cercanas.

---

## Innovación y tecnología

En coordinación con la Universidad de Puerto Rico y el Fideicomiso de Ciencia y Tecnología y el Fideicomiso para la Generación Circular se promoverá la investigación y desarrollo de usos innovadores para el material orgánico que sean seguros, sostenibles y no representen riesgos o efectos adversos a la salud de la población, ni amenaza al medioambiente y los recursos naturales.<sup>xxxvi</sup>

---

<sup>xx</sup> Según el índice GWP (el acrónimo en inglés de Global Warming Potential). El Índice GWP fue el adoptado por el Protocolo de Kioto (UNFCCC, 1992) y mide la capacidad que tiene un gas para atrapar el calor en comparación con el dióxido de carbono durante el tiempo que permanece en la atmósfera.

<sup>xxi</sup> Una compostera comunitaria será aquel proyecto de compostaje cuya producción beneficie a la propia comunidad, vecindario u organización sin fines de lucro donde se produzca.

<sup>xxii</sup> Ver sección sobre composteras municipales.

<sup>xxiii</sup> La capacidad incluye material compostable almacenado, compostaje activo y composta final.

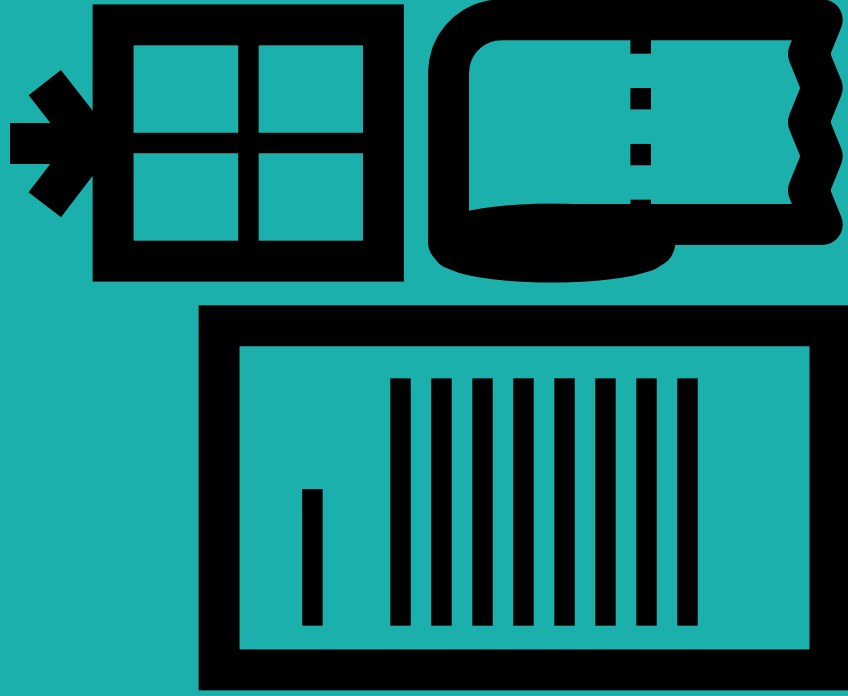
<sup>xxiv</sup> La empresa local TAIS produce y utiliza bokashi para el tratamiento de material orgánico Tipo 2 y mantiene un programa de recogido de orgánicos a hogares, restaurantes y empresas.

<sup>xxv</sup> Caribbean Composting en Arecibo recibe 100 ton/día de cienos de la AAA la cual procesan para generar composta.

<sup>xxvi</sup> No se considerará la quema o incineración como método de uso innovador por sus consecuencias adversas a la salud y al medioambiente.

# Papel y Cartón

III



## Introducción

Según los estimados, el 18.4% del total de los residuos descartados en Puerto Rico son papel y cartón. En esta categoría se encuentran el papel de alta y de baja calidad y el cartón corrugado. Dichos materiales han demostrado ser altamente útiles para realizar diversas actividades y su presencia es común en instituciones educativas, oficinas y locales del servicio postal, entre muchos otros sitios. Debido a lo que conlleva su manufacturación, su composición, sus propiedades físicas y la extensión de su uso, el mal manejo de los residuos de papel y cartón implica graves repercusiones ambientales y económicas.

Alrededor del 40% de los árboles talados en el planeta se usan para producir fibra de papel virgen. La tala representa solo una parte del impacto ambiental, ya que, en el proceso de producción, se consumen muchos recursos. Por ejemplo, para producir 1 tonelada de papel blanco (el que se usa regularmente para imprimir copias), se requieren 4 toneladas de árboles (alrededor de 23.9 árboles), 25.5 millones de BTUs de energía y 21,400 galones de agua.<sup>51</sup> Se estima que, en los Estados Unidos, cada ciudadano consume alrededor de 468 libras de papel y cartón per cápita por año.<sup>52</sup> Si aplicamos ese mismo dato a la población puertorriqueña, podríamos concluir que nuestra ciudadanía consume alrededor de 748,800 toneladas de papel anualmente, lo cual equivale a 17.9 millones de árboles; la energía para operar 630,178 neveras residenciales durante todo un año y agua suficiente como para lavar 534.1 millones de tandas de ropa regulares.

Representan  
sobre el

18 %

del total de  
los desperdicios en P.R.

40 %

de los árboles talados  
en el planeta se usan  
para producir fibra de  
papel virgen.

Nuestra ciudadanía  
consume en papel  
el equivalente a  
la tala de

17.9

millones de  
árboles por año

Las estrategias detalladas en esta sección están dirigidas a, por un lado, reducir la cantidad de fibra de papel que utilizamos en el día a día y, por otro, promover su reciclaje. Mientras la reducción contribuye significativamente aminorar los impactos económicos y ambientales, el reciclaje, además, puede ser una poderosa fuente económica. En términos ambientales, producir fibra de papel reciclado pudiera reducir hasta un 64% de la energía y un 34% del agua utilizada en comparación con la fibra virgen. Además, elimina la necesidad del uso de árboles. En términos económicos, la demanda global de fibra recuperada excede su producción y se estima que esta tendencia continuará hasta más allá del año 2029.<sup>52</sup>

El reciclaje del cartón, por ejemplo, pudiera alcanzar un valor global de \$5.4 billones para el 2024 (en el 2017 fue de \$4.3 billones). Actualmente, el costo por tonelada de cartón ronda los \$108 dólares. Su valor es tal, que, en jurisdicciones como España, Nueva York y California existen grupos que hurtan cartón procesado para revenderlo ilegalmente.<sup>60</sup> Se espera un alza significativa en el valor de la fibra, ya que, desde que comenzó la pandemia del COVID-19, el comercio electrónico global ha aumentado un 31%, lo cual conlleva un incremento en el uso de cajas y sobres para el empaque de productos enviados por correo.<sup>53</sup> Además, Puerto Rico tiene su propia demanda de uso de cartón corrugado en la producción local de empaques para farmacéuticas y productos de consumo.

El reciclaje del cartón pudiera alcanzar un valor global de



El comercio electrónico global ha aumentado un



lo cual conlleva un incremento en el uso de cajas y sobres para el empaque de productos enviados por correo

## Objetivos para papel y cartón

1

Lograr una reducción del 50% del papel y el cartón que son depositados en SRS o vertederos en Puerto Rico para el 2028.

2

Generar 400 empleos nuevos relacionados al manejo efectivo de residuos de papel y cartón para el 2028

## Estrategias para la reducción de su uso

### Campañas educativas sobre la reducción y el reúso del papel y el cartón

El DRNA, junto al DE, otras dependencias del gobierno central y el tercer sector colaborarán en el diseño e implementación de programas educativos. Entre los puntos educativos exclusivos al uso de este material se encuentran:

1. Promover y reforzar que el estudiantado y la facultad en las escuelas reúsen el papel y el cartón en el desarrollo de proyectos o manualidades.
2. Instruir a la facultad y al estudiantado sobre cómo maximizar el espacio que provee una hoja, exigir la impresión a doble cara y dar a conocer estrategias para reutilizar papeles en el cumplimiento de tareas académicas, docentes o administrativas diarias.
3. Mediante el Departamento del Trabajo, distribuir guías para patronos y empleados dirigidas a fomentar la reducción y a hacer un uso más efectivo del papel y el cartón. Debe resaltarse que, al contabilizar los gastos relacionados al consumo del papel en un espacio de trabajo, se tienen que tomar en cuenta los costos del transporte, almacenamiento, método de uso (por ejemplo, la depreciación de una impresora o la compra de bolígrafos) y aquellos asociados a la disposición de residuos de papel. Se cree que, en una oficina promedio, cada empleado usa alrededor de 10,000 hojas de papel al año.<sup>50</sup> Tomados anualmente, estos costos tienen un impacto significativo sobre los ingresos que una empresa pequeña o mediana recibe.
4. Organizaciones sin fines de lucro ofrecerán, y el gobierno central promoverá, talleres a la fuerza laboral dirigidos a reforzar y actualizar los conocimientos sobre la maximización de los recursos de papel y cartón.
5. Las organizaciones sin fines de lucro, el gobierno central, las administraciones municipales y el sector privado deberán coordinar campañas educativas para informarle a la ciudadanía en general sobre el manejo efectivo del papel y el cartón. Estas deberían abordar temas como la importancia ambiental de reducir los residuos, alternativas al uso del papel en sus diversas formas, cómo aumentar su reúso en el hogar y los beneficios ambientales, industriales y energéticos de usar materiales reciclados.
6. Será crucial que se lleven a cabo campañas enfáticas y llamativas dedicadas exclusivamente a instruir sobre la forma apropiada de manejar el reciclaje del papel y cartón en el hogar para evitar su contaminación.

---

## Reducción de empaques

Actualmente, existen organizaciones no gubernamentales que han logrado el compromiso de diversas empresas globales y regionales para reducir la cantidad de residuos que generan y el tamaño de sus empaques.<sup>54</sup> Esto lo han logrado mediante acuerdos que detallan planes a corto y largo plazo dirigidos a modificar la cadena de manufactura y ventas. En Puerto Rico, tanto el gobierno como las organizaciones sin fines de lucro dedicadas a promover la reducción de residuos y la protección ambiental deben procurar que corporaciones que hayan firmado acuerdos de reducción de residuos los implementen en Puerto Rico. Además, se desarrollarán criterios locales y legislación para reducir el tamaño de los empaques en productos de venta. Se trabajará con manufactureros, suplidores, distribuidores y comercios para implementar medidas de manera escalonada y establecer proporciones razonables que contribuyan a la reducción de la generación de cartón, papel y plástico.



## Estrategias para el reúso o reciclaje del papel y cartón

### Separación en el lugar de origen.

Se establecerán metodologías claras que permitan la separación en el origen del papel (incluyendo periódicos y magazines) y el cartón a nivel residencial, industrial y comercial. Los municipios pudieran coordinar el recogido de solo papel y cartón en un periodo fijo que contribuya a mitigar el costo inicial de cambiar a un sistema de flujo único, por ejemplo, cada dos semanas. Las empresas y municipios encargados del recogido deben asegurar el manejo adecuado de los materiales para reducir el potencial de contaminación. Esto conlleva, además, que cada municipio colabore con estructuras que ayuden a informar en las comunidades, escuelas y redes sociales sobre dichas metodologías. Además, los empleados encargados de recoger los materiales reciclables deberán observar si las residencias están siguiendo las mejores prácticas para reducir la contaminación de cada lote y deberán tomar nota de aquellas que incumplan para enviar un facilitador que eduque sobre cómo mejorar.

## Empresas o iniciativas que utilicen el papel y cartón reciclado

65

Se legislará para reducir al

↓ 4 %

la tasa contributiva sobre ingresos de las empresas que se dediquen a crear productos a partir de residuos de papel y cartón recogidos localmente.

Se promoverá el establecimiento de empresas o iniciativas que utilicen el papel y cartón descartado para generar nuevos productos. El establecimiento y operación de estas empresas de reciclaje deben salvaguardar la salud y el medioambiente y evitar impactos indeseados que afecten comunidades o recursos naturales. Se legislará para crear una exención del impuesto de ventas y uso a aquellos bienes producidos a partir del reciclaje de residuos locales de papel y cartón. Además, se legislará para reducir al 4% la tasa contributiva sobre ingresos de las empresas que se dediquen a crear productos a partir de residuos de papel y cartón recogidos localmente. Al establecer estos beneficios se deben definir claramente los requisitos de creación de empleo, manejo sostenible y economía circular que serán imprescindibles para recibir y retener el beneficio. A este se le dará prioridad sobre otros incentivos, ya que su impacto puede medirse tanto en términos del bienestar económico nacional y de la calidad del medioambiente.

Para asegurar rentabilidad, la recuperación de estos materiales deberá hacerse en un centro regional. Los municipios y empresas encargados de recolectar materiales a nivel residencial, comercial e industrial estarán obligados a llevarlos a estos centros o a establecer acuerdos directos con las empresas que utilizarán el material reciclado. El gobierno estará obligado a suplir sus necesidades de aquellas empresas que vendan bienes compuestos de material reciclado en Puerto Rico, siempre que estén disponibles.

---

## Fiscalización de programas de reciclajes impuestos por ley

Se creará un portal digital donde se condense, en lenguaje sencillo, las responsabilidades de los patronos, de los edificios sujetos a la Ley de Propiedad Horizontal, de los municipios y del gobierno central respecto al manejo del papel y el cartón. Incluirá un formulario donde los ciudadanos podrán proveer información sobre aquellas entidades que incumplan con sus obligaciones. Además, mantendrá un sistema de puntuación que califique el uso efectivo de materiales por parte del gobierno y otras agencias según la mejor información disponible. Será administrada por una organización sin fines de lucro, quien también estará encargada de divulgar los resultados ampliamente cada año.

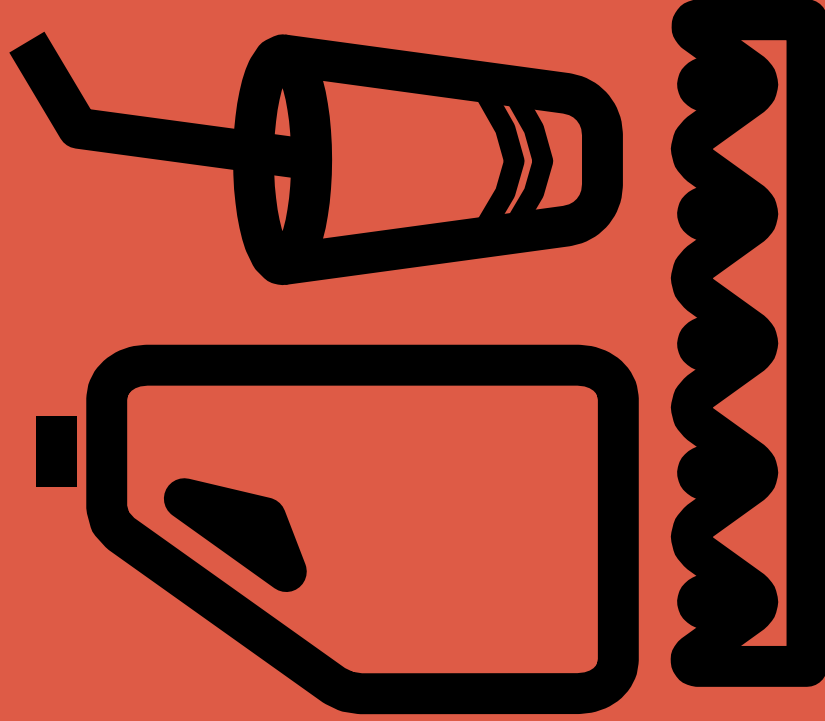
---

## Innovación y tecnología

En coordinación con la Universidad de Puerto Rico y el Fideicomiso de Ciencia y Tecnología y el Fideicomiso para la Generación Circular se promoverá la investigación y desarrollo de usos innovadores para materiales de papel y cartón.

# Plástico y Foam

IV



## Introducción

El plástico es un producto derivado del petróleo para el cual se han encontrado múltiples usos y aplicaciones en la sociedad. Su producción global ha aumentado exponencialmente debido a su versatilidad y bajo costo que, por supuesto, no evalúa los impactos que tiene a través de su ciclo de vida, desde confeccionarlos hasta desecharlos. En el 1950 la producción global del plástico fue 2 millones de toneladas métricas y en el 2017 alcanzó los 348 millones de toneladas métricas.<sup>55</sup> Desafortunadamente, la cadena de valor de este material usualmente consiste en un proceso lineal de creación, uso y descarte, lo cual tiene efectos negativos sobre el medioambiente, la flora, la fauna y la salud pública.

Los riesgos ambientales relacionados al mal manejo del plástico se manifiestan de distintas formas. Las consecuencias más dramáticas las experimenta el ecosistema marino. Se estima que la presencia de plásticos en el océano alcanza los 150 millones de toneladas métricas,<sup>56</sup> lo cual tiene resultados mortales para las especies marinas. Algunas ingieren objetos plásticos, lo cual puede deteriorar su sistema digestivo y causar la desnutrición. También, es común que peces, tortugas y aves marinas queden enredados o atrapados en productos plásticos y que mueran sofocados o como resultado de la incapacitación.<sup>57</sup> Se estima que para el 2025, habrá 1 tonelada de plásticos en el océano por cada tonelada de peces.

Aunque no lleguen al mar, los plásticos pueden tener efectos indeseables. Cuando se acumulan sobre la tierra o en sistemas de rellenos sanitarios (SRS), los aditivos dañinos que exudan durante el proceso de descomposición pueden percolar en el suelo y contaminar aguas subterráneas. Este mismo proceso pudiera resultar en la contaminación de terrenos y cuerpos de agua adyacentes como consecuencia del escurrimiento pluvial.

Además, la degradación del plástico afecta el aire, ya que genera cantidades masivas de dióxido de carbono y metano. Se estima que el reciclar 1 millón de toneladas de plásticos equivale a la eliminación de 1 millón de automóviles de las carreteras.<sup>58</sup>

En el 1950

2

millones de toneladas métricas








En el 2017

348

millones de toneladas métricas

Figura J

Tipos de plásticos y sus usos

Plásticos	Usos comunes	Propiedades	Producto reciclado
 <p>Tereftalato de polietileno <b>PETE</b></p>	<p>Botellas de refrescos, agua, aderezos, contenedores, fibras de poliéster, alfombras, aislamientos en la construcción, rellenos para almohadas.</p>	<p>Seguros para almacenar alimentos, transparente, fuerte, resistente a disolventes.</p>	<p>Rellenos para almohadas y para sacos para dormir, ropa, botellas de refrescos, alfombras, insulación.</p>
 <p>Poliétileno de alta densidad <b>HDPE</b></p>	<p>Bolsas de compra, cubos, botellas de champú, leche, jugos, botellas de detergentes, bandejas, bisagras.</p>	<p>Semiflexible o rígido, resistente a químicos y humedad, opaco, fácil de colorear y moldear.</p>	<p>Soga, juguetes, tuberías, recipientes de materiales reciclables y de residuos.</p>
 <p>Policloruro de vinilo (PVC) Polidloruro de vinilo plastificado (PVC-P) <b>V</b></p>	<p>Contenedores de cosméticos, tuberías, conductos eléctricos, manguera de jardín, suelas de zapatos.</p>	<p>El PVC es fuerte, resistente, puede ser translúcido y puede ser soldado utilizando solventes. El PVC-P es flexible y elástico.</p>	<p></p>
 <p>Poliétileno de baja densidad <b>LDPE</b></p>	<p>Film transparente, bolsas de basura, botellas de plástico exprimibles, tubería para la irrigación.</p>	<p>Suave, flexible, translúcido, se estira con facilidad.</p>	<p>Bolsas de basura, cubiertas para paletas de carga.</p>
 <p>Polipropileno <b>PP</b></p>	<p>Platos resistentes a microondas, loncheras, cinta adhesiva para empacar, muebles de patio, bolsas de papitas, sorbetos.</p>	<p>Versátil, translúcido, resiste solventes.</p>	<p>Espigas, recipientes para la basura, cubiertas para paletas de carga, fibras para ropa, contenedores de comida.</p>
 <p>Poliestireno y Poliestireno expandido (foam) <b>PS</b></p>	<p>Cubiertos plásticos, imitación de envases de cristal, juguetes frágiles de bajo costo, envases de foam.</p>	<p>Rígido, transparente cuando no está pigmentado, absorbe poca agua, inoloro y no tiene sabor.</p>	<p>Reglas, termómetros, aislantes, cubiertas para interruptores de luz.</p>
 <p>Otros <b>OTHER</b></p>	<p>Computadoras y otros electrónicos, piezas de automóviles, empaques, botellas térmicas.</p>	<p>Incluye resinas y objetos multimateriales. Sus propiedades dependen de la mezcla de plásticos que contenga.</p>	<p>Depende de la composición.</p>

Debido a su alto valor calorífico (la cantidad de energía que libera al ser incinerado),<sup>59</sup> el plástico es un material codiciado por las plantas que incineran residuos para producir energía. Sin embargo, esta actividad amenaza el manejo efectivo de los recursos naturales y la protección de la salud pública. Por un lado, las plantas de incineración requieren grandes cantidades de agua durante la operación diaria. Para tener una idea sobre la magnitud del uso, la empresa Energy Answers Arecibo le solicitó infructuosamente al gobierno de Puerto Rico permiso para extraer 2.1 millones de galones diarios de agua de la Reserva

Natural del Caño Tiburones como parte de su intento de desarrollar una incineradora en el Barrio Cambalache de Arecibo.<sup>60</sup> Por otro lado, la incineración de materiales que contienen plástico tiene el potencial de liberar gases nocivos al aire y generar residuos tóxicos. Aunque las plantas de incineración cuentan con tecnologías para controlar la emisión de gases, aun tomando las medidas de precaución adecuadas, en el 2018 la EPA reportó que las plantas de incineración estadounidenses liberaron alrededor de 11.1 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono, siendo la combustión del plástico responsable del 58% (6.4 millones de toneladas métricas).<sup>61</sup> Además, la incineración de plásticos libera dioxinas que, según la Organización Mundial de la Salud:

Son contaminantes ambientales que pertenecen a la llamada “docena sucia”: un grupo de productos químicos peligrosos que forman parte de los llamados contaminantes orgánicos persistentes (COP). Las dioxinas son preocupantes por su elevado potencial tóxico. La experimentación ha demostrado que afectan a varios órganos y sistemas. Una vez que penetran en el organismo, persisten en él durante mucho tiempo gracias a su estabilidad química y a su fijación al tejido graso, donde quedan almacenadas. Se calcula que su semivida en el organismo oscila entre 7 y 11 años. En el medio ambiente, tienden a acumularse en la cadena alimentaria.<sup>53</sup>

70 Además de la peligrosidad de la emisión de gases, la incineración de residuos plásticos resulta en cenizas con compuestos tóxicos que ponen en riesgo el medioambiente y la salud. Estas deben ser depositadas en SRS y son lo suficientemente livianas como para ser cargadas por el viento. Si eso sucede, pueden ser inhaladas por personas, o cubrir el suelo o la vegetación. La lluvia pudiera atrapar esos componentes tóxicos suspendidos y depositarlos en la tierra, lo cual abre la posibilidad de que sean absorbidos por las plantas que comemos o que lleguen a los cuerpos de agua.<sup>54</sup> Evitar estas consecuencias requiere la implementación de procesos estrictos y onerosos que a la fecha no se han logrado.

Los plásticos también pueden impactar la salud pública de distintas maneras. Los monómeros residuales que permanecen en los alimentos empacados y algunos aditivos presentes en los plásticos están relacionados con riesgos a la salud. Ciertos aditivos son potenciales carcinógenos y disruptores hormonales.<sup>55</sup> También, tirar plásticos al suelo puede obstruir los sistemas de drenaje en las ciudades, lo cual resulta en malos olores y en la propagación de mosquitos u otros vectores.<sup>56</sup> Los microplásticos, partículas plásticas que miden menos de 5 milímetros, conllevan otro tipo de riesgos, ya que pueden bioacumularse en la cadena alimenticia al ser ingeridos por peces que luego son consumidos por otros depredadores, incluyendo al ser humano. El consumo de los animales expuestos a microplásticos y aditivos del plástico es perjudicial.<sup>57</sup>

Figura K

Aditivos del plástico y sus posibles efectos sobre la salud

Aditivos Tóxicos	Usos	Efectos en la Salud Pública	Tipos de Plástico
Bisfenol A	Plastificante, Recubrimiento en latas de comida y bebida	Imita el estrógeno, Enfermedades en los ovarios	Cloruro de polivinilo (PVC), Policarbonato (PC)
Ftalato	Plastificante, Fragancias artificiales	Interfiere con la testosterona, Motilidad de los espermatozoides	Poliestireno (PS), Cloruro de polivinilo (PVC).
Contaminante compuesto orgánico persistente (COP)	Pesticidas, retardante de llamas, etc.	Posible daño neurológico y reproductivo	Todos
Dioxinas	Se forma durante bajas temperaturas de combustión del PVC	Carcinógeno, Interfiere con la testosterona	Todos
Hidrocarburo aromático policíclico (PAHs)	Se utiliza en la creación de pesticidas	Toxicidad del desarrollo y reproductiva	Todos
Bifenilos policlorados (PCBs)	Dieléctrico en equipos eléctricos	Interfiere con la hormona tiroidea	Todos
Monómeros de estireno	Producto de descomposición	Carcinógeno, Puede formar aductos de ADN	Polystyrene
Nonilfenol	Antiestático, anti-empañamiento, tensioactivo (en detergentes)	Imita el estrógeno	PVC

Debido a que el plástico es un material costo-efectivo que tiene innumerables aplicaciones prácticas, las soluciones que se propongan para su manejo deben enfocarse en sustituir el plástico en vías de lograr una economía libre de plástico mientras se rescata el plástico existente para reintroducirlo a la economía. Esto requiere políticas claras que, principalmente, responsabilicen a los manufactureros que utilizan el plástico, ya que, cuando el precio del barril de petróleo es bajo, resulta más barato producir plástico virgen que utilizar el material reciclado o alternativas ecoamigables.<sup>58</sup>

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), estima que la tasa global del reciclaje del plástico apenas alcanza el 18%.<sup>59</sup> Hay tipos de plástico que actualmente no se pueden reciclar. Por lo tanto, la reducción del uso del plástico debe ser el primer paso para crear una economía sostenible que maximice el valor de los recursos que tiene a su disposición. Los esfuerzos hacia la reducción deben priorizar los plásticos de un solo uso que son más susceptibles al mal manejo. Esto se puede alcanzar mediante la implementación de políticas públicas efectivas, incentivos para proyectos y empresas que procesen el plástico reciclable o que manufacturen productos para sustituir el plástico y el desarrollo de métodos innovadores dirigidos a cambiar los patrones de consumo.

## Objetivos para el plástico

Los objetivos definidos en esta sección reflejan la urgencia de reducir la presencia de los plásticos en el flujo de residuos. A consecuencia de la disminución de los costos del plástico, la ampliación de sus aplicaciones prácticas, la retirada de China como comprador de recursos (discutido previamente), el Huracán María y la pandemia del COVID-19, creemos que la cantidad descartada de este material es considerablemente superior a los estimados en esta propuesta.<sup>xxvii</sup> Ya que su presencia abrumadora implica serios riesgos para la salud, cambios sustanciales en la capacidad de los vertederos y consecuencias ambientales indeseables, debemos aspirar a lograr reducciones que correspondan a la magnitud de estos impactos.

### Objetivos para plásticos

1

Desviar el 50% de los plásticos que llega a los vertederos en Puerto Rico para el 2028.

2

Lograr la creación de 3,400 empleos nuevos relacionados al manejo efectivo de residuos plásticos para el 2028.

3

Lograr que entre el 2023 y el 2028 se creen 7 empresas nuevas que contribuyan al desvío y/o al procesamiento local del plástico.

72

## Estrategias dirigidas a reducir los residuos plásticos

### Reducción de plásticos de un solo uso

Los bienes bajo esta categoría son aquellos que se producen con la intención de que sean utilizados una vez y luego descartados. Algunos de estos no son reciclables y, al depositarlos junto con los plásticos que sí lo son, contaminan los cargamentos. Esto encarece el proceso de reciclaje. La mayoría tampoco son compostables y se desaconseja su reutilización, ya que el uso repetido puede provocar la liberación de químicos dañinos. Como consecuencia, 60 países han prohibido los plásticos de un solo uso, incluyendo varias ciudades en los Estados Unidos, Kenya, Rwanda, Zimbabwe (prohibición al styrofoam), Francia, Taiwan y Corea del Sur.<sup>60</sup>

Aquí se incluyen empaques, sorbetos, cubiertos, platos, botellas de agua, entre muchos otros. Debido a su uso generalizado, es imperativo diseñar un plan multifacético dirigido a reducir el ofrecimiento de los plásticos de un solo uso. Para lograrlo, se requiere la colaboración de los proveedores de bienes de consumo, de los consumidores y del gobierno central.



Aunque en el periodo de implementación de este plan se propone el desvío de 50% de los plásticos, en el transcurso se debe iniciar una discusión amplia y diseñar estrategias conducentes a que dentro de los próximos 15 a 20 años podamos eliminar el uso del plástico, particularmente aquel que es producto de materia prima virgen. Esto requerirá el desarrollo de tecnología e innovación social y coordinación con diversos sectores comerciales e industriales que permitan sustituir usos actuales del plástico con otros materiales sustentables o tomando otras medidas. Este proceso puede iniciarse mediante acuerdos y acciones voluntarias que darán paso a prohibiciones legales y penalidades.

### Acciones dirigidas a reducir los plásticos más dañinos:

1. Redactar y promover un convenio entre restaurantes que ofrezcan comida para llevar, a fin de reducir el uso de cubiertos, platos, sorbetos, vasos y tasas plásticas, así como de los contenedores plásticos y aquellos compuestos de poliestireno expandido (foam).
2. Lograr que los firmantes se comprometan a no ofrecer plásticos de un solo uso en los empaques para llevar y que solo los entreguen si el cliente los solicita.
3. Reemplazar todos los plásticos de un solo uso por compostables o materiales orgánicos.
4. Los materiales que reemplacen los plásticos de un solo uso deberán ser compostables, de forma similar a la madera, o en el caso de los bioplásticos, contar con una certificación a estos efectos, como aquella ofrecida por el *Biodegradable Products Institute*.
5. Se deberá desarrollar y publicar una guía donde se describa el proceso apropiado para compostar bioplásticos.
6. Que promuevan que sus clientes lleven utensilios y vasos reusables.
7. Educar a la ciudadanía sobre la importancia de eliminar el uso del plástico por sus efectos dañinos e informarles sobre acciones que pueden tomar para contribuir a ese objetivo, como lo sería no solicitar plásticos de un solo uso en restaurantes.

73

### Rediseño de modelo de compra:

Esto debe resultar en una reducción de los empaques de productos envasados. Se logra mediante cambios en la forma de ofrecer productos de consumo.

#### 1. Acciones en restaurantes:

A

Reemplazo de los empaques individuales de aderezos y condimentos por dispensadores. Podrán ofrecer envases compostables a clientes

B

Eliminar todo utensilio plástico de un solo uso en establecimientos comerciales. En el 2019, la Cámara de Representantes aprobó el P. de la C. 1951 a estos efectos, pero nunca llegó al pleno del Senado.

2. Implementación de servicios que promuevan la reutilización de envases. Por ejemplo, la distribución de estaciones a través de tiendas minoristas y mayoristas para rellenar productos líquidos, como jabones, acondicionadores y detergentes.
3. Reducción de empaques mediante la venta de productos a granel en supermercados y colmados. Bajo este modelo, comestibles como arroces, legumbres y nueces serían ofrecidos en dispensadores. Frutas y vegetales se venderían en unidades.
4. Prohibir la venta al detal de productos compuestos por foam.
5. Desarrollo de una guía por el Departamento de Salud y DACO sobre los procedimientos y estándares que les permitirían a los establecimientos de comida rápida, restaurantes y supermercados aceptar recipientes reusables o envolturas ofrecidos por clientes para empacar sobrantes de comida, bebidas y alimentos a granel (incluyendo carnes rojas crudas). Incorporar una campaña educativa masiva para que la ciudadanía conozca por qué se persigue este cambio, su propósito y como adoptar el uso de recipientes reusable de manera segura.

## Prohibición de microplásticos añadidos

74 Los microplásticos son un problema singular para el ecosistema marino. Algunos surgen como resultado de la descomposición del plástico y otros pueden provenir de bienes que usamos diariamente, como empaques, productos de belleza y textiles.<sup>61</sup> Estos llegan a los cuerpos de agua a través de los sistemas de recolección de aguas residuales.<sup>62</sup> Aunque las plantas de tratamiento pueden filtrar los microplásticos, no todas cuentan con los procesos y las tecnologías necesarias para lograrlo. Por otro lado, aquellas que pueden hacerlo generan lodos contaminados con estas partículas, lo cual impide que se aproveche ese recurso para la producción de biosólidos.<sup>63</sup> Debido a sus efectos perjudiciales sobre los cuerpos de agua, el gobierno federal de los Estados Unidos prohibió que se añadieran los microbeads, o microperlas plásticas en ciertos productos de cuidado personal mediante la Ley de Aguas Libres de Microplásticos de 2015.<sup>64</sup> Sin embargo, debido a los riesgos que conllevan, Puerto Rico debe aprobar legislación local que prohíba los productos que contengan microplásticos añadidos intencionalmente, en caso de que surgieran cambios en la ley federal que flexibilicen las restricciones.

## Prohibición de foam (poliestireno expandido)

El foam o poliestireno expandido es un material plástico celular y rígido, con múltiples usos actualmente por ser liviano, resistente y aislante térmico. Algunas de sus aplicaciones incluyen empaques para transporte y para la entrega de comida y bebida en restaurantes. No obstante, en la última década ha crecido la tendencia mundial para prohibir el uso de este material por su impacto a la salud y al medioambiente. Diversos estudios han demostrado que la producción del poliestireno libera sustancias químicas perjudiciales a

la atmósfera y aumenta los gases de efecto invernadero. De igual forma es un material persistente que tarda años en descomponerse y es muy difícil de reciclar porque su polimeración no es reversible. En Puerto Rico han surgido varios intentos legislativos, hasta el momento infructuosos, para prohibir el uso del foam. Debido a que ya existen en el mercado sustitutos para el foam para la mayoría, si no todas de sus aplicaciones, se debe procurar su prohibición.

## Estrategias dirigidas a reusar o reciclar el plástico

### Desarrollo de productos para reemplazar el plástico o reciclar

Implementar las medidas identificadas previamente, facilitaría la creación de las siguientes oportunidades económicas para Puerto Rico:

1



Promover el cultivo del bambú y del cáñamo para generar la materia prima necesaria para crear productos que sustituyan el plástico.

2



Producir bioplásticos compostables localmente. La biomasa necesaria para su producción debería aprovechar los subproductos agrícolas, las astillas de madera, el serrín o los alimentos descartados.

3



Priorizar la inversión económica en la investigación y desarrollo de tecnologías y bienes que contribuyan a reciclar, reutilizar o sustituir el plástico. El reciclaje y manufactura de nuevos productos debe enfatizar en el desarrollo de materiales resistentes y de larga vida como elementos de construcción, mobiliario, etc.

75

El Departamento de Desarrollo Económico y Comercio proveerá fondos para incentivar a empresas emergentes que contribuyan al reciclaje del plástico mediante procesos o tecnologías innovadores. Los fondos serán otorgados mediante programas para la aceleración de empresas emergentes.

---

## Educación sobre la reducción y el reciclaje del plástico

El gobierno central favorecerá con una subvención a aquellas organizaciones que realizan campañas dirigidas a educar sobre el uso de los plásticos. Estas deben incluir información respecto a sus efectos nocivos sobre el ambiente y la salud pública. Además, deben educar sobre como sustituir el uso del plástico con otros materiales duraderos, así como la forma apropiada de reciclar los plásticos y cómo eso beneficia a la economía local. Por otro lado, durante la formación educativa secundaria, el DE incluirá en los currículos escolares información acerca de los impactos del plástico sobre el ambiente y la salud.

---

## Producción de materia prima

Del plástico #1 y #2 se pueden manufacturar productos de alto valor, como prendas de vestir, filamento para las impresoras 3D, maderas compuestas o sintéticas, muebles para patios y equipo para parques de niños. Se debe procurar que Puerto Rico cuente con la maquinaria y los proyectos comerciales requeridos para producir la materia prima necesaria en la manufactura, como hilo de PET y pellets de plástico. Para introducirlos a la industria local, se debe recoger y organizar la información que permitirá viabilizar la adquisición de maquinarias y la creación de las empresas que se encargarán de procesar los plásticos. Además, pudiera ser efectivo crear vínculos con entidades en los Estados Unidos que faciliten el adiestramiento del personal local y que compren los materiales producidos en la isla.

76

---

## Transparencia en la utilización del plástico

La contabilización del plástico que se consume en el país es un paso importante hacia tener un panorama más claro de la extensión de su presencia y de la efectividad de las soluciones implementadas. Contar con datos sobre cuánto plástico se deposita en los vertederos es importante, pero insuficiente. También necesitamos que se haga pública la huella de plástico de las empresas que manufacturan, distribuyen o importan productos de consumo. La transparencia en este frente informará a los consumidores sobre el compromiso de las empresas con la calidad de vida en Puerto Rico y permitirá que el gobierno y las organizaciones no gubernamentales identifiquen oportunidades para el cambio y tomen decisiones basadas en evidencia.

1

Será necesario recoger y publicar los datos sobre la importación de productos que contienen plásticos, incluyendo los nombres de las entidades que los reciben. El gobierno central pudiera aportar a este esfuerzo mediante la colaboración entre la Autoridad de Puertos y el Departamento de Hacienda.

2

La participación del gobierno, la ciudadanía, las organizaciones no gubernamentales y las empresas privadas permitirá que se obtenga un panorama completo sobre los esfuerzos que lleva a cabo cada empresa para reducir su huella de plástico en Puerto Rico. La creación de pactos con las empresas han demostrado ser mecanismos flexibles que promueven las relaciones colaborativas para lograr un fin común.<sup>65</sup>

---

xxvii Cabe recordar que los estimados en esta propuesta parten del Estudio de Caracterización del 2003.

# Vidrio

V



## Introducción

El vidrio es un material versátil que se puede producir utilizando arena, carbonato de sodio o piedra caliza. Hoy, mayormente se usa para envasar productos como cervezas, licores, vinos, y otros comestibles, además de perfumes y cosméticos. Los objetos de vidrio más antiguos que se han encontrado datan entre el año 3,000 y 2,000 a. e. c. Al inicio, su atractivo principal dependía de su capacidad para imitar piedras semipreciosas, lo cual requería el uso de arenas con pocas impurezas. Debido a que encontrar este tipo de arenas en la naturaleza no era fácil, los talleres dedicados a transformar piezas de vidrio existentes se convirtieron en una parte integral del comercio de este material. Por esta razón, el reciclaje del vidrio fue una actividad popular a través de toda la historia hasta mediados del siglo 20, cuando el plástico comenzó a reemplazarlo en la producción de algunos bienes.<sup>61</sup>

A diferencia de otros materiales, el vidrio es 100% reciclable y tiene un ciclo de vida ilimitado, ya que puede ser fundido y reciclado sin perder su calidad.<sup>62</sup> El uso del calcín -el vidrio triturado y purificado- en la manufactura beneficia al ambiente, a los consumidores y a la economía. En primer lugar, el reciclaje de este material ahorra una cantidad significativa de energía. Por ejemplo, el ahorro que se logra con tan solo reciclar 5 botellas de vidrio pudiera mantener prendido una lámpara fluorescente compacta durante 35 horas. Además, al compararlo con la producción de vidrio virgen, reduce la contaminación del aire en un 20% y del agua en un 50%. Por cada 10% de calcín que se introduce a la manufactura de vidrio, se reducen las emisiones de dióxido de carbono en un 5%.<sup>67</sup> El reciclaje del vidrio también ahorra espacio en los vertederos, lo cual contribuye a mitigar los impactos que estos tienen sobre el ambiente, la salud y a la sociedad, considerando que el vidrio se tarda 1,000,000 en descomponerse.<sup>68</sup> Reciclar el vidrio no es la única forma de utilizarlo en el sector secundario de la economía. Las botellas también pueden ser limpiadas y reusadas.

Globalmente, el aumento en el uso del vidrio y la concienciación sobre los impactos del plástico están correlacionados positivamente. Se estima que, entre el 2019 y el 2026, la tasa de crecimiento anual compuesto para el mercado del vidrio aumentará 7.7% y que alcanzará un valor de 4,760 millones de dólares.<sup>69</sup> Esto incluye los segmentos del vidrio molido, programas de retorno a los puntos de venta, servicios de recogido y vidrio en polvo.

En los Estados Unidos se usa menos vidrio reciclado (33%) que varios países europeos (90%).<sup>70</sup> La discrepancia no está relacionada a la falta de conocimiento técnico o a desventajas tecnológicas.

El vidrio es

100%  
reciclable

Reciclar vidrio reduce  
la contaminación del  
aire en un

↓ 20%

Reciclar vidrio reduce  
la contaminación del  
agua en un

↓ 50%

\*comparado con la  
producción de vidrio virgen

cas. Se ha observado que las tasas de reciclaje reaccionan a diferencias en políticas públicas, educación ciudadana y hábitos. Uno de los factores más importantes es que la mayoría de las municipalidades en los Estados Unidos utilizan un recogido de flujo único,<sup>71</sup> lo cual encarece los costos ya que conlleva procesos posteriores de separación y purificación del vidrio. Implementar programas de reciclaje de flujo múltiple permite que el vidrio llegue directamente a las procesadoras de calcín. Otra variable importante es la distancia: los costos de transporte encarecen los productos reciclados. Jurisdicciones más pequeñas pueden apalancar su tamaño para aumentar la rentabilidad del reciclaje.

En Puerto Rico, actualmente existen algunas plantas que procesan el vidrio, y lo integran como aditivo en la producción de bloques de hormigón. De igual forma algunas empresas ofrecen servicios para el recogido de vidrio. Sin embargo, ningún municipio ofrece servicios de recogido de este material, lo cual significa, que la mayoría se descarta. Se estima que, en promedio, alrededor del 2.4% de todos los residuos que terminan en los vertederos es vidrio.<sup>72</sup> Si ajustamos los resultados del Estudio de Caracterización de la Basura del 2003 a la población actual de Puerto Rico, esto equivale a 72,555 toneladas de vidrio al año.

Las estrategias detalladas en esta sección están dirigidas hacia lograr que los municipios contribuyan con el recogido del vidrio de manera que favorezca la maximización de su uso, a que aumente la cantidad que es procesado y reciclado, y a que sea reutilizado en la medida de lo posible. Esto se puede lograr mediante la aprobación de leyes que promuevan el reciclaje y la reutilización, incentivos a los ciudadanos para que descarten el vidrio de forma adecuada o que lo reutilicen y la implementación de esfuerzos educativos.

### Objetivos para el vidrio

1

Alcanzar el reúso o el reciclaje del 50% del vidrio que es generado anualmente para el 2028.

2

Crear 300 empleos nuevos relacionados al manejo efectivo de residuos de vidrio para el 2028.



# Estrategias dirigidas a reducir los residuos de vidrio

## Educación sobre el reciclaje del vidrio

El gobierno central y los comercios deben realizar esfuerzos para educar a la población general sobre:

1

Formas de evitar el uso del vidrio de un solo uso en hogares y comercios a fin de promover, en primer lugar, la reducción. Por ejemplo, una forma de reducir la generación de botellas en los bares sería vender cervezas de barril.

2

Tácticas para reutilizar los envases de vidrio en el hogar y en comercios.

3

Cómo disponer adecuadamente del vidrio. Informarán sobre dónde se pueden depositar y las condiciones que provocan su contaminación y las consecuencias de ello.

4

Los beneficios personales, comunitarios y sociales que conlleva el reciclaje y la reutilización del vidrio.

Las campañas educativas conllevan la introducción de estos temas en currículos escolares durante la formación secundaria y la publicidad en supermercados, comercios de venta al por mayor, bares y restaurantes. Los gobiernos municipales brindarán su apoyo para garantizar que la información llegue a todas las comunidades.

## Legislación para embotelladores

Se legislará para que las plantas embotelladoras aumenten el reúso de las botellas de vidrio de forma escalonada. Para el 2028, cada planta deberá lograr que el 30% de sus botellas sean reutilizadas anualmente. Lograr que el 30% del envasado en vidrio se haga con botellas reutilizadas será un requisito para la expedición de un Permiso de Uso para cualquier operación que realice ese tipo de actividad. El incumplimiento con ese requisito conllevará multas y penalidades.

Para el 2028

30%

de sus botellas sean reutilizadas anualmente.

---

## Reembolsos por botellas reusables

Se crearán programas donde la ciudadanía podrá depositar botellas de vidrio limpias y sin etiquetas. Los centros de depósito serán supermercados y comercios de venta al por mayor. Cada centro facilitará que las botellas sean divididas por color. La entrega de cada botella en un programa de depósito conllevará un reembolso que será equivalente a su tamaño. En otras jurisdicciones, los reembolsos comienzan desde los 5 centavos por botellas con una capacidad menor de un litro hasta los 40 centavos por botellas de un litro o más. Cada establecimiento que cuente con un programa de depósito de botellas proveerá un mecanismo que le permita a cada depositante obtener su reembolso al momento.

## Estrategias dirigidas a reciclar los residuos de vidrio

---

### Incentivar el uso del vidrio en la construcción

82

Se debe promover el procesamiento del del vidrio para producir arena, materia prima para la manufactura local de ladrillos y aditivos para el concreto (limecrete). Esto conlleva la aprobación de legislación que le provea al consumidor un incentivo o alivio contributivo en la compra de este tipo de productos. Esta medida incluirá campañas que promuevan los beneficios relacionados a su uso. Además, se promoverá la colaboración con instituciones que ofrezcan educación postgraduada en ingeniería industrial para divulgar y generar investigaciones que adelanten las eficiencias en la manufactura de estos bienes para lograr reducir sus costos de producción. Con esto, se aspira a la creación de un mercado estable donde se puedan retirar progresivamente los alivios contributivos.

---

## Plantas Recicladoras de Vidrio

Al presente, Puerto Rico no cuenta con una planta dedicada al procesamiento del vidrio para que sea reciclado. Por esta razón, será necesario que el Departamento de Desarrollo Económico y Comercio, junto con el Departamento de Recursos Naturales y el Fideicomiso de Ciencias y Tecnología y en coordinación con el Fideicomiso para la Generación Circular, creen un programa conjunto para atraer la inversión y la tecnología que se necesita para establecer un centro dedicado a este fin.

# Metales

VI



## Introducción

Para propósitos del manejo de residuos, los metales se dividen en dos categorías. La primera corresponde a los metales ferrosos. Esta incluye aquellos materiales y equipos que contienen hierro, como lavadoras, secadoras, estufas, neveras, automóviles y latas de acero. En la segunda se encuentran los metales no ferrosos como el aluminio, cobre, níquel, estaño (hojalata o latón), titanio y zinc.<sup>74</sup>

Mientras los metales se mantengan libres de contaminantes y de moho, pueden ser reutilizados y reciclados indefinidamente.<sup>75</sup> Debido a su maleabilidad, resistencia e impermeabilidad, con los ajustes necesarios, los objetos metálicos se pueden reutilizar como envases para almacenar bienes, decoraciones, piezas artísticas o artesanales, entre otros. Con el cuidado adecuado, cualquier metal puede alcanzar una larga vida. Cuando estos materiales son reciclados, se reintroducen a la economía como objetos nuevos, ya sean de la misma especie (como transformar una lata de refresco usada en una nueva) o no. Globalmente, los artículos más descartados que contienen metal fueron los autos, los equipos electrónicos y los empaques de un solo uso.<sup>77</sup>

El reciclaje de metales descartados se puede ver, por un lado, como un proceso y, por otro, como el motor para una economía global poderosa. El reciclaje conlleva extraer los metales que se encuentran en bienes descartados -como las partes de aluminio en una estufa, el cobre en un cable o los componentes de acero en un auto- para que puedan ser reintroducidos como materia prima en la producción de objetos nuevos. Esto conlleva distintas etapas. Primero, se lleva a cabo la parte de recolección. Esta se puede hacer a pequeña escala, como la que realizan las personas que recogen metales descartados para venderlos a depósitos de chatarra o plantas de recuperación. Es una particularidad del metal que, debido a su densidad y precio, su recogido puede ser una fuente de ingresos para individuos y comunidades.<sup>78</sup> Se realiza a gran escala cuando se transportan toneladas del material, como lo hacen los municipios mediante el recogido de residuos. Estos luego son clasificados, embalados, molidos, purificados y derretidos. Este proceso se puede realizar repetidamente sin que la calidad de los metales degrade.<sup>79</sup>

84

En términos ambientales, reciclar metales ahorra recursos naturales y contribuye a reducir la huella de carbono. Por ejemplo, el aluminio reciclado requiere 95% menos energía que su producción virgen, mientras que el cobre reciclado utiliza 90% menos y el acero 56%. Además, el reciclaje de una tonelada de acero evita el uso de 2,200 libras de hierro, 1,200 libras de carbón y 100 libras de piedra caliza.<sup>80</sup> Por otro lado, el reciclaje prescinde de la minería, cuyos impactos negativos incluyen la deforestación, la erosión, la contaminación y alteración del perfil de los suelos y la contaminación de las aguas.<sup>81</sup>



\*comparado con la producción de material virgen

A parte de los beneficios ambientales, los beneficios económicos que provee el reciclaje del metal son sustanciales. Se proyecta que, para el 2020, el mercado global de reciclaje para la chatarra ferrosa y no ferrosa alcanzará las 895.8 millones toneladas métricas y que crecerá hasta 1,000 millones de toneladas para el 2027.<sup>82</sup> En términos monetarios, el tamaño del mercado de reciclaje de metales fue 49.47 mil millones en el 2019 y se estima que alcanzará los 76.16 mil millones para el 2025.<sup>83</sup>

Representan  
sobre el

10.5%

del total de  
los desperdicios en P.R.

En Puerto Rico, se estima que alrededor del 10.5% del peso total de los residuos que terminan en los vertederos es metal.<sup>84</sup> Considerando la población actual, podemos estimar que alrededor de 317,429 toneladas de metal terminarán en nuestros vertederos en el año 2020. Cerca del 1% de esos son metales no ferrosos. Aunque existen en la isla plantas de recuperación y procesamiento para metales, aún queda mucho trabajo por hacer para aumentar la tasa de desvío en Puerto Rico para este material. Para lograrlo, la mejor evidencia indica que los factores que debemos mejorar son: promover la reparación de equipos que contienen metal (utensilios de cocina, herramientas, enseres, etc.), mejorar los mecanismos de recuperación e incentivar la adquisición de tecnologías que hagan más eficiente el proceso de purificación y procesamiento de metales recuperados.<sup>85</sup>

85

### Objetivos para metales

1

Reducir en un 40% los metales ferrosos que se depositan en los vertederos y SRS para el 2028.

2

Reducir en un 60% los metales no ferrosos que se depositan en los vertederos y SRS para el 2028.

3

Crear 800 empleos relacionados al manejo efectivo de residuos de metales ferrosos y no ferrosos para el 2028.

## Estrategias dirigidas a reducir los residuos de metal

### Educación sobre el reciclaje del metal

Las campañas educativas en escuelas y a la ciudadanía en general deben atender ciertos aspectos sobre la reducción, reúso y reciclaje que son específicos a los metales. Estos incluyen:

1

Los beneficios económicos de ampliar el mercado del reciclaje en Puerto Rico y educar sobre el valor del metal en los mercados internacionales.

2

Promoción a las plantas de recuperación y separación que recogen metales, detalles sobre cómo se entregan los metales y estimados de las recompensas que pudieran esperar según el peso. Se deberá informar sobre los requisitos de acreditación y licencia requeridos por ley para la venta de metales y las penalidades por hurtar los mismos.

3

Talleres presenciales y segmentos educativos audiovisuales sobre cómo extraer los metales de objetos de uso común para facilitar su recuperación (por ejemplo, de colchones con resortes, somieres o box springs y cables).

4

Promover estrategias para reusar metales en el hogar y protegerlos contra el moho.

4

Publicidad a organizaciones y actividades donde las personas puedan donar recursos que desean descartar o adquirir materiales usados.

## Prohibición al depósito de metales en SRS

Prohibir el depósito de materiales específicos en los SRS ha demostrado ser un mecanismo efectivo para fortalecer el uso de otras estrategias de manejo.<sup>86</sup> Debido al valor y a la capacidad de reciclaje/reúso del metal, la economía local se beneficiaría de que se impidiera el desperdicio de este recurso. Por lo tanto, mientras exista acceso a servicios que faciliten el depósito de metales, el gobierno de Puerto Rico evaluará la prohibición del depósito de estos recursos en sistemas de relleno sanitarios.

## Estrategias dirigidas a reusar o reciclar los residuos de metal

### Coordinación entre programas de reciclaje municipales y comunidades

Los programas municipales de reciclaje ofrecerán talleres comunitarios sobre cómo organizarse para recolectar y vender metales. Será crucial que las comunidades exploren sus fortalezas y limitaciones con el fin de canalizar de forma efectiva peticiones para recursos, materiales, equipos y conocimientos técnicos a través del municipio. La implementación efectiva de una estrategia como esta podrá resultar en beneficios económicos para individuos y comunidades a la vez que el municipio reduce costos relacionados al recogido de metales.

---

## Centros de reúso

El gobierno central colaborará con las empresas dedicadas a la venta de productos al detal para identificar las estrategias que facilitarán la creación de espacios donde los consumidores puedan depositar temporalmente bienes compuestos de metal para hacerlos accesibles a personas que deseen reusarlos o repararlos.

---

## Estudio de viabilidad

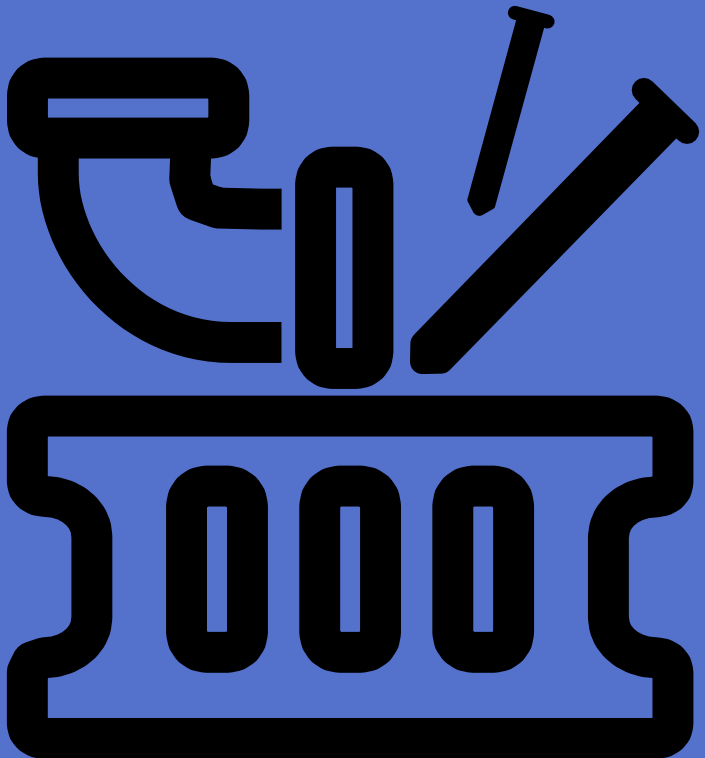
Puerto Rico necesita realizar un estudio de viabilidad económica para la operación de un centro dedicado al reciclaje de metales ferrosos y no ferrosos. Debido a que esto conlleva procesos que requieren mucha energía, se deben investigar cuáles métodos son los más rentables para lograr cerrar el ciclo. La manufactura local de materiales compuestos de metales (por ejemplo, vigas de acero), contribuiría a reducir los costos de construcción en la isla. Este estudio puede ser liderado por el Fideicomiso de Ciencia y Tecnología en consulta con la Universidad de Puerto Rico.

---

## Equipos electrónicos y residuos de construcción

Los equipos electrónicos descartados y los residuos de construcción contienen una cantidad sustancial de metales que pueden ser recuperados. En adelante, se incluyen secciones donde se discute cada grupo y cuyas estrategias resultarán en un mayor desvío de metales ferrosos y no ferrosos.

# Residuos de construcción y demolición





## Introducción

Representan  
sobre el

16 %

del total de  
los desperdicios en P.R.

Exceden las

483,700

toneladas anuales

Esta categoría de materiales comprende los excedentes de las construcciones y renovaciones, al igual que los materiales susceptibles de ser reutilizados que resulten de las demoliciones de estructuras. Estas actividades generan residuos diversos. Al finalizar una construcción, en ocasiones se descartan sobrantes de materiales en buen estado, como sacos de cemento, gypsum, arena, grava, pintura o varillas. Por otro lado, la demolición produce residuos de hormigón, chatarra, madera, plásticos, vidrio y goma.<sup>87</sup> El manejo de estos residuos es el reto más complejo para las economías sostenibles a través del mundo.<sup>88</sup> En Europa, se estima que estos exceden las 800 millones de toneladas anuales.<sup>89</sup> En los Estados Unidos, alcanzaron los 569 millones de toneladas en el 2017, más del doble de los residuos municipales.<sup>90</sup> En Puerto Rico, se estima que alcanzan el 16% de todos los residuos. Ajustados a la población actual, excederían las 483,700 toneladas anuales.

Los excedentes de construcción requieren un trato distinto al de los residuos de demolición. En la primera categoría, el reto gira en torno a cómo rescatar los excedentes de materiales en buen estado y superar las barreras que dificultan su comercialización. Por otro, la demolición genera residuos cuyos costos de recuperación, separación y procesamiento pueden desincentivar su desvío.<sup>91</sup> Aprovechar ambos efectivamente requiere que se tome en consideración las diferencias en cuanto a la calidad y el estado de los materiales, las partes involucradas en su generación y manejo, las relaciones comerciales (o con potencial comercial) creadas a través de cada actividad y lo que conlleva su procesamiento.

Los impactos que estos residuos tienen sobre el ambiente y la salud son significativos. Contribuyen de forma sustancial al crecimiento de los sistemas de relleno sanitario<sup>92</sup> y los vertederos clandestinos.<sup>93</sup> Esto agrava la producción de gases de invernadero y presenta riesgos serios respecto a la contaminación de los suelos y las aguas subterráneas como resultado del depósito de químicos y metales pesados, como los que contiene la pintura. También amenaza la salud al promover la propagación de vectores como mosquitos y ratas. La actividad de demolición produce polvos fugitivos que contaminan el aire y ponen en riesgo la salud de quienes se encuentren en un radio que puede extenderse por más de 1 milla.<sup>94</sup> Además, la construcción promueve la continuación de las actividades mineras, las cuales repercuten sobre los ecosistemas. Cabe mencionar que la minería cuenta con trabajadores, expertos y maquinaria que puede ser ajustada para servir a la economía circular.

Los residuos de C&D tienen un alto potencial para ser reciclados y reutilizados. Las estrategias que se definen en esta categoría procuran darle prioridad a incentivar la compra y el uso de excedentes de construcción, al desarrollo de servicios que faciliten la reutilización de los residuos de demolición y a la creación de relaciones que promuevan el crecimiento de mercados para estos.

## Objetivos para los residuos de construcción y demolición

1

Reducir en un 50% la cantidad de residuos de construcción y demolición que llega a los vertederos y SRS de Puerto Rico para el 2028.

2

Lograr la creación de 3 empresas nuevas relacionadas a la deconstrucción, venta o reúso de residuos de C&D para el 2028.

3

Lograr la creación de 100 empleos nuevos relacionados al manejo efectivo de residuos de C&D para el 2028.

## Estrategias dirigidas a reducir los residuos de construcción y demolición

### Educación

90 Edificar con materiales reutilizados o con los excedentes de otro proyecto pudieran parecer prácticas inseguras para ciertas personas. Sin embargo, muchos materiales y herramientas de construcción, bajo las circunstancias adecuadas, tienen una larga vida<sup>95</sup> y algunos pueden ser reutilizados numerosas veces sin sacrificar la calidad del resultado final.<sup>96</sup> Esto pone de relieve la importancia de informar sobre la maximización de los materiales de construcción disponibles en Puerto Rico. Se contemplará la colaboración del Colegio de Arquitectos y Arquitectos Paisajistas, el Colegio de Ingenieros y Agrimensores, la Asociación de Contratistas Generales, universidades y otras organizaciones de interés. En este contexto, pudiera resultar efectivo:

1. Integrar como objetivo en los programas universitarios dedicados a la ingeniería y la arquitectura que los estudiantes realicen proyectos donde deban contemplar la reutilización de materiales.
2. La Universidad de Puerto Rico en conjunto con organizaciones profesionales, desarrollará y ofrecerá adiestramientos respecto a las técnicas de deconstrucción.
3. Educar a la ciudadanía en general sobre lo que es un excedente de construcción y respecto a las ventajas y la seguridad de la reutilización de materiales.
4. Informar sobre los beneficios de construir teniendo en cuenta la deconstrucción, los impactos al ambiente de los residuos de C&D y los beneficios económicos que se pudieran lograr si se maximizan estos recursos.
5. El Departamento de la Vivienda, en colaboración con la Universidad de Puerto Rico y con organizaciones profesionales con conocimiento en la construcción, promoverán el desarrollo de un edificio construido totalmente con excedentes o residuos de C&D. Este contribuirá a demostrar la seguridad y la alta calidad de este tipo de construcciones y ayudará a conocer más sobre la infraestructura y los conocimientos técnicos que son necesarios para continuar promoviendo esta práctica.

# Estrategias dirigidas a reusar o reciclar los residuos de construcción y demolición

## Incentivar la deconstrucción para el reúso

Este proceso consiste en dismantelar cuidadosamente los edificios para maximizar la recuperación de recursos o en remover herrajes, instalaciones y accesorios reutilizables previo a la demolición. Esta estrategia conlleva la colaboración con todas las organizaciones de interés para explorar las barreras que dificultan la deconstrucción y cómo superarlas de forma que se alcance un balance entre los intereses públicos y los privados. Se puede lograr mediante la integración de varias estrategias:

1. Colaborar con diversas organizaciones para diseñar una política de deconstrucción. En esta, se deberán identificar los diseños óptimos para la deconstrucción en Puerto Rico. Deberá considerar cuáles son los tipos de construcción económicamente viables en Puerto Rico según su clasificación (p.ej. comercial, residencial) y tomando en cuenta el perfil financiero del propietario promedio. Todas las sugerencias deben tomar en cuenta los riesgos potenciales de la zona geográfica.
2. Eximir de impuestos sobre ventas y uso la compra de materiales excedentes de construcción y de aquellos que estén certificados como provenientes de edificios deconstruidos. Esta exención parte del supuesto de que estos materiales ya estuvieron sujetos a impuestos al momento de la primera compra.
3. Los comercios de venta al detal de materiales de construcción podrán contribuir al reúso de residuos mediante programas de depósito y de venta de materiales de segunda mano o provenientes de procesos de deconstrucción.
4. Eximir de impuestos los servicios de deconstrucción de edificios. Además, el Departamento del Trabajo creará un programa en el cual aportará al pago de los salarios de aquellos empleados y empleadas que trabajen en la deconstrucción de un edificio.
5. Otorgar exenciones contributivas por la actividad de donar materiales reutilizables a organizaciones sin fines de lucro.
6. Incluir en el Código de Construcción de Puerto Rico requisitos que promuevan la deconstrucción, luego de un análisis exhaustivo en colaboración con entidades y organizaciones con conocimiento e interés en las actividades de construcción.
7. Tomando en cuenta las recomendaciones de entidades y organizaciones con conocimiento e interés en las actividades de construcción, enmendar las leyes aplicables para lograr que todo proyecto que utilice financiamiento público para su desarrollo esté obligado a construir de manera que facilite la deconstrucción y la utilización de materiales sobrantes o recuperados.
8. Al momento de elegir propuestas de diseño y construcción para proyectos públicos, el Gobierno de Puerto Rico seleccionará aquellos que tomen en cuenta la facilidad con la cual se podrá deconstruir el edificio.
9. Explorar, junto a los fabricantes de materiales de construcción, vendedores y revendedores de excedentes, cómo se pudiera asegurar que los compradores de excedentes puedan disfrutar de cualquier garantía vigente sobre un producto revendido.

---

## Recuperar residuos de demolición

Al compararlo con la construcción, la demolición produce una mayor cantidad de materiales que deben procesarse antes de ser reutilizados, como los escombros de hormigón y la chatarra.<sup>97</sup> Por ejemplo, el hormigón puede ser procesado para utilizarse como subbase en la construcción de carreteras. Sin embargo, en Puerto Rico escasean los servicios que permitan identificar la calidad de los residuos de hormigón y que los procesen para adecuarlos a los diversos usos que pudieran tener. Por lo tanto, el gobierno central debe trabajar junto a corporaciones dedicadas a la producción de materiales de construcción (p.ej. canteras y concreteras), a organizaciones de interés y al Fideicomiso para la Generación Circular para lograr los siguientes objetivos:

1

Definir los métodos requeridos para procesar el hormigón y adecuarlo a diversos usos.

2

Identificar las maquinarias y otros recursos técnicos que existen en la isla y cómo cada empresa u organización puede contribuir al procesamiento de residuos de demolición. Por ejemplo, actualmente existen en Puerto Rico empresas que se dedican a la producción de concreto, las cuales pudieran contar con maquinaria que contribuya con el reprocesamiento del hormigón. Esto pudiera ser una nueva fuente de ingreso para esas empresas.

3

Identificar cómo introducir a Puerto Rico la tecnología necesaria para medir la calidad del hormigón recuperado.

4

Legislar para que el gobierno utilice hormigón recuperado en los proyectos de construcción, cumpliendo con las mejores prácticas.

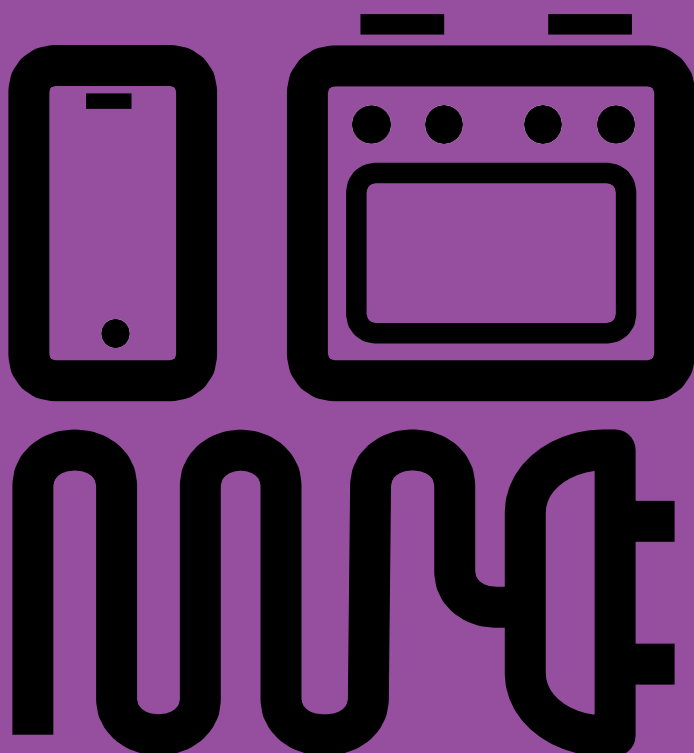
---

## Enlace Gubernamental

El Gobierno de Puerto Rico creará una oficina que se encargará de facilitar la maximización de los residuos de C&D. En coordinación con los municipios esta proveerá espacios a bajo costo para el almacenamiento temporal de excedentes de construcción o de residuos que puedan ser reutilizados. Además, encomendará un sistema de organización e inventario de todos los materiales disponibles, el cual será público y se mantendrá actualizado.

# Residuos electrónicos y electrodomésticos

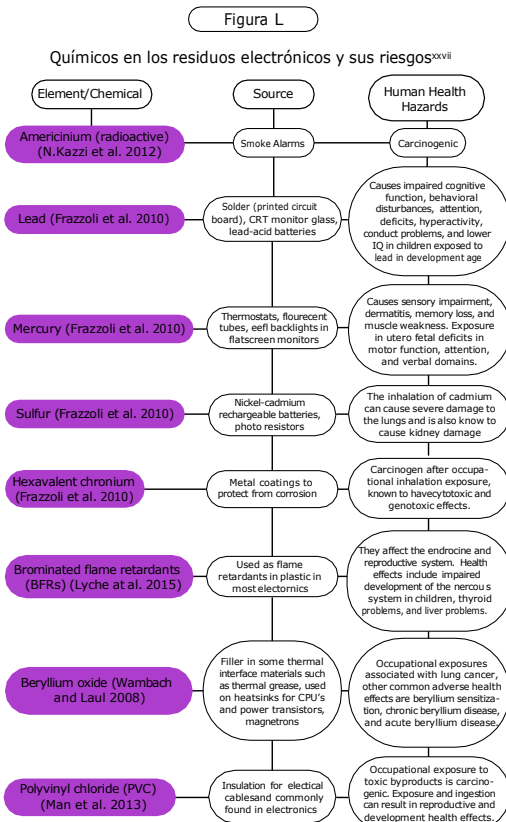
VIII



# Introducción

Los residuos electrónicos y electrodomésticos (en adelante, *residuos electrónicos o REE*) se han convertido en un problema de difícil manejo como consecuencia del acelerado ritmo de los avances tecnológicos durante los pasados 20 años. Hoy es una de las categorías de residuos de más rápido crecimiento en el mundo. Entre los electrónicos, se encuentran las computadoras, los televisores, los celulares, las consolas de videojuegos y los detectores de humo. Entre los electrodomésticos se encuentran las neveras, las estufas, los microondas, las lavadoras y acondicionadores de aire.<sup>98</sup>

El aumento vertiginoso de los residuos electrónicos y electrodomésticos es un riesgo severo a la salud pública y al ambiente. En la **FIGURA L**, presentamos los riesgos al ser humano. Aunque los residuos electrónicos representan entre el 2% al 3% del total de los residuos en los vertederos de los EEUU, la descomposición de los materiales en los circuitos es responsable del 70% de los materiales tóxicos presentes.<sup>99</sup>



Representan

3%

del total de los desperdicios

La descomposición de los materiales en los circuitos es responsable del

70%

de los materiales tóxicos presentes en los vertederos.

En términos ambientales, el manejo inadecuado de estos residuos contribuye a la degradación de la naturaleza. En primer lugar, si los materiales de los equipos electrónicos no se reciclan, no pueden ser utilizados para reducir la extracción de materia virgen del medioambiente. Muchos de estos proceden de activi-

dades mineras, las cuales resultan en erosión, pérdida de biodiversidad, contaminación de suelos y cuerpos de agua como consecuencia de químicos utilizados en actividades mineras.<sup>100</sup> Segundo, contribuyen significativamente a la producción de gases de invernadero. Específicamente, aquellos equipos que contienen refrigerantes, como las neveras y los acondicionadores de aire, fueron responsables por la liberación de 98 millones de toneladas métricas de equivalentes de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.<sup>101</sup>

En Puerto Rico, no tenemos estimados de la cantidad de residuos electrónicos que terminan en los sistemas de relleno sanitario. Se estima que, en los Estados Unidos, durante el 2019 se generaron 7,625,789 toneladas de residuos electrónicos. Aunque es un problema en crecimiento, el gobierno federal atiende de manera general, mediante la RCRA, estos materiales.<sup>102</sup> Solo 25 estados han aprobado leyes específicas para regularlos.<sup>101</sup> En Puerto Rico, existe la Ley Núm. 18 de 2012, Ley para Fomentar el Reciclaje y la Disposición de Equipos Electrónicos de Puerto Rico, cuya intención es "Adoptar una política pública sobre el manejo seguro y ambientalmente sostenible de los equipos y componentes electrónicos".<sup>103</sup> Sin embargo, es necesario que se aumente la fiscalización para garantizar su cumplimiento.

Las estrategias descritas en adelante se enfocan, en primer lugar, en promover la reducción como método principal de reducción de residuos. Esto se logra incentivando las actividades de reparación y aquellas que facilitan el reúso de forma que produzcan beneficios económicos. También, debido a que no todos los equipos se pueden reparar o reusar, es necesario impulsar el reciclaje expandiendo la responsabilidad de los fabricantes y comerciantes sobre los bienes que producen y mercadean. Por último, será crucial integrar actividades de investigación y desarrollo de tecnologías y procesos que faciliten la creación de una economía que gire en torno al procesamiento de residuos electrónicos y la venta de los materiales resultantes.

### Objetivos para REE

1

Lograr la reducción de un 40% de los REE depositados en los vertederos y SRS para 2028.

2

Lograr la creación de 8 nuevas empresas relacionadas a la reparación o al procesamiento de REE para el 2028.

3

Crear 600 empleos nuevos relacionados manejo efectivo de REE para el 2028.

# Estrategias dirigidas a reducir los residuos de REE

## Educación sobre los REE

Las campañas educativas en escuelas y a la ciudadanía en general deben atender ciertos aspectos sobre la reducción, reúso y reciclaje que son específicos a los REE. Estos incluyen:

**1**

Informar sobre los riesgos a la salud y al ambiente de los componentes tóxicos que pudieran estar presentes en los REE.

**2**

Promover la idea de que la compra de un REE genera la responsabilidad de descartarlo apropiadamente.

**3**

Promover la idea de que los manufactureros y vendedores también son responsables por los daños que ocasionan los productos que distribuyen.

96

**4**

Crear un sistema de sellos que le informen al ciudadano sobre los componentes tóxicos que contiene el producto que comprará y los daños que le hacen a la salud y al ambiente. Los vendedores de equipos electrónicos vendrán obligados a poner los sellos.

**5**

Educar sobre la efectividad de las medidas y políticas que se han implementado en otros países para resolver los problemas relacionados con los REE. Se incluirá cómo estas pudieran contribuir al bienestar económico del país.

**6**

Promover la compra de objetos del hogar y equipos más duraderos o que se puedan reparar con facilidad.

**7**

Crear categorías de REEs y educar sobre ellas.



## Reparación de equipos

La reparación es una de las formas más efectivas de prevenir que los REEs terminen en los vertederos y esta debe tener prioridad sobre el reciclaje. En un artículo del 2017 publicado por Primera Hora, un recolector de materiales reciclables expresó que muchas personas descartan equipos que “se arreglan comprando un fusible... algo que se resuelve con medio peso”.<sup>104</sup> Este comentario subraya que, anualmente, muchos objetos que pudieron haber sido reparados terminan en sistemas de relleno sanitarios o vertederos clandestinos. Para intervenir con esta conducta:

1. Será una contribución significativa que el Departamento de Asuntos al Consumidor publique una guía digital de personas y negocios que se dediquen a la reparación.
2. Los negocios que se dediquen a estas actividades, que tengan un ingreso bruto menor de \$3,000,000 por año y que empleen a 25 trabajadores o menos, se les proveerá una reducción en el pago de servicios públicos, incluyendo:

A

Subvencionar la instalación de sistemas fotovoltaicos utilizando fondos CDBG.

B

Exención de patente municipal.

C

Pólizas de seguro para patronos libres de costo.

3. Incentivar la actividad de restauración, eximiendo de impuestos la compra de equipos que han sido restaurados en Puerto Rico.

4. Promover una cultura de reparación mediante eventos comunitarios gratuitos. La misma consistirá en abrir un espacio al menos 1 vez al mes donde voluntarios con distintos niveles de destrezas en la reparación de equipos electrónicos, juguetes o pequeños aparatos electrodomésticos puedan presentarse y ayudar a otros a reparar sus bienes. En estos, se recopilarán los datos necesarios para medir el impacto de cada evento sobre el desvío de los materiales. Cada evento tendrá un formato preestablecido que fomente la cooperación espontánea y la familiaridad. Se incentivará que otras personas organicen actividades similares en distintas partes de la isla. Para ello, se producirá una guía sencilla sobre cómo coordinar y llevar a cabo este tipo de eventos. Se les invitará a que realicen el registro de visitantes y equipos para capturar esa información y añadirla a la base de datos.

97

## Estrategias dirigidas a reusar o reciclar los residuos de REE

### Programa de responsabilidad corporativa

Se debe enmendar la Ley Núm. 18-2012, Ley para Fomentar el Reciclaje y la Disposición de Equipos Electrónicos de Puerto Rico, para requerir que importadores, distribuidores y vendedores de REE se responsabilicen por la recuperación, procesamiento, reúso, reciclaje o exportación de todo REE que éstos introduzcan al mercado de consumo de Puerto Rico. Esta responsabilidad corporativa

tiva se puede satisfacer ya sea mediante programas privados, comunitarios, o gubernamentales. Estos programas serán financiados por un fondo nutrido por los importadores, distribuidores y vendedores de REE y será administrado por el Fideicomiso para la Generación Circular.

## Programa de reciclaje para equipos cubiertos

Enmendar la Ley Núm. 18-2012, Ley para Fomentar el Reciclaje y la Disposición de Equipos Electrónicos de Puerto Rico, para incluir la creación de un programa que atienda el reciclaje de dispositivos que proyecten imágenes de video con pantallas mayores a 4 pulgadas, medidas diagonalmente (los "dispositivos"). Este programa le pagará a los recolectores y recicladores de estos dispositivos los costos netos promedio relacionados a actividades de recuperación, procesamiento y reciclaje.

1

Los dispositivos cubiertos por este programa se clasificarán como residuos tóxicos y peligrosos. Los importadores de estos bienes deberán pagar por una licencia para importar residuos tóxicos.

2

Los fondos para financiar el programa serán pagados por los compradores de los dispositivos nuevos y colectados en los puntos de venta al momento de la compra. Se sugiere que las cuotas pagadas por los compradores sean fijas, asignadas a rangos de medidas. Por ejemplo, una pantalla de 4 pulgadas o más pero menos de 15 pudiera conllevar una cuota de \$3, mientras que por una mayor de 35 pulgadas se recogerían \$5.

3

Las cuotas recogidas en los puntos de venta serán enviadas al Fideicomiso para la Generación Circular (sugerido en la sección I. Estrategias Multimateriales), el cual les pagará a los recicladores que formen parte del programa el pago combinado de reciclaje y recuperación. Estos le transmitirán la cantidad apropiada a los recolectores que recuperaron los dispositivos cubiertos.

4

Los vendedores de los dispositivos cubiertos estarán obligados a tener un programa de devolución para los equipos que venden.

6

Se deberá mantener un registro público que incluya:

- a. La cantidad de equipos cubiertos vendidos por detallista.
- b. La cantidad de equipos cubiertos recibidos por los recicladores por cada detallista.

6

La compra de materiales extraídos de los dispositivos cubiertos estará exenta del pago de contribuciones y el Fideicomiso para la Generación Circular evaluará reducir los costos de la compra utilizando los fondos recolectados de los pagos de licencias por importar materiales tóxicos y peligrosos.

---

## Recogido de REEs

Una barrera significativa al momento de descartar equipos electrónicos y electrodomésticos, particularmente los de gran tamaño, como lavadoras, estufas y neveras, es la capacidad para transportarlos a un centro de procesamiento o reparación. Para atender esta barrera:

1. Los vendedores de electrodomésticos que ofrezcan transporte de equipos nuevos al hogar estarán obligados a recoger el equipo que está siendo reemplazado, si alguno.
2. Toda empresa que venda productos electrónicos y que, al considerar su rendimiento global, genere un ingreso bruto mayor de \$10,000,000 y cuente con 50 empleados o más, deberá mantener un sistema de depósito para cualquier equipo electrónico que sea similar a aquellos que comercia, independientemente de si fueron comprados allí o no.
3. El DRNA, los municipios o el Fideicomiso para la Generación Circular mantendrá una plataforma en línea donde las personas que deseen descartar un electrodoméstico puedan notificarlo y pagar el costo de transporte en línea. La plataforma permitirá enviar una notificación a las entidades registradas y estas podrán elegir si desean recuperar ese bien. El pago de recuperación se tramitará luego de que se confirme el depósito en un centro de procesamiento, separación, reciclaje o reparación. Se debe facilitar y ayudar en el cumplimiento de registros oficiales a operaciones actuales de acopio de electrodomésticos que operan responsablemente.

99

---

## Investigación y desarrollo

El Fideicomiso para la Generación Circular, el DRNA, junto al Fideicomiso de Ciencias y Tecnología, la Universidad de Puerto Rico y el sector privado formarán una alianza, en la cual acordarán una división de tareas y responsabilidades a fin de:

1

Solicitar fondos federales destinados a la investigación y desarrollo de procesos que faciliten el reciclaje de paneles solares.

2

Monitorear la efectividad de legislación relacionada al reciclaje de REEs y proponer enmiendas.

3

Promover la compra y venta de REEs que no contengan componentes tóxicos y que tengan una larga vida.

---

xxviii Obtenido de Patil, R.A. & Ramakrishna, S. (2020).

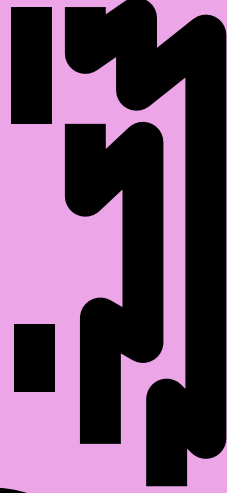
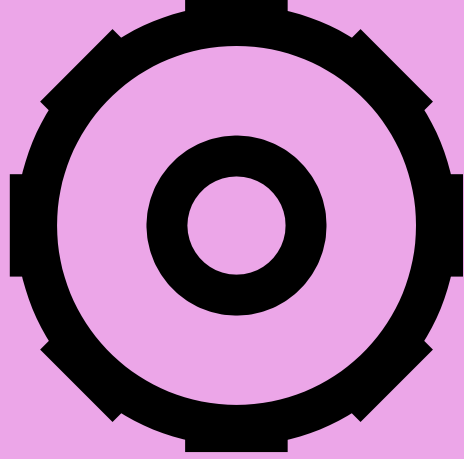
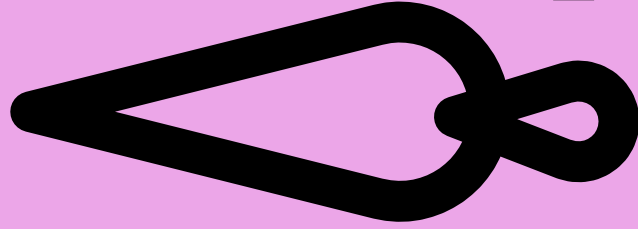
xxix Proyecto de la Cámara 1371 de 2018, Ley de Estándares de Seguridad de Gomas Usadas

xxx No se hallaron datos sobre la generación total de aceites usados en Puerto Rico, lo cual imposibilita realizar estimados o proyecciones que nos permitan identificar un objetivo más preciso.

xxxi Como ejemplo, el Programa del Estuario de la Bahía de San Juan, ha desarrollado iniciativas para atender el manejo adecuado de aceites usados.

# Neumáticos y Aceites Usados

IX



## Objetivos para neumáticos

1

Aumentar en un 50% la cantidad de neumáticos que son procesados anualmente en Puerto Rico.

2

Lograr la creación de 3 empresas dedicadas al procesamiento de neumáticos para el 2028.

3

Crear 300 empleos nuevos relacionados al manejo efectivo de neumáticos para el 2028.

## Estrategias dirigidas a reducir los neumáticos descartados

102

### Educación sobre residuos de neumáticos

Las campañas educativas en escuelas y a la ciudadanía en general deben atender ciertos aspectos sobre la reducción, reúso y reciclaje que son específicos a los neumáticos. Estos incluyen:

1

Informar sobre los riesgos a la salud y al ambiente del mal manejo de los neumáticos descartados.

2

Aconsejar sobre cómo se pueden reutilizar de forma segura los neumáticos en proyectos comunitarios y caseros.

3

Educar sobre las leyes, reglamentos y políticas que se han implementado en Puerto Rico para el manejo de neumáticos descartados.

4

Promover el uso de transportación colectiva y ciclovías para fomentar la reducción en el uso de automóviles privados y, como consecuencia, de residuos de neumáticos.

## Calidad de neumáticos

El DRNA en coordinación con el Fideicomiso de Generación Circular deberá revisar los estándares de los neumáticos que entran a la Isla y presentar legislación para elevar la calidad de los neumáticos usados y que se venden al público. En el pasado se han presentado medidas legislativas similares, pero no han prosperado.<sup>xxxix</sup> Una legislación de este tipo extendería la vida útil de las gomas que se utilizan, reduciría el ciclo de cambio y por ende la generación de gomas descartadas y abonaría a la seguridad de los y las conductoras.

## Utilización de los residuos de neumáticos

Una estrategia coherente para el manejo efectivo de neumáticos debe tomar en cuenta diversas variables. Entre ellas, se encuentran: la importación de neumáticos, la cantidad que se descarta, las condiciones de su almacenamiento, su transporte y su procesamiento. Para que cada parte funcione debidamente, se deben crear los incentivos apropiados y proveer una fiscalización eficaz y consistente. A fin de que se alcancen estos objetivos, se propone lo siguiente:

1. El DRNA debe aumentar el personal dedicado a fiscalizar el cumplimiento de las obligaciones de los importadores, almacenadores, vendedores, transportistas y procesadores de neumáticos.
2. En materia de neumáticos, el Fideicomiso para la Generación Circular será responsable de:
3. El Departamento de Transportación y Obras Públicas (DTOP) vendrá obligado por ley a utilizar asfalto o lozas asfálticas que contengan neumáticos descartados en Puerto Rico para todas las obras de construcción en las cuales se utilice el asfalto. El DTOP, además, deberá detallar las especificaciones y medidas pertinentes que le permitan a los procesadores de neumáticos y a los contratistas cumplir con los estándares que garanticen la durabilidad de las carreteras y la seguridad pública. Esta medida deberá adoptarse de manera escalonada.

**A**

Velar por el uso adecuado de los fondos públicos dirigidos al manejo efectivo de los residuos de neumáticos.

**B**

Fiscalizar los actos de las agencias gubernamentales para asegurar que cumplan con sus obligaciones y facultades conferidas en ley.

**C**

Rendir reportes trimestrales a la legislatura sobre los procesos de evaluación y fiscalización que lleve a cabo.

**D**

Promover y aportar al financiamiento de instalaciones para el procesamiento de neumáticos descartados.

**E**

Facilitar análisis de mercadeo y la identificación de compradores de neumáticos para impulsar su venta y exportación.

a) En su primer año de implementación, el 15% de todas las obras cumplirán con esta exigencia.

b) En su tercer año, se aumentará al 25%.

c) En su quinto año, se aumentará a un 50%.

d) En su séptimo año, se deberá haber alcanzado un 80%.

4. Se dispondrá que toda obra de pavimentación en vías municipales que utilice fondos del gobierno central deberá cumplir con las mismas exigencias.
5. El DRNA deberá colaborar con programas universitarios de ingeniería para la confección de un plan que detalle los procesos, las maquinarias y los recursos necesarios para procesar y usar eficientemente los neumáticos en el asfalto.

### Objetivos para aceites usados

1. Lograr la recuperación y desvío del 95% de los aceites de motor descartados en Puerto Rico para el 2028.
2. Lograr la recuperación y el desvío del 50% de galones de aceite vegetal usado para el 2028.

## 104 Estrategias dirigidas a reducir los aceites usados

### Recolección, almacenaje y procesamiento de aceites usados.

Para asegurar el manejo adecuado de los aceites usados, se proponen las siguientes medidas:

1. El DRNA debe:

**A**

Diseñar una estrategia efectiva de fiscalización en el cumplimiento de las obligaciones de los vendedores de aceites lubricantes y almacenadores y procesadores de aceites usados.

**B**

Educar sobre las responsabilidades de las empresas reguladas que utilizan y disponen de aceites o se dedican al manejo de aceites.

2. Educar a la ciudadanía sobre cómo disponer adecuadamente de los aceites y las repercusiones del manejo inapropiado. Los municipios pueden tener un rol principal en este esfuerzo que incluye publicar listas en línea de las plantas de recuperación, procesamiento o reciclaje de aceites usados más cercanos.

3. Reducir a un 4% el pago de contribuciones sobre ingresos a toda empresa que se dedique al reciclaje de aceites vegetales o a su reprocesamiento para la generación de combustible.



## Reciclaje de aceites vegetales y grasas en las comunidades.

Esta iniciativa está dirigida a crear las condiciones necesarias para el reciclaje comunitario de aceites usados.

1

En su primera fase, se educará sobre las formas de reciclar el aceite usado y los bienes que se derivan de ese proceso que sean posibles producir a pequeña o mediana escala, como, por ejemplo, lubricantes, glicerina y biodiesel. Esta estrategia educativa debe apoyarse en conocimiento existente de organizaciones y entidades.

2

El DRNA colaborará con los municipios, comunidades y organizaciones sin fines de lucro para promover la creación de estaciones centrales de recolección de aceites vegetales y grasas.<sup>xxi</sup>

3

El DRNA identificará aquellas empresas que ya recolecten aceites usados para su propio uso, a fin de explorar la posibilidad de que se puedan utilizar para descargare, libre de costo, aceites recolectados a nivel comunitario. Se le dará publicidad a través de toda la isla a la creación de estas estaciones de recolección de aceites usados.

---

## Comentarios Finales

Este plan debe verse como un documento vivo. La intención es que se adapte a las circunstancias cambiantes. Por un lado, aunque utilizamos la mejor información disponible en Puerto Rico para definir los objetivos, estos deben ser revisados conforme se obtengan datos más actualizados. Por otro, ciertos materiales que también contribuyen significativamente a la contaminación del ambiente como las baterías, los medicamentos y los textiles, no pudieron atenderse. Las baterías y los medicamentos acarrearán riesgos para la salud, además de que son de difícil manejo. Es crucial que, en el futuro, estos también se atiendan en detalle.

Su mayor utilidad es como guía para identificar las acciones y políticas que deben concretarse y ponerse en marcha de inmediato para lograr los objetivos definidos. Aprovechamos para exhortar a cualquier organización y agencia a contribuir en el desarrollo de las estrategias que proponemos aquí. Esperamos que este esfuerzo sirva como catalizador de discusiones públicas más profundas sobre la maximización de los recursos que tenemos a nuestra disposición y los beneficios de la Generación Circular.

## Referencias

1. The Ellen MacArthur Foundation. What is a Circular Economy. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy>
2. The Platform for Accelerating the Circular Economy. *Circularity Gap Report 2019.*; 2019. <https://www.circularity-gap.world/>.
3. Wan C, Shen GQ, Choi S. Waste Management Strategies for Sustainable Development. *Encycl Sustain High Educ.* 2019;1-9. doi:10.1007/978-3-319-63951-2\_194-1
4. United States Census Bureau. Annual Estimates of the Resident Population for Puerto Rico Municipios: April 1, 2010 to July 1, 2019. <https://www.census.gov/data/tables/time-series/demo/popest/2010s-total-puerto-rico-municipios.html>. Published 2020. Accessed December 17, 2020.
5. Forti V, Baldé CP, Kuehr R, Bel G. The Global E-Waste Monitor 2020.; 2020. <http://ewastemonitor.info/>.
6. U.S. Tire Manufacturers Association. 2019 U.S. Scrap Tire Management Summary.; 2020. [https://portal.ct.gov/-/media/DEEP/waste\\_management\\_and\\_disposal/CCSMM/Public-Comments/040\\_SeanMoore\\_20201027.pdf](https://portal.ct.gov/-/media/DEEP/waste_management_and_disposal/CCSMM/Public-Comments/040_SeanMoore_20201027.pdf).
7. United States Environmental Protection Agency. National Overview: Facts and Figures on Materials, Wastes and Recycling. Facts and Figures about Materials, Waste and Recycling. <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/national-overview-facts-and-figures-materials>. Published 2020. Accessed December 17, 2020.
8. Autoridad de Desperdicios Sólidos. Tasa de Reciclaje y Tasa de Desvío: Informe Final 2007.; 2007.
9. United States Environmental Protection Agency. *Recycling Economic Information Report.*; 2020. <https://www.epa.gov/smm/recycling-economic-information-rei-report#findings>.
10. Magazzino C, Mele M, Schneider N. The relationship between municipal solid waste and greenhouse gas emissions: Evidence from Switzerland. *Waste Manag.* 2020;113(xxxx):508-520. doi:10.1016/j.wasman.2020.05.033
11. Ackerman F. Why Do We Recycle.; 1997.
12. Pietzsch N, Ribeiro JLD, de Medeiros JF. Benefits, challenges and critical factors of success for Zero Waste: A systematic literature review. *Waste Manag.* 2017;67:324-353. doi:10.1016/j.wasman.2017.05.004
13. Tucker P, Speirs D. Attitudes and behavioural change in household waste management behaviours. *J Environ Plan Manag.* 2003;46(2):289-307. doi:10.1080/0964056032000070927
14. Simpson D. Institutional pressure and waste reduction: The role of investments in waste reduction resources. *Int J Prod Econ.* 2012;139(1):330-339. doi:10.1016/j.ijpe.2012.05.020
15. Alhassan A, Usman O, Ike GN, Sarkodie SA. Impact assessment of trade on environmental performance: accounting for the role of government integrity and economic development in 79 countries. *Heliyon.* 2020;6(9):e05046. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e05046

16. Mohammad Fakhrul Islam S, Karim Z. World's Demand for Food and Water: The Consequences of Climate Change. *Desalin - Challenges Oppor.* 2020;1-27. doi:10.5772/intechopen.85919
17. Hayes K, Blashki G, Wiseman J, Burke S, Reifels L. Climate change and mental health: Risks, impacts and priority actions. *Int J Ment Health Syst.* 2018;12(1):1-12. doi:10.1186/s13033-018-0210-6
18. Dellink, R., Lanzi, E., Chateau, J., Bosello, F., Parrado, R. & de Bruin K. Consequences of Climate Change Damages for Economic Growth. A Dynamic Quantitative Assessment. OECD Economics Dept. Working Papers. No.1135. 2014;(September). doi:10.1787/5jz2bxb8kmf3-en
19. Gould WA, Díaz EL, Álvarez-Berrios NL, et al. U.S. Caribbean. In *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II.*; 2018. doi:10.7930/NCA4.2018
20. IPCC. Summary for Policymakers.; 2018. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15\\_SPM\\_version\\_report\\_LR.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf).
21. Hwang KL, Choi SM, Kim MK, Heo JB, Zoh KD. Emission of greenhouse gases from waste incineration in Korea. *J Environ Manage.* 2017;196:710-718. doi:10.1016/j.jenvman.2017.03.071
22. Dong J, Jeswani HK, Nzihou A, Azapagic A. The environmental cost of recovering energy from municipal solid waste. *Appl Energy.* 2020;267(March):114792. doi:10.1016/j.apenergy.2020.114792
23. Friedlingstein P, Allen M, Canadell JG, Peters GP, Seneviratne SI. Comment on "The global tree restoration potential." *Science (80- ).* 2019;366(6463):76-79. doi:10.1126/science.aay8060
24. United States Environmental Protection Agency. Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM).; 2020. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2020-12/documents/warm\\_construction\\_materials\\_v15\\_10-29-2020.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2020-12/documents/warm_construction_materials_v15_10-29-2020.pdf).
25. Manfredi S, Tonini D, Christensen TH, Scharff H. Landfilling of waste: Accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Manag Res.* 2009;27(8):825-836. doi:10.1177/0734242X09348529
26. BioCycle. Organic Waste Bans And Recycling Laws To Tackle Food Waste. <https://www.biocycle.net/organic-waste-bans-recycling-laws-tackle-food-waste/>. Published 2018.
27. Wehran Puerto Rico Inc. Final Report Waste Characterization Study.; 2003.
28. Ogwueleka TC. Survey of household waste composition and quantities in Abuja, Nigeria. *Resour Conserv Recycl.* 2013;77:52-60. doi:10.1016/j.resconrec.2013.05.011
29. Vieira VHA de M, Matheus DR. The impact of socioeconomic factors on municipal solid waste generation in São Paulo, Brazil. *Waste Manag Res.* 2018;36(1):79-85. doi:10.1177/0734242X17744039
30. Suthar S, Singh P. Household solid waste generation and composition in different family size and socio-economic groups: A case study. *Sustain Cities Soc.* 2015;14(1):56-63. doi:10.1016/j.scs.2014.07.004
31. Khan D, Kumar A, Samadder SR. Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate. *Waste Manag.* 2016;49:15-25. doi:10.1016/j.wasman.2016.01.019

32. Compañía de Comercio y Exportación de Puerto Rico. Informe de Ventas Al Detalle En Puerto Rico: Enero - Diciembre de 2007. <http://www.comercioyexportacion.com/perfil-economico/informe-de-ventas.html>.
33. Compañía de Comercio y Exportación de Puerto Rico. Ventas Al Detalle - Diciembre 2019.; 2020. <http://www.comercioyexportacion.com/perfil-economico/informe-de-ventas.html>.
34. OECD. E-commerce in the time of COVID-19. Unpacking E-commerce. 2020;(October):1-10. [https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=137\\_137212-t0fjgnerdb&title=E-commerce-in-the-time-of-COVID-19](https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=137_137212-t0fjgnerdb&title=E-commerce-in-the-time-of-COVID-19).
35. Rodríguez-Martínez E. Estudio revela aumento de compras por Internet en Puerto Rico. Caribbean Business. <https://cb.pr/estudio-revela-aumento-de-compras-por-internet-en-puerto-rico/>. Published May 16, 2019.
36. Alvarado-León GE. Brutal rezago en reciclaje deja en evidencia tres décadas de incumplimiento ambiental. El Nuevo Día. <https://www.elnuevodia.com/noticias/locales/notas/brutal-rezago-en-reciclaje-deja-en-evidencia-tres-decadas-de-incumplimiento-ambiental/>. Published March 31, 2019.
37. EFE News. Puerto Rico aumenta en un 15 % la basura durante pandemia, problema para reciclaje. Agencia EFE. <https://www.efe.com/efe/usa/puerto-rico/puerto-rico-aumenta-en-un-15-la-basura-durante-pandemia-problema-para-reciclaje/50000110-4411466>. Published December 4, 2020.
38. Metro Puerto Rico. Alcaldes advierten sobre posible colapso de la industria del reciclaje en la isla. Metro. <https://www.metro.pr/pr/noticias/2020/12/03/alcaldes-advierten-posible-colapso-la-industria-del-reciclaje-la-isla.html>. Published December 3, 2020.
39. Alvarado-León GE. Los vertederos perderán su capacidad en 4 años. <https://www.pressreader.com/puerto-rico/el-nuevodia/20190325/281487867695369>. Published March 25, 2019.
40. Gonzalez LI. Denuncian vertederos "clandestinos" en Loíza. El Vocero. [https://www.elvocero.com/comunidad/denuncian-vertederos-clandestinos-en-lo-za/article\\_a3419db0-bc01-11ea-b7d1-4f27e2bb8496.html](https://www.elvocero.com/comunidad/denuncian-vertederos-clandestinos-en-lo-za/article_a3419db0-bc01-11ea-b7d1-4f27e2bb8496.html). Published July 2, 2020.
41. Cyber News. Alegan Guaynabo se ha convertido en un vertedero clandestino. Telemundo Puerto Rico. <https://www.telemundopr.com/noticias/puerto-rico/alegan-guaynabo-se-ha-convertido-en-un-vertedero-clandestino/2456/>. Published February 22, 2019.
42. Villalba Online. Piden se atienda el problema de vertederos clandestinos en Villalba. Villalba Online. <https://villalbaonlinepr.com/index.php/sociales/6175-piden-se-atienda-el-problema-de-vertederos-clandestinos-en-villalba>. Published June 15, 2020.
43. Metro Puerto Rico. Convierten escuela cerrada en vertedero clandestino. Metro. <https://www.metro.pr/pr/noticias/2020/03/07/convierten-escuela-cerrada-vertedero-clandestino.html>. Published March 7, 2020.
44. Redacción Voces del Sur. Preocupados por vertedero clandestino en Salinas. Voces del Sur. <https://www.vocesdelsurpr.com/2020/06/preocupados-por-vertedero-clandestino-en-salinas/>. Published 2020.

45. EFEUSA. Agencias de Puerto Rico realizan operativo para identificar vertederos clandestinos. Agencia EFE. <https://www.efe.com/efe/usa/puerto-rico/agencias-de-puerto-rico-realizan-operativo-para-identificar-vertederos-clandestinos/50000110-3665556>. Published June 28, 2018.
46. Primera Hora. Llamado a evitar la proliferación de vertederos clandestinos en Vega Baja. Primera Hora. <https://www.primerahora.com/noticias/puerto-rico/notas/llamado-a-evitar-la-proliferacion-de-vertederos-clandestinos-en-vega-baja/>. Published 2019.
47. Morlok J, Schoenberger H, Styles D, Galvez-Martos JL, Zeschmar-Lahl B. The impact of pay-as-you-throw schemes on municipal solid waste management: The exemplar case of the county of Aschaffenburg, Germany. *Resources*. 2017;6(1). doi:10.3390/resources6010008
48. Ma ZJ, Hu S, Dai Y, Ye Y Sen. Pay-as-you-throw versus recycling fund system in closed-loop supply chains with alliance recycling. *Int Trans Oper Res*. 2018;25(6):1811-1829. doi:10.1111/itor.12278
49. Gradus R, Homsy GC, Liao L, Warner ME. Which US municipalities adopt Pay-As-You-Throw and curbside recycling? *Resour Conserv Recycl*. 2019;143(December 2018):178-183. doi:10.1016/j.resconrec.2018.12.012
50. Gaudillat P, Antonopoulos IS, Canfora P, Dri M, European Commission. Joint Research Centre., S AI. Best Environmental Management Practice for the Waste Management Sector Learning from Frontrunners.; 2018. doi:10.2760/50247
51. The Commonwealth of Massachusetts Department of Environmental Protection. Pay-As-You-Throw: An Implementation Guide for Solid Waste Unit- Based Pricing Programs. 2004;(January).
52. Recycling Today Staff. China Releases Rew Proposed Contaminants Thresholds. *Recycling Today*. <https://www.recyclingtoday.com/article/china-proposes-contaminants-thresholds/>. Published November 16, 2017.
53. Smalley M. China affirms ban on several scrap commodities in 2021. *Recycling Today*. <https://www.recyclingtoday.com/article/china-affirms-ban-solid-waste-2021-announces-scrap-import-quotas/>. Published July 7, 2020.
54. Rodríguez Rivera LE. La incineración de basura en puerto rico: la máquina sigue patinando artículo. *Rev Jurídica UPR*. 2016;85(1):1-48.
55. Departamento de Educación de Puerto Rico. Perfil del Departamento de Educación. Perfil Escolar. <https://perfilescolar.dde.pr/dashboard/summary/index.html?schoolcode=State>. Published 2020.
56. Scientific American. Single-Stream Recycling: It's sweeping the country, but does it lead to more recycled material and less trash in the landfill? <https://www.scientificamerican.com/article/single-stream-recycling/>. Published September 2013.
57. Yasar D, Damgacioglu H, Bastani M, Gables C, Management HW. Assessment of the Impact of Single Stream Recycling on Paper Contamination in Recovery Facilities and Paper Mills.; 2017. <http://simlab.coe.miami.edu/documents/Final-2016.pdf>.
58. Lakhan C. A comparison of single and multi-stream recycling systems in Ontario, Canada. *Resources*. 2015;4(2):384-397. doi:10.3390/resources4020384
59. Sheldon GW. *Encyclopedia of Political Thought*. New York, NY: Facts on File; 2001.

60. Smith B. "Beige gold": Criminals are making a fortune by illegally recycling cardboard, and it's making a huge dent in the pockets of cities and local authorities. Business Insider. <https://www.businessinsider.com/cardboard-theft-illegal-recycling-booming-pandemic-2020-8>. Published August 19, 2020.
61. Musgraves JD, Hu J, Calvez L, eds. Springer Handbook of Glass. Springer International Publishing AG; 2019. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-319-93728-1>
62. United States Census Bureau. Puerto Rico Intercensal Tables: 2000-2010. 2000-2010 Intercensal Estimates. <https://www.census.gov/data/tables/time-series/demo/popest/intercensal-2000-2010-puerto-rico.html>.
63. 115 Congress of the United States of America. Bipartisan Budget Act of 2018. <https://www.congress.gov/115/bills/hr1892/BILLS-115hr1892enr.pdf>. Published 2018.
64. United States Environmental Protection Agency. EPA Awards First Installation of \$40 Million Grant to Puerto Rico Solid Waste Management Plan. <https://www.epa.gov/newsreleases/epa-awards-first-installation-40-million-grant-puerto-rico-solid-waste-management-plan>. Published 2019.
65. Alvarado-León GE. El gobierno no vislumbra soluciones a corto plazo para la crisis de basura en Puerto Rico. El Nuevo Día. <https://www.elnuevodia.com/ciencia-ambiente/otros/notas/el-gobierno-no-vislumbra-soluciones-a-corto-plazo-para-la-crisis-de-basura-en-puerto-rico/>. Published 2021.



[generacioncircular.org](http://generacioncircular.org)