



# Reciclando por la vida



# SUMARIO

**DIRECTOR ISDE**  
IDAEL LA O FLO

**REDACCIÓN**  
SARAI ORTA PUGA

**DISEÑO Y REALIZACIÓN**  
ONIEL S. GUTIÉRREZ REYES

**WEBMASTER**  
ISNEY SUSANA HERRERA HERNÁNDEZ  
ONIEL S. GUTIÉRREZ REYES

**CONTACTOS**  
Empresa de Ingeniería del Reciclaje  
Calle Zapata #1558 e/ Paseo y 2. Vedado.  
Plaza de la Revolución. Cuba  
observatorio@isde.co.cu  
observatorio.reciclaje.cu

**El papel del  
reciclaje en la  
mitigación del  
cambio climático**

**03**

**06**

**Un modelo  
sostenible contra  
el cambio climático**

**Innovaciones en el  
reciclaje que  
contribuyen a  
combatir cambio  
climático**

**11**

**16**

**Estrategia cubana  
para enfrentar el  
cambio climático**

**El papel del reciclaje  
en los acuerdos  
internacionales**

**20**

# El Papel del Reciclaje en la Mitigación del Cambio Climático



El cambio climático es uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo. El impacto climático de nuestra basura es cada vez más difícil de ignorar. El sector de los residuos es uno de los tres principales sectores emisores de metano -después de la agricultura, el petróleo y el gas- y es responsable de alrededor del 20% de las emisiones de metano provocadas por el hombre en todo el mundo.

El reciclaje desempeña un papel decisivo en esta reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al calentamiento global. El reciclaje a pequeña escala, es crucial por ejemplo, para evitar el tiempo que los residuos pasan en los vertederos, así como la cantidad de residuos que se acumulan sin clasificar. Esto es relevante en el proceso de descarbonización, ya que estos espacios de tratamiento de basuras generan altos porcentajes de metano, uno de los gases más contaminan-

tes e impactantes en el fenómeno del calentamiento global.

A corto plazo, el metano es más potente que el dióxido de carbono como contaminante climático y es responsable de casi la mitad del calentamiento de 1 grado centígrado que hemos experimentado hasta la fecha. Reducir rápida y significativamente la contaminación por metano es una de las oportunidades más importantes que tenemos para frenar el ritmo del calentamiento global en las próximas dos décadas, un periodo de tiempo crítico para evitar puntos de inflexión climática potencialmente irreversibles. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), las actividades de reciclaje y reutilización pueden reducir significativamente la cantidad de CO<sub>2</sub> liberado a la atmósfera. En su informe de 2019, el IPCC estima que el reciclaje de una tonelada de residuos puede evitar la emisión de hasta 0.5 toneladas de CO<sub>2</sub> equi-



valente (IPCC, 2019). La gestión adecuada de los residuos a través del reciclaje, puede reducir hasta el 10% de las emisiones globales de GEI relacionadas con la actividad humana. Esta reducción se debe a que el reciclaje evita la necesidad de extraer, procesar y fabricar nuevos materiales, un proceso que a menudo es altamente intensivo en carbono. El reciclaje evita además la necesidad de extraer y procesar materias primas vírgenes, actividad que suelen ser intensivas en energía.

En el ámbito global, la Agencia Internacional de Energía (IEA) estima que la transición hacia una

rra hasta un 95% de la energía necesaria para producir aluminio nuevo a partir de la bauxita, según The Aluminum Association. Esto no solo reduce el consumo energético, sino también las emisiones asociadas a la extracción y fundición del material. De manera similar, reciclar plástico puede ahorrar hasta un 88% de energía comparado con su producción a partir de petróleo, según la Environmental Protection Agency (EPA).

En el ámbito global, la Agencia Internacional de Energía (IEA) estima que la transición hacia una



Un estudio reciente de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) reveló que, en 2018, las actividades de reciclaje y reutilización evitaron la emisión de aproximadamente 186 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> (EPA, 2018). Este impacto positivo es equivalente a retirar aproximadamente 39 millones de autos de las carreteras durante un año.

El impacto positivo del reciclaje se extiende a varios sectores. Por ejemplo, el reciclaje de papel y cartón puede reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en hasta un 60% en comparación con la producción de papel nuevo (EPA, 2018). De manera similar, el reciclaje de metales como el aluminio aho-

economía circular, que incluye el reciclaje como componente clave, podría reducir las emisiones globales de CO<sub>2</sub> en un 39% para 2050. En países europeos como Alemania, donde las tasas de reciclaje son de las más altas del mundo, se ha observado una correlación directa entre la gestión eficiente de residuos y la disminución de las emisiones. La Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA) señala que las políticas de reciclaje han contribuido a que la región reduzca sus emisiones de GEI en más de un 20% desde 1990.

Además de la reducción de emisiones, el reciclaje contribuye a la conservación de los recursos

naturales y la reducción de la deforestación y la contaminación del agua, factores que agravan los efectos del cambio climático. Un informe del World Resources Institute (WRI) destaca que, si aumentamos la tasa de reciclaje global del 25% al 50% para 2030, podríamos reducir las emisiones equivalentes a retirar 500 millones de automóviles de circulación.

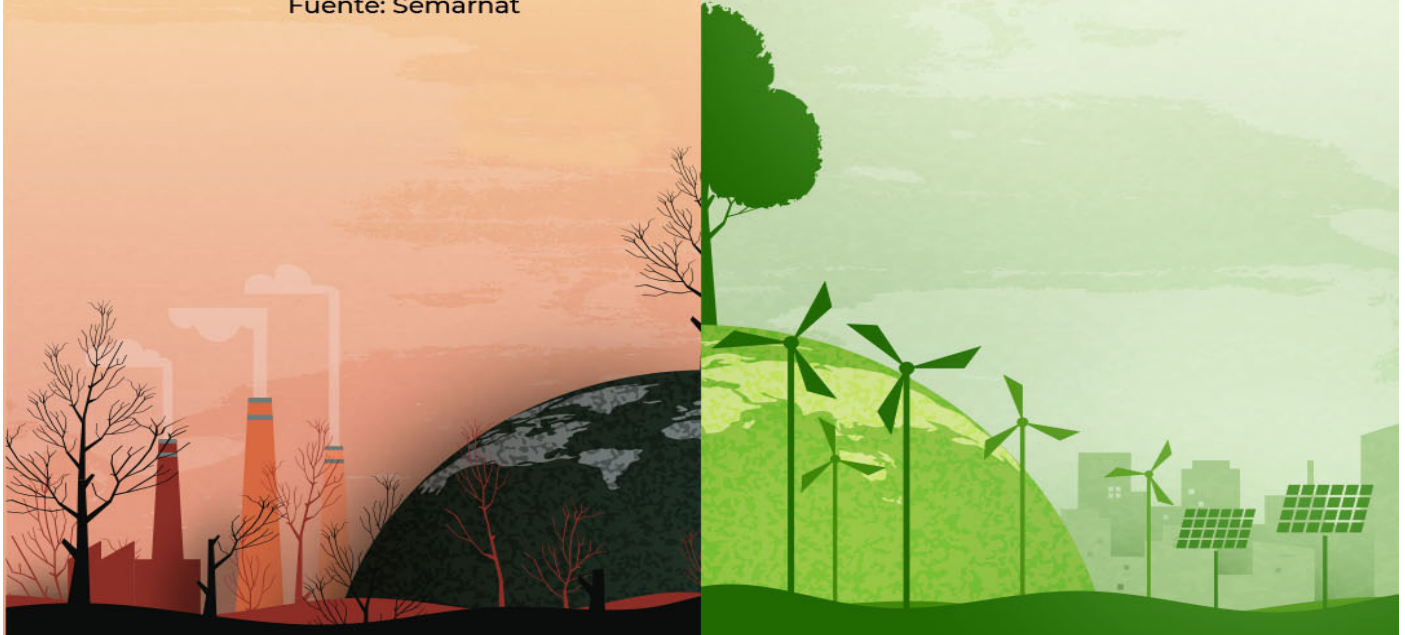
El reciclaje es una herramienta esencial para re-

ducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático. A medida que las tasas de reciclaje globales aumentan y las tecnologías de reciclaje mejoran, el impacto positivo en el clima también se fortalecerá. Las políticas públicas y la conciencia ciudadana deben enfocarse en incrementar estas tasas y fomentar una transición hacia una economía circular para lograr un futuro más sostenible.

## ¿El cambio climático nos vuelve vulnerables?

Lamentablemente sí ...

Fuente: Semarnat



Hay **viviendas amenazadas** por inundaciones y deslaves



Existen poblaciones pobres en donde **se propicia el desarrollo de enfermedades** transmitidas.



Los **ancianos, niños y niñas son más sensibles** a ondas de calor.



Las **poblaciones en sequía tienen menor disponibilidad** de alimentos y agua.

# Economía Circular: Un Modelo Sostenible contra el Cambio Climático



La economía circular ha emergido como una solución innovadora y eficiente frente a la crisis climática. Al transformar el enfoque tradicional de “tomar-hacer-desechar” hacia un modelo de ciclo cerrado, busca reducir la demanda de nuevos recursos, minimizar la generación de residuos y, por ende, mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. Este concepto no solo redefine la sostenibilidad empresarial, sino que también representa una estrategia clave para combatir el cambio climático a escala global.

## El Enfoque de Ciclo Cerrado y la Reducción de Recursos

El modelo de economía circular se basa en principios que favorecen la durabilidad, reparación y reutilización de productos, reduciendo significativamente la extracción de recursos naturales. Según un informe de la Fundación Ellen MacArthur, la economía circular tiene el potencial de reducir en un 56% el consumo de materiales en la Unión Europea y disminuir las emisiones de carbono en un 48% para 2030. Este enfoque no

solo optimiza el uso de recursos, sino que también es un paso crucial para frenar el deterioro medioambiental global.

En el contexto de la producción industrial, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha señalado que los sectores más intensivos en recursos, como el acero, el cemento y el plástico, son responsables de casi el 70% de las emisiones industriales a nivel mundial. La transición a una economía circular puede reducir estas emisiones en más del 40% para 2050 si se implementan políticas adecuadas, lo que subraya la necesidad de una acción coordinada y ambiciosa por parte de los gobiernos y el sector privado.





## Contribución de la Economía Circular a la Mitigación del Cambio Climático

La economía circular desempeña un papel central en la lucha contra el cambio climático al reducir las emisiones asociadas con la extracción y producción de materiales vírgenes. La Fundación Ellen MacArthur ha estimado que la implementación global de un modelo circular podría reducir hasta 9.3 mil millones de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero por año. Esta cifra equivale a una reducción del 20% de las emisiones globales proyectadas para 2050.



Asimismo, la OCDE ha destacado cómo la economía circular, aplicada a sectores clave, puede disminuir las emisiones relacionadas con la producción industrial en un 39% para 2050, especialmente en industrias de alta intensidad de carbono como la fabricación de acero y cemento.

### La economía circular aplicada en sectores altamente intensivos en carbono. Empresas que están liderando este cambio.

La economía circular tiene un enorme potencial para transformar sectores industriales altamente intensivos en carbono como el acero, el cemento y el plástico. A través del reciclaje y la optimización de los recursos, estas industrias han comenzado a reducir significativamente sus emisiones, cerrar ciclos productivos y aprovechar materiales reciclados.

El reciclaje en las industrias de acero, cemento y plástico es una pieza clave en la transición hacia

una economía circular. Estas iniciativas no solo reducen la extracción de recursos naturales, sino que también ayudan a minimizar las emisiones de CO<sub>2</sub> en sectores que históricamente han sido intensivos en carbono. Empresas como ArcelorMittal, LafargeHolcim, Borealis y Alpla están liderando esta transición mediante la implementación de tecnologías avanzadas y prácticas de reciclaje

que cierran los ciclos productivos y reducen la huella de carbono.

#### **Acero:** Reciclaje y Producción Sostenible

El sector del acero es responsable de aproximada-

mente el 8% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> debido a los procesos energéticamente intensivos que implica la producción a partir de mineral de hierro. Sin embargo, el reciclaje de acero ofrece una reducción significativa de estas emisiones, ya que el acero es uno de los materiales más reciclables del mundo. Cuando se recicla, se reduce la necesidad de extraer nuevos minerales y se utiliza mucha menos energía.

#### ArcelorMittal (Global)

ArcelorMittal, uno de los mayores productores de acero del mundo, ha implementado una serie de iniciativas centradas en la economía circular. En 2021, la empresa recicló 9 millones de toneladas de acero al año. Además, ha desarrollado un proceso llamado "Smart Carbon", que integra el uso de residuos de biomasa y plásticos reciclados en la fabricación de acero, lo que reduce tanto las emisiones de carbono como la dependencia de materias primas vírgenes. Esta tecnología tiene el potencial de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 30% para 2030.

Otro enfoque innovador de ArcelorMittal es la construcción de plantas de reciclaje de acero, que utilizan chatarra como insumo principal, evitando la necesidad de procesos que dependen del mineral de hierro. La compañía también ha impulsado el uso de acero reciclado en la construcción de infraestructuras urbanas y edificios, promoviendo un ciclo de vida extendido para el material.

**Cemento:** Economía Circular para Reducir Emisiones de CO<sub>2</sub>

La industria del cemento es responsable de entre el 7% y el 8% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, debido principalmente al proceso

“...La industria del cemento es responsable de entre el 7% y 8% de las emisiones...”

”

de calcinación, que libera grandes cantidades de dióxido de carbono. Sin embargo, la economía circular, a través de la utilización de residuos y subproductos industriales, está permitiendo reducir significativamente estas emisiones.

LafargeHolcim (Suiza)

LafargeHolcim, el mayor productor de cemento del mundo, ha adoptado prácticas de economía circular en la producción de cemento. La empresa ha desarrollado tecnologías que permiten la incorporación de residuos industriales y materiales reciclados en el proceso de fabricación, como cenizas volantes de plantas eléctricas y escorias de la industria del acero. En 2020, LafargeHolcim recicló aproximadamente 50 millones de toneladas de residuos industriales para su uso en la producción de cemento.

Además, LafargeHolcim promueve el uso de cemento bajo en carbono, que reduce hasta en un 30% las emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con el cemento convencional. Esta estrategia incluye la reutilización de residuos urbanos y agrícolas como combustible alternativo en los hornos

de cemento, un proceso que minimiza el uso de combustibles fósiles.

**Plástico:** Cerrando el Ciclo de los Materiales

La industria del plástico es uno de los mayores contribuyentes a la contaminación ambiental y las emisiones de carbono. Los plásticos se producen a partir de petróleo, y el proceso de producción emite grandes cantidades de gases de efecto invernadero. Sin embargo, el reciclaje de plásticos es una de las áreas clave donde la economía circular está comenzando a hacer una diferencia significativa.

Borealis (Austria)



Borealis, un líder global en soluciones de poliolefinas y productos químicos, ha implementado programas de economía circular centrados en el reciclaje de plásticos. Su iniciativa EverMinds se enfoca en incrementar la capacidad de reciclaje y en mejorar la calidad de los plásticos reciclados para integrarlos en nuevos productos. En 2021, Borealis recicló más de 60,000 toneladas de plástico y se asoció con otras empresas para desarrollar soluciones de reciclaje químico, que convierten los residuos plásticos difíciles de reciclar en materia prima para nuevos productos plásticos.

Uno de los avances más significativos de Borealis es su colaboración con empresas de bienes de consumo para introducir el uso de plásticos reciclados en empaques, lo que ha permitido a marcas como IKEA y Unilever reducir su dependencia del plástico virgen.

Alpla (Austria)

Otra empresa líder en el sector es Alpla, que se especializa en soluciones de empaques reciclables. Alpla ha invertido fuertemente en tecnologías para el reciclaje de plásticos, especialmente el PET, y ha construido instalaciones en



Europa y América Latina para transformar envases plásticos usados en nuevos productos. Solo



en 2020, Alpa recicló más de 70,000 toneladas de PET, una cifra que contribuyó a reducir significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de nuevos envases.

## Empresas que Implementan la Economía Circular en Diferentes Regiones

**América Latina:** Natura (Brasil)



La empresa brasileña de cosméticos Natura ha sido pionera en la implementación de la economía circular en América Latina. Natura integra principios de economía circular mediante la reutilización de materiales reciclados en sus envases y el desarrollo de productos con ingredientes renovables. Además, promueve programas de reciclaje para sus clientes y fomenta el uso de refills, reduciendo así la generación de residuos plásticos.

**Asia:** Fujitsu (Japón)

El gigante tecnológico japonés Fujitsu ha adoptado un enfoque circular en la fabricación y gestión de sus productos electrónicos. A través de un programa de “recuperación de materiales”, Fujitsu recupera y recicla componentes electrónicos de equipos obsoletos para reutilizarlos en la producción de nuevos dispositivos. Esta práctica no solo minimiza la generación de residuos

electrónicos, sino que también reduce la demanda de minerales raros y otras materias primas críticas.

**Europa:** Renault (Francia)

Renault ha sido un ejemplo destacado de economía circular en la industria automotriz. Su planta de reciclaje en Choisy-le-Roi, Francia, se centra en reacondicionar piezas usadas de vehículos y reintegrarlas en el ciclo productivo. Actualmente, el 36% de los materiales utilizados en sus vehículos proviene de fuentes recicladas, y la empresa ha reducido hasta un 70% las emisiones de CO<sub>2</sub> en la fabricación de piezas nuevas gracias a este enfoque.

**América del Norte:** Interface (Estados Unidos)

La empresa estadounidense Interface, líder en la fabricación de alfombras, ha revolucionado su industria al adoptar un enfoque circular en toda su cadena de valor. Interface se enfoca en el reciclaje de alfombras usadas y en el uso de mate-



riales reciclados en sus productos. Su programa "Mission Zero", lanzado en 1994, ha permitido que la empresa reduzca su huella de carbono en más del 90%.

**África:** The Clothing Bank (Sudáfrica)

The Clothing Bank, con sede en Sudáfrica, aborda la problemática del desperdicio textil mediante la recolección y reutilización de ropa no vendida de grandes minoristas. Estos textiles son redistribuidos a personas en situaciones vulnerables o reacondicionados para su reventa. Este modelo no solo reduce el impacto ambiental del

desperdicio textil, sino que también crea oportunidades de empleo.

## El Papel del Reciclaje en la Transición hacia una Economía Circular

El reciclaje es un componente esencial en la economía circular, ya que permite la reintegración de materiales en nuevos ciclos de producción, evitando la necesidad de extraer materias primas vírgenes. En Europa, por ejemplo, el reciclaje de materiales como el acero, el aluminio y el plástico ha evitado la emisión de aproximadamente 200 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, lo que equivale a retirar de circulación 63 millones de automóviles durante un año. Este ejemplo demuestra el impacto crucial que tiene el reciclaje en la reducción de la huella de carbono global.

La economía circular ofrece una solución integral para la sostenibilidad ambiental y la lucha contra el cambio climático. Empresas de todas las regiones del mundo están adoptando este enfoque, demostrando que es posible generar valor económico mientras se minimiza el impacto ambiental. La expansión de estas prácticas a nivel global es crucial para cumplir con los objetivos climáticos internacionales, y la colaboración entre gobiernos, industrias y consumidores será esencial para lograr un impacto significativo en la reducción de emisiones. El reciclaje, como parte clave de la economía circular, desempeña un papel indispensable en la reducción de la huella de carbono, contribuyendo a la creación de un futuro más sostenible y resiliente.





# Innovaciones Tecnológicas en Reciclaje que Contribuyen a Combatir el Cambio Climático



El reciclaje ha tomado un rol central en los esfuerzos globales para mitigar el cambio climático, impulsado por innovaciones tecnológicas que están revolucionando la manera en que gestionamos los residuos. Estas tecnologías no solo mejoran la eficiencia de los procesos de reciclaje, sino que también reducen el uso de recursos naturales, disminuyen las emisiones de carbono y minimizan la contaminación ambiental. En este artículo, exploramos algunas de las innovaciones tecnológicas más destacadas en el sector del reciclaje y su impacto en la lucha contra el cambio climático.

Según el informe del año 2020, la International Solid Waste Association expone, que el reciclaje global puede evitar hasta un 10% de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la gestión de residuos si se implementan las tecnologías adecuadas. La Agencia Internacional de Energía (AIE) proyecta que la transición hacia una economía circular, donde el reciclaje des-

empeña un papel crucial, podría reducir las emisiones globales de CO<sub>2</sub> en un 20% para 2050.

## Reciclaje Químico: La Solución al Problema de los Plásticos

El reciclaje químico es una de las soluciones más avanzadas para el tratamiento de plásticos difíciles de reciclar, como envases multicapa, textiles y otros materiales compuestos. A diferencia del reciclaje mecánico, que generalmente degrada la calidad del material, el reciclaje químico descompone los plásticos en sus compo-

ponentes moleculares básicos, lo que permite su reutilización sin perder calidad.

Tipos de reciclaje químico:  
Pirólisis: Proceso que calienta plásticos en ausencia de oxígeno, convirtiéndolos en combustibles líquidos y gaseosos. Estos productos pueden ser utilizados como materias primas para fabricar nuevos plásticos o com-

bustibles.

Gasificación: Los residuos plásticos se convier-

“...Un reciclaje adecuado puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hasta un 20%”





ten en un gas de síntesis que puede transformarse en productos químicos útiles o energía.

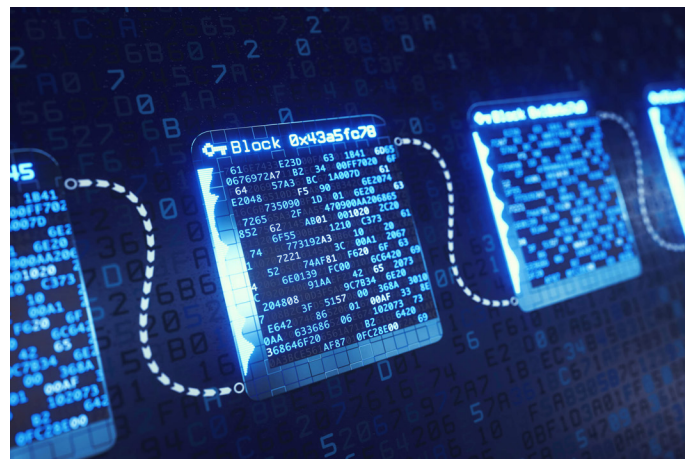
**Despolimerización:** Rompe las cadenas moleculares de los polímeros para regenerar monómeros que se pueden volver a polimerizar para producir nuevos plásticos.

Sin embargo, el reciclaje químico no está exento de controversia. Aunque algunas empresas como BASF y Eastman han demostrado su potencial, organizaciones como el Center for International Environmental Law (CIEL) advierten que estos procesos aún consumen grandes cantidades de energía y, en algunos casos, pueden liberar emisiones tóxicas, dependiendo de la tecnología utilizada y los tipos de plásticos procesados. Un estudio realizado por la Universidad de Utrecht en el 2022, señaló que, si bien el reciclaje químico puede contribuir significativamente a reducir la demanda de plásticos vírgenes, su impacto depende de cómo se gestione la energía necesaria para llevar a cabo estos procesos. Empresas en Europa y Asia, como Mura Technology y Mitsubishi Chemical, están liderando la implementación de reciclaje químico a gran escala, buscando mejorar la eficiencia energética y minimizar emisiones a través de procesos más limpios y sostenibles. En América Latina, la empresa mexicana Resirene ha comenzado a desarrollar iniciativas piloto de reciclaje químico, especialmente para plásticos no reciclables a través de métodos tradicionales. Tal es el caso de su innovadora resina Q-rPS®. Este poliestireno incorpora un 25% de contenido reciclado posconsumo y cuenta con la certificación SCS, otorgada por la Asociación de Recicladores de Plástico de Estados Unidos. Además de reducir la huella de carbono en un 24%, la resina Q-rPS® está certificada por la FDA para el contacto con alimentos, garantizando su seguridad y cumplimiento normativo.

### **Blockchain para la Trazabilidad de Residuos: Transparencia en la Cadena de Valor**

El blockchain es una tecnología de registro distribuido que organiza la información en bloques, los cuales están enlazados en una secuencia temporal mediante metainformación que conec-

ta cada bloque con el anterior. Esta estructura garantiza la seguridad y trazabilidad de las transacciones a través de cálculos criptográficos avanzados. Una de sus principales características es la creación de un historial inmutable y transparente, donde los registros digitales, conocidos como bloques, no pueden ser alterados ni eliminados una vez ingresados.



El blockchain actúa como un libro electrónico público compartido entre un grupo de usuarios, ya sea abierto o controlado, que permite registrar y verificar cada transacción. Cada bloque está vinculado a un participante específico y solo puede ser actualizado mediante un consenso entre todos los participantes del sistema. Al agregar nuevos datos, estos se mantienen de forma permanente, lo que asegura que cada entrada en el sistema sea verdadera y verificable. Esta tecnología es esencial en aplicaciones que requieren seguridad, transparencia y trazabilidad, como las cadenas de suministro, el sector financiero y otras industrias.



En el contexto del reciclaje, el blockchain permite registrar el origen, el manejo y el destino final de los residuos reciclables, brindando transparencia y reduciendo el fraude en la gestión de resi-

duos. Cada paso del proceso de reciclaje, desde la recolección hasta el procesamiento y la venta del material reciclado, se registra en bloques de datos que se enlazan entre sí en una cadena inalterable. Las empresas pueden verificar que los residuos han sido reciclados correctamente, mientras que los consumidores y gobiernos pueden asegurarse de que las empresas cumplen con sus compromisos de sostenibilidad.

Plastic Bank, por ejemplo, utiliza blockchain para certificar la recolección y el reciclaje de plásticos en comunidades vulnerables. Plastic Bank es una empresa fundada y con sede en Vancouver, que construye ecosistemas de reciclaje en comunidades subdesarrolladas en un esfuerzo por combatir tanto la contaminación plástica en los océanos como los altos niveles de pobreza en los países en vías de desarrollo. Plastic Bank reprocessa los plásticos recolectados para su reintroducción en la cadena de suministro. La plataforma recompensa a los recolectores de residuos con créditos digitales, lo que además crea incentivos económicos para que se mantenga el ciclo de reciclaje. Actualmente tienen operaciones en Filipinas, Indonesia, Brasil y Egipto, con planes de expandirse a Colombia y Vietnam en los próximos años.

Un estudio de la Universidad de Cambridge (2021) indicó que la trazabilidad proporcionada por blockchain puede reducir hasta en un 30% las emisiones de carbono derivadas de la mala gestión de residuos al optimizar las cadenas de suministro y mejorar la eficiencia en el reciclaje. En América Latina, TriCiclos, una empresa chilena pionera en reciclaje, ha comen-

“...Blockchain puede reducir hasta en un 30% las emisiones de carbono derivadas de mala gestión..”



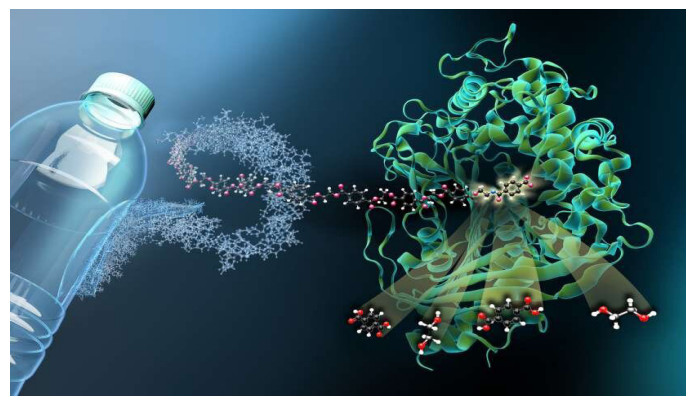
zando a implementar blockchain para asegurar la transparencia en sus operaciones de reciclaje, especialmente en colaboración con empresas como Unilever y Nestlé.

### **Biotecnología para la Degradación de Plásticos: La Naturaleza como Aliada**

La biotecnología ha abierto un nuevo campo en el reciclaje de plásticos mediante el uso de microorganismos y enzimas que descomponen los plásticos de manera más rápida y eficiente. Tradicionalmente, los plásticos pueden tardar cientos de años en degradarse en condiciones naturales. Sin embargo, avances recientes en biotecnología han permitido acelerar este proceso.

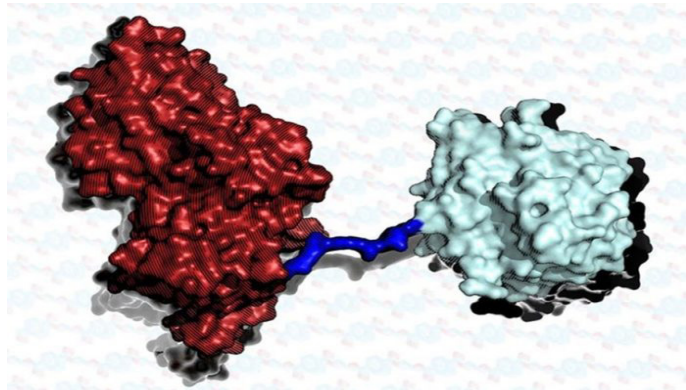
### **Enzimas y bacterias para la degradación de plásticos:**

Un equipo de investigadores de la Universidad de Portsmouth, en el Reino Unido, ha desarrollado un cóctel de enzimas capaz de degradar residuos plásticos a una velocidad sin precedentes. Esta "súper enzima" descompone el plástico seis veces más rápido que las versiones anteriores, presentándose como una solución prometedora frente al creciente problema de los residuos plásticos.



Este avance ha sido liderado por John McGeehan, director del Centro de Innovación Enzimática de la Universidad de Portsmouth, y Gregg Beckham, investigador del Laboratorio Nacional de Energía Renovable en Estados Unidos. La investigación ha sido publicada en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*, consolidando a esta nueva tecnología como un posible pilar en el futuro del reciclaje y la sostenibilidad ambiental.

El proyecto, que comenzó en 2018, se centró inicialmente en el desarrollo de la enzima PETasa, derivada de una bacteria descubierta en un centro de reciclaje de Japón en 2016. La PETasa es capaz de descomponer el Tereftalato de Polietileno (PET), un plástico comúnmente utilizado en botellas y textiles, en solo unos días, a diferencia de los cientos de años que este material tarda en degradarse de forma natural.



En 2020, los científicos mejoraron esta tecnología combinando la PETasa con otra enzima, MHETasa, también presente en la misma bacteria. Esta combinación no solo duplica la velocidad de degradación del PET, sino que devuelve el plástico a sus componentes originales, permitiendo que se reutilice indefinidamente y reduciendo así la dependencia de los recursos fósiles como el petróleo.

El descubrimiento representa un avance clave en la lucha contra los desechos plásticos, especialmente en el reciclaje de materiales como el PET, que se utiliza en productos cotidianos como botellas, alfombras y ropa. A pesar de los avances, el equipo reconoce que la PETasa por sí sola aún no es suficientemente rápida para el manejo de grandes volúmenes de residuos plásticos. Sin embargo, la combinación con MHETasa abre la puerta a soluciones de reciclaje más eficientes y energéticamente sostenibles.

Otro caso es el de Carbios, empresa francesa del sector de la bioquímica que ha liderado el desarrollo de tecnologías basadas en enzimas para descomponer plásticos como el PET. En colaboración con investigadores de la Universidad de Toulouse, liderados por el profesor Alain Marty, han desarrollado una enzima capaz de descomponer plásticos de manera eficiente, lo que

podría transformar el tratamiento de residuos plásticos. Esta enzima, derivada de una originalmente descubierta en Japón en 2010, ha sido modificada para descomponer el PET (tereftalato de polietileno), un plástico común utilizado en botellas y textiles, en sus componentes básicos. El proceso, comparado con "tijeras moleculares" que cortan los enlaces plásticos, permite la reutilización de estos materiales. Tras varias rondas de modificaciones, lograron una enzima 10,000 veces más eficiente que la original y capaz de operar a 72 °C, temperatura cercana al punto de fusión del PET. En pruebas, la enzima LLC descompuso el 90% de 200 gramos de PET en 10 horas, lo que permitió producir nuevo PET de alta calidad para fabricar botellas. Aunque todavía no se sabe si será económicamente viable, su capacidad para reciclar PET de diferentes colores y mezclas plásticas representa una ventaja significativa. Sin embargo, la enzima no puede reciclar otros tipos de plásticos como el polietileno o el poliestireno.

La empresa Carbios, fundada para escalar esta tecnología, opera una planta en Francia que procesa plásticos como textiles ricos en poliéster y botellas de PET, un paso significativo hacia la reducción de residuos plásticos. Carbios planea abrir una nueva fábrica en 2025 con capacidad para reciclar 50.000 toneladas de residuos de PET anualmente, lo que equivale a reciclar dos mil millones de botellas. La compañía también busca licenciar su tecnología a otras empresas y ya ha formado alianzas con gigantes como Nestlé, L'Oréal y PepsiCo.

Aunque la tecnología enfrenta retos económicos, como el costo superior de los productos químicos reciclados frente a los petroquímicos, se espera que, con el acceso a más materiales reciclables, estos costos disminuyan. Carbios continúa explorando soluciones para plásticos más complejos, como el nylon, lo que subraya la necesidad de seguir investigando y desarrollando enzimas especializadas. Esta innovación es vista como un avance crucial en la lucha contra la contaminación plástica, con potencial para cambiar la industria del reciclaje a nivel global.

Si bien estos avances prometen transformar la



gestión de plásticos, algunos críticos señalan que los costos asociados con la producción y el escalado industrial de estas enzimas aún son elevados, lo que limita su adopción masiva. Además, el impacto ambiental de la producción de enzimas a gran escala también es un tema de debate en la comunidad científica.

### Robótica e Inteligencia Artificial: Automatización en las Plantas de Reciclaje

La implementación de inteligencia artificial (IA) y robótica en las plantas de reciclaje ha mejorado significativamente la eficiencia en la clasificación y procesamiento de residuos. Equipos robóticos pueden identificar y separar materiales reciclables con una precisión superior a la del ser humano, reduciendo el desperdicio y aumentando la cantidad de material que puede ser reutilizado.

ZenRobotics, una empresa finlandesa, ha desarrollado sistemas robóticos que utilizan visión artificial y sensores para identificar y clasificar residuos en tiempo real. Estos robots son capaces de aprender y mejorar su rendimiento con el tiempo, gracias a algoritmos de IA. Un estudio

de la Universidad de Stanford (2022) demostró que la implementación de sistemas de IA en plantas de reciclaje puede aumentar la tasa de recuperación de materiales hasta en un 50%.

En América Latina, el Grupo AIE en México ha incorporado robótica en sus plantas de reciclaje, logrando aumentar la recuperación de plásticos y otros materiales, mientras que en Asia Fanuc en Japón ha utilizado IA para optimizar sus operaciones de reciclaje de residuos electrónicos, contribuyendo a una economía circular eficiente. Las innovaciones tecnológicas en el reciclaje están transformando la forma en que gestionamos los residuos, contribuyendo significativamente a la mitigación del cambio climático. Aunque existen desafíos, como el alto costo de ciertas tecnologías y los debates en torno al reciclaje químico, estas innovaciones están ofreciendo soluciones más limpias, eficientes y sostenibles. Empresas de todo el mundo están implementando estas tecnologías, desde Europa hasta Asia y América Latina, contribuyendo a la creación de una economía circular que será clave en los próximos años.



# Estrategia cubana para enfrentar el cambio climático



En el marco de la asistencia a sesión periódica de la Secretaría de Cambio Climático en Bonn, Alemania, el periódico *junge Welt* realizó una entrevista a Odalys Caridad Goicochea Cardoso, Directora de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente de Cuba. La entrevista realizada por Annuschka Eckhardt, abordó como tema central los Impactos del Cambio Climático para la Isla y su población y la Estrategia del gobierno para enfrentar estos retos. A continuación, ofrecemos la traducción íntegra de la entrevista publicada en periódico antes mencionado tomada del sitio web Red Cubana de la Ciencia (<http://www.redciencia.cu>).

Cuba sólo es responsable del 0,08% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>, pero sufre de forma desproporcionada los efectos del cambio climático. **¿Qué efectos sufre la población en particular?**

Las emisiones de gases de efecto invernadero son realmente insignificantes, pero como nación insular, Cuba se ve gravemente afectada por el cambio climático. Los resultados de la ciencia cubana indican que estos impactos están actualmente relacionados con el aumento de la temperatura media anual en un grado, el incremento

de la intensidad y la frecuencia de fenómenos como los huracanes y las sequías, y el aumento del nivel del mar. Los cambios en la disponibilidad de agua y la disminución de los recursos hídricos potenciales son fatales. Los estudios científicos indican que en 2050 se habrá perdido superficie terrestre debido al aumento del nivel del mar. Esto tendrá graves consecuencias para los asentamientos costeros y la salinización de las aguas subterráneas debido al avance de la cuña salina.

**¿Cuáles son las consecuencias para la población?**

Sin duda, todo esto tiene un impacto directo sobre la población, su salud y sus medios de subsistencia, ya que se ven gravemente afectados por estas consecuencias. Por este motivo, el plan del Gobierno para hacer frente al cambio climático, conocido como "Tarea Vida", ha establecido como prioridades, la protección de la población que vive en zonas vulnerables y la garantía de la seguridad alimentaria. Para ello, se han propuesto una serie de medidas de vigilancia y control de las variables que pueden afectar la salud y el bienestar de la población. En este sentido, el plan gubernamental de gestión del cambio climático incluye toda una serie de

¿Usted pondría una página de anuncios en blanco?

Nosotros si...

Porque esta página esta pensada para usted.

Anunciate con nosotros



medidas de seguimiento, observación y, lo que es más importante, alerta temprana. La población siente en particular los efectos del aumento de las temperaturas, que reduce la calidad de vida durante los meses de calor. Lo que resulta alarmante, es que el aumento de la temperatura también está relacionado con enfermedades crónicas como la hipertensión, que también pueden afectar la salud de la población.

Si no se toman medidas para proteger las regiones costeras del aumento del nivel del mar, hasta un diez por ciento del territorio cubano podría quedar inundado a finales de siglo. **¿Cómo afronta Cuba el actual aumento del nivel del mar?**

Hay varios asentamientos en la costa que se verán afectados por el aumento del nivel medio del mar y algunos de sus habitantes perderán todas sus erras. Por ello, la "Tarea Vida" ha diseñado medidas estratégicas para el alojamiento y reasentamiento de estas poblaciones y de las instituciones ubicadas en estos lugares. Las primeras medidas rentables que se están considerando son soluciones basadas en la naturaleza: la restauración de ecosistemas costeros como arrecifes de coral, manglares y playas arenosas. Existen proyectos destinados a este tipo de medidas, como "Manglar Vivo", financiado por el Fondo de Adaptación y que planta manglares en el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque.

Cuba es considerada un líder mundial en desarrollo sostenible: **¿podría hablarnos un poco más del plan del gobierno para comba el cambio climático, la Estrategia Ambiental Nacional?**

El Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social 2030 de Cuba contempla un desarrollo sostenible, resiliente y bajo en emisiones. Con este objetivo y con el antecedente de la política medioambiental de Cuba desde el triunfo de la Revolución en 1959, el país ha adoptado una serie de políticas climáticas públicas que forman parte de sus esfuerzos por lograr un desarrollo sostenible. La Estrategia Ambiental Nacional es el instrumento más importante de la política am-

biental cubana. Realizamos un diagnóstico de la situación ambiental, definimos los principales problemas e identificamos indicadores para medir los avances. Trabajamos en dos niveles, el local y el sectorial. El plan nacional de lucha contra el cambio climático es la estrategia a más largo plazo, hasta el año 2100. Su objetivo es gestionar los efectos del cambio climático y desarrollar medidas de reducción de emisiones que permitan un desarrollo con bajas emisiones. Actualmente se está trabajando en las proyecciones hasta 2025, para las que se han definido los resultados esperados y los indicadores para su seguimiento, en los que se basa este plan. Cuba también está actualizando su programa nacional de biodiversidad para 2030.

Los países que apuestan por "soluciones de mercado" al cambio climático y tratan de incentivar los beneficios privados, no están asumiendo la lucha contra el cambio climático. **¿Por qué esto es diferente en Cuba?**

La estrategia para la transición a una economía circular incluye entre sus principios fundamentales la conservación de los recursos naturales y los ecosistemas: el diseño y la gestión respetuosos con los residuos y el me-

“...nuevo hábitat microbiano marino relacionado con los plásticos, la "plastisfera"...”

medio ambiente, así como la optimización del uso de los materiales y productos disponibles en el país. Su objetivo general es promover la implantación de modelos circulares que, a través de la extensión de la vida útil de los materiales y la reducción de emisiones, sean resilientes y eficientes en el uso de los recursos naturales, y estén en concordancia con los principios del desarrollo sostenible, y esto con la participación de todos los actores de la sociedad. Esta estrategia promueve el desarrollo de negocios circulares, que eviten la generación de residuos y optimicen el uso de los recursos.

De selva tropical a campos de caña: Siglos de explotación colonial e imperialista y el modelo agrícola de exportación impuesto a Cuba han provocado la deforestación crónica y la erosión del suelo en Cuba. **¿Cómo avanzan los programas de reforestación?**

Cuando triunfó la Revolución, la superficie forestal representaba el 13,4% de la superficie total del país. El gobierno revolucionario se ocupó de este problema y puso en marcha un programa de reforestación, y como resultado este indicador pasó de 1 000 769 hectáreas en 1959 a 3 301 204 hectáreas en 2020, alcanzando hasta la fecha un índice de cobertura forestal del 31,8 por ciento, con un potencial existente en el país que no supera el 33 por ciento. Actualmente se sigue trabajando en mejorar la gestión forestal, que consiste en el aumento continuo de la superficie boscosa, la conservación y la gestión eficaz de los bosques. Esta permite aumentar la productividad de los ecosistemas forestales y promover así una mayor oferta de bienes y servicios ambientales en términos de cantidad y calidad. Ello redundará en la resiliencia de los propios ecosistemas, los paisajes productivos, los macizos montañosos, las cuencas hidrográficas y los asentamientos humanos. De este modo, se contribuye a la lucha contra el cambio climático y al bienestar de la sociedad. El programa nacional de mejora y conservación de los suelos sigue abordando todas las cuestiones relacionadas con la erosión, la compactación y la salinización de los suelos, teniendo en cuenta todos los descubrimientos científicos.

Cuba fue uno de los primeros países del mundo en incluir en su Constitución la protección del medio ambiente, en 1976. **¿En qué medida han cambiado las estrategias y los planteamientos desde entonces?**

Recordemos que en 1992 se incluyó en la Constitución de la República el "desarrollo económico y social sostenible" y en 2019 se aprobó el artículo 75 de la Constitución vigente, que establece el "derecho a un medio ambiente sano y equilibrado". Todo ello ha llevado a la actualización sistemática de nuestra legislación ambien-

tal. De hecho, el 14 de mayo de 2022 se aprobó la Ley 150/2022 sobre el Sistema de Recursos Naturales y Medio Ambiente, que sustituye a la Ley n° 81 de 1997 "del Medio Ambiente". La ley actual se basa en el enfoque ecosistémico y refuerza el papel de liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en el ámbito de los recursos naturales, los ecosistemas y la lucha contra el cambio climático en coordinación con las autoridades, las instituciones y la sociedad en general.

En la conferencia de la ONU celebrada en Brasil en 1992, Fidel Castro pronunció un discurso alarmante y, para él, inusualmente corto. En él, subrayó que las relaciones internacionales de explotación y desigualdad se remontan a la historia del colonialismo y el imperialismo, y explicó por qué la destrucción del medio ambiente y el saqueo de los recursos son alimentados por las sociedades de consumo capitalistas y amenazan con acabar con la humanidad. **¿Por qué los Estados capitalistas siguen sin entenderlo?**

Como ya se ha mencionado, la Cuba socialista sólo es responsable de un ínfimo porcentaje de las emisiones globales de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, pero como nación insular en el Mar Caribe se ve desproporcionadamente afectada por los efectos negativos del cambio climático. Hablamos de problemas asociados al aumento de las temperaturas o a la intrusión de agua salada que puede afectar a nuestros acuíferos subterráneos. Otro triste ejemplo es la intensidad y recurrencia de sequías y ciclones extremos que ponen en riesgo nuestras vidas. Todo esto está relacionado con el hecho de que los Estados capitalistas no luchan contra el cambio climático, eso trataba el discurso de Fidel Castro.



# El Papel del Reciclaje en los Acuerdos Internacionales sobre el Cambio Climático



El cambio climático es uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo, y la gestión de residuos, particularmente el reciclaje, ha emergido como una herramienta clave dentro de las estrategias internacionales para abordarlo.

Desde el Acuerdo de París hasta los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), al igual que el resto de los compromisos internacionales, subrayan la necesidad de reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) mediante una gestión más eficiente de los residuos.

El reciclaje contribuye directamente a la mitigación del cambio climático al reducir la demanda de materias primas vírgenes, minimizar el consumo de energía y disminuir las emisiones derivadas de la producción y eliminación de residuos mediante la adopción de prácticas sostenibles, como el reúso y la economía circular.

Este artículo explora cómo el reciclaje está integrado en estos acuerdos y cómo los países están respondiendo a través de un enfoque en las políticas de reciclaje exitosas y los avances tecnológicos recientes al aumento de las tasas de reciclaje como parte de sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC).



El Acuerdo de París, firmado en 2015, tiene como objetivo central reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo por debajo de los 2 grados centígrados, y proseguir los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 grados centígrados.

Además, el acuerdo tiene por objeto aumentar la capacidad de los países para hacer frente a los efectos del cambio climático y lograr que las corrientes de financiación sean coherentes con un nivel bajo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y una trayectoria resistente al clima. Para alcanzar estos ambiciosos objetivos, es preciso establecer un marco tecnológico nuevo y mejorar el fomento de la capacidad, con el fin de apoyar las medidas que adopten los países en desarrollo y los países más vulnerables, en consonancia con sus propios objetivos na-



cionales, y movilizar y proporcionar los recursos financieros necesarios.

El Acuerdo de París exige a todas las Partes que hagan todo lo que esté en su mano por medio de contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC por sus siglas en inglés) y que redoblen sus esfuerzos en los próximos años. Esto incluye la obligación de que todas las Partes informen periódicamente sobre sus emisiones y sobre sus esfuerzos de aplicación. El Acuerdo también prevé un marco mejorado de transparencia para la acción y el apoyo.

El reciclaje es una de las medidas incluidas en el paquete de estrategias para alcanzar estas metas, ya que la gestión inadecuada de los residuos genera una cantidad significativa de emisiones de metano, un gas de efecto invernadero más potente que el dióxido de carbono.

Diversos estudios han subrayado la conexión entre la gestión de residuos y el cambio climático. Por ejemplo, se estima que la producción de materiales como el acero, el cemento y los plásticos representa más del 20% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. La implementación de políticas de reciclaje reduce la necesidad de fabricar productos nuevos a partir de materias primas vírgenes, lo que a su vez disminuye las emisiones de GEI relacionadas con la extracción

a los ODS, establecidos por las Naciones Unidas en 2015 como una agenda global para el desarrollo sostenible hasta 2030. En particular, el ODS 12 ("Producción y Consumo Responsables") incluye una meta específica relacionada con la gestión sostenible de los residuos: la meta 12.5 busca reducir significativamente la generación de desechos mediante medidas como la prevención, la reducción, el reciclaje y la reutilización.

Esta meta resalta la importancia del reciclaje no solo como una solución ambiental, sino como una pieza fundamental de la economía circular. Al cerrar el ciclo de los materiales y reducir la demanda de recursos naturales, el reciclaje ayuda a desacoplar el crecimiento económico de la degradación ambiental.

### Compromisos Nacionales: Reciclaje en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs)

A través de sus NDC, muchos países han adoptado metas específicas para incrementar sus tasas de reciclaje y así cumplir con los compromisos climáticos establecidos en el Acuerdo de París. Algunos ejemplos notables incluyen:



Alemania: Como líder mundial en reciclaje, Alemania ha implementado una política de residuos que incluye estrictas leyes de separación de basura y reciclaje en todos los sectores de la economía. El país ha alcanzado tasas de reciclaje superiores al 65% en residuos municipales, y se ha comprometido a seguir mejorando sus infraestructuras de reciclaje de plásticos y residuos industriales como parte de sus NDC.

Japón: A través de su estrategia de "Cero Residuos", Japón ha integrado el reciclaje en su plan nacional para reducir las emisiones de carbono. El país ha logrado una tasa de reciclaje de más del 80% para envases de plástico y vidrio, y está invirtiendo en nuevas tecnologías, como el reci-

### OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



y el procesamiento de dichos materiales.

El Acuerdo de París alienta a los países a integrar el reciclaje como una acción clave dentro de sus NDC, comprometiéndose a adoptar políticas que fomenten la economía circular y la reducción de residuos, lo que tiene un impacto directo en las emisiones de carbono.

### Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Reciclaje

El reciclaje también está directamente vinculado

claje químico, para ampliar sus capacidades en este ámbito.

Chile: Este país sudamericano ha sido pionero en la adopción de políticas de reciclaje dentro de su NDC, incluyendo la Ley REP (Responsabilidad Extendida del Productor), que obliga a las empresas a hacerse cargo de los residuos que generan sus productos, desde los envases hasta los residuos electrónicos. Chile también ha implementado iniciativas para mejorar el reciclaje en áreas rurales y ha fomentado alianzas público-privadas para aumentar la capacidad de reciclaje a nivel nacional.

### El Reciclaje en la Reducción de Emisiones de Carbono

En la reciente COP 28, se discutieron las inversiones en tecnologías de reciclaje avanzadas como parte de las estrategias globales para descarbonizar la industria del plástico. Países como Suecia y Corea del Sur han comenzado



a adoptar tecnologías de reciclaje químico, que permiten reciclar productos plásticos complejos que anteriormente eran inviables para el reciclaje mecánico.

El reciclaje, especialmente el reciclaje avanzado de plásticos y el reciclaje químico, ha sido identificado como una de las áreas tecnológicas más prometedoras para reducir las emisiones de GEI en las próximas décadas. Según un informe reciente de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el reciclaje global podría reducir las emisiones anuales en hasta 1.5 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente para 2050.

Estudios de Caso: Políticas de Reciclaje Exitosas y sus Impactos en el Clima

Suecia ha desarrollado un sistema de gestión de residuos altamente eficiente, que incluye la quema controlada de residuos no reciclables para la generación de energía, logrando reducir sus

emisiones a niveles muy bajos. El país también recicla casi el 99% de sus residuos domésticos, lo que ha reducido significativamente la cantidad de basura enviada a vertederos.

“...cero  
residuos  
para  
2050”...

”

Corea del Sur es un ejemplo de cómo una política integral de residuos puede tener un impacto positivo en el medio ambiente. La política de "Cero Residuos para 2050" incluye medidas

para aumentar la tasa de reciclaje de residuos plásticos y electrónicos y ha demostrado ser exitosa en la reducción de las emisiones relacionadas con los residuos.

Desafíos y Oportunidades para el Futuro

A pesar de los avances, muchos países aún enfrentan desafíos importantes para mejorar sus tasas de reciclaje. Los países en desarrollo, en particular, necesitan apoyo para construir infraestructuras de reciclaje eficientes y accesibles. La última COP 28 subrayó la importancia de la cooperación internacional y las inversiones en tecnología verde para cerrar la brecha entre los países más y menos desarrollados en términos de gestión de residuos.

Además, la transición hacia una economía circular dependerá de que se adopten políticas más estrictas sobre la reducción y gestión de residuos, así como de una mayor conciencia pública sobre los beneficios ambientales y económicos del reciclaje.

El reciclaje ha pasado de ser una simple acción ambiental a convertirse en una herramienta esencial en la lucha contra el cambio climático. A medida que el mundo avanza en la implementación de los compromisos establecidos en el Acuerdo de París y los ODS, es crucial que los países fortalezcan sus políticas de reciclaje y adopten tecnologías avanzadas que permitan una mayor eficiencia en el uso de recursos. El reciclaje, en conjunto con la economía circular, representa una oportunidad única para reducir las emisiones globales de carbono, cerrar el ciclo de los materiales y mitigar los efectos del cambio climático.



## **EMPRESA DE INGENIERIA DEL RECICLAJE**

**Calle Zapata #1558 e/ Paseo y 2. Vedado.Plaza de la Revolución. Cuba**

 [\*\*observatorio@isde.co.cu\*\*](mailto:observatorio@isde.co.cu)

 [\*\*observatorio.reciclaje.cu\*\*](http://observatorio.reciclaje.cu)

 [\*\*observatorio-cubano-del-reciclaje\*\*](https://www.linkedin.com/company/observatorio-cubano-del-reciclaje)

 [\*\*observatorio tecnologico\*\*](https://www.facebook.com/observatorio-tecnologico)