

Análisis de los beneficios percibidos de la Economía Circular en México

Proyecto: Evaluación de la situación actual de la Economía Circular para el desarrollo de una Hoja de Ruta para Brasil, Chile, México y Uruguay

RFP/UNIDO/7000003530

Octubre 2020

Factor
Ideas for change



ASDF | AMERICAS
SUSTAINABLE
DEVELOPMENT
FOUNDATION

 **CTCN**
CLIMATE TECHNOLOGY CENTRE & NETWORK





ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	5
2	ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS PERCIBIDOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR PARA MÉXICO	6
2.1	CONSIDERACIONES INICIALES EN TORNO A LA ECONOMÍA CIRCULAR.....	6
2.2	LOS BENEFICIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR	8
2.3	LOS PRINCIPIOS.....	10
2.4	BENEFICIOS PERCIBIDOS EN LA ECONOMÍA CIRCULAR A NIVEL NACIONAL.....	11
2.5	BENEFICIOS PERCIBIDOS EN LA ECONOMÍA CIRCULAR A NIVEL SECTORIAL	14
2.6	BENEFICIOS PERCIBIDOS EN EL MANEJO DE MATERIALES AL FINAL DE SU USO	18
2.7	LA ECONOMÍA CIRCULAR COMO ESTRATEGIA PARA ALCANZAR LAS METAS COMPROMETIDAS EN LAS CONTRIBUCIONES NACIONALMENTE DETERMINADAS (CNDs) Y PARA LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE ESTABLECIDOS EN LA AGENDA GLOBAL DE DESARROLLO 2030	33
3	ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR PARA MÉXICO	44
3.1	EL CONTEXTO PARA EL ANÁLISIS DE LA ECONOMÍA MEXICANA.....	44
3.2	LOS BENEFICIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR COMO ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	45
3.3	LOS BENEFICIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR COMO ESTRATEGIA DE TRANSFORMACIÓN SOCIAL	47
3.4	LOS BENEFICIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR COMO MOTOR DE DESARROLLO SUSTENTABLE PARA EL LARGO PLAZO.....	53
4	LAS CONTRIBUCIONES DE LA ECONOMÍA CIRCULAR PARA MÉXICO	57
4.1	LOS BENEFICIOS RECONOCIDOS POR LOS SECTORES CLAVE.....	57
5	RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	65
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
	ESTE REPORTE ES CARBONO NEUTRO	76



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Generación anual de RME en México (PGRP) 2011-2018, por año de estudio [toneladas]	25
Tabla 2. Generación de residuos de construcción, 2018	26
Tabla 3. Generación de RP por tipo de residuo, periodo 2004- 2017	28
Tabla 4. Emisiones nacionales de GEI según el escenario tendencial y las metas de reducción NDC comprometidas de manera no condicionada, 2020-2030.	34
Tabla 5. Fuentes clave de emisiones GYCEI, 2017.....	37
Tabla 6. Emisiones de CO ₂ e per cápita e intensidad de carbono por la quema de combustibles fósiles	38
Tabla 7. Emisiones de carbono negro, 2015.....	41
Tabla 8. Sectores industriales representados en esta etapa de proyecto y su nivel de impacto en la economía mexicana.....	57
Tabla 9. Beneficios en la implementación de estrategias encaminadas al cumplimiento de los compromisos adquiridos en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) y en la Agenda de los Objetivos de Desarrollo Sustentables (ODS).	61
Tabla 10. Estimación del flujo de materiales provenientes de la recolección de RSU, con alto potencial de Re-aprovechamiento	64



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre la generación de RSU, el PIB y el gasto del consumo final privado, México 2003-2015.....	21
Figura 2. Generación de RSU por Estado.....	22
Figura 3. Caracterización de RSU	23
Figura 4. Composición de RSU recolectados valorizables, 2016	24
Figura 5. Generación estimada de RP por entidad federativa 2014-2017	28
Figura 6. Importación de RP por tipo 1995-2017	29
Figura 7. Exportación de RP por tipo de residuo 1995-2017	29
Figura 8. Capacidad instalada autorizada para el reciclaje reutilización, tratamiento, incineración y confinamiento de RP 2000-2014.....	30
Figura 9. Emisiones nacionales GEI según escenario tendencia (BAU) y las metas de reducción INDC comprometidas No-Condicionadas, 2020-2030.....	34
Figura 10. Emisiones de GEI por el categoría	38
Figura 11. Emisiones de GEI por el categoría	39
Figura 12. Emisiones GEI por sector productivo, año 2017	39
Figura 13. Distribución de las emisiones de carbono negro por sector, 2015.....	41
Figura 14. México, Consumo energético por sector, 1990-2017.....	46
Figura 15. Empleo No-Asalariado (%)	49
Figura 16. Mercado laboral de los empleados para México 2018.	50



1 Introducción

Este reporte presenta los resultados del **entregable 3.1** del proyecto: *Evaluación del estado actual de la Economía Circular para desarrollar una hoja de ruta para Brasil, Chile, México y Uruguay RFP/UNIDO/7000003530*. El reporte se enfoca específicamente sobre los resultados correspondientes al estudio que, como parte de ese proyecto regional, se desarrolla en México.

El reporte 3.1 es la primera de las cuatro partes correspondientes al entregable número 3 del proyecto al que hacemos referencia¹.

En el primer apartado se presenta el análisis de los beneficios percibidos por los actores y sectores clave que participaron durante esta etapa de diagnóstico con miras a la fase de elaboración de la hoja de ruta en economía circular para el país. Se parte de un entendimiento del contexto nacional, posteriormente se abordan los beneficios percibidos en la economía circular a nivel sectorial y finalmente se da una descripción de los flujos de materiales al final de su primer uso, donde se profundiza en conocer el estado actual de los sectores económicos principales y de aquellos modelos de negocio en la economía circular, que resultan clave como vía de re-valorización.

Se presenta, además, un análisis de los beneficios de la economía circular para México. En este apartado se explica con detalle el contexto de la economía mexicana para clarificar las particularidades que tendrán que ser tomadas en cuenta en la elaboración de la hoja de ruta en economía circular. Adicionalmente, se muestran los beneficios de contar con una estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático y cómo se vincula con este modelo de desarrollo circular y sustentable, enfatizando los beneficios sociales y económicos que genera en el mediano y largo plazo.

El último apartado trata sobre las contribuciones que la economía circular genera para los sectores clave de la economía mexicana y se presenta una correlación con la agenda de Contribuciones Nacionalmente Determinados (CND) ante el Acuerdo de París, y con las metas establecidas en los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) de la Agenda 2030.

Antes de iniciar, es importante explicar que este documento, así como el **entregable 3.2-3.3** están directamente vinculados con el marco de referencia y sistema de monitoreo del progreso en la implementación de la economía circular desarrollado para los cuatro países y presentado en el **Reporte 3.4**.

¹ El entregable 3 incluye los reportes 3.1, 3.2 y 3.3 y 3.4.



2 Análisis de los beneficios percibidos de la Economía Circular para México

2.1 Consideraciones iniciales en torno a la economía circular

Tomando como referencia a (Kirchherr, 2017), estudio en el que se revisaron 114 definiciones del concepto de **Economía Circular**, partimos de una **definición unificada** y sintetizada, como sigue:

*"La **Economía Circular** se define como un **sistema económico** en el que se reemplaza el concepto de "fin de la vida útil" de un producto o recurso, a través de **mecanismos** que por un lado **reducen la generación de desechos**, y por otro lado **facilitan la recuperación, reutilización, reciclaje y re-acondicionamiento de flujos de materiales, energía y agua para re-incorporarlos en nuevos ciclos** y procesos de producción, distribución y consumo. Este **modelo económico opera a nivel micro** (productos, empresas, consumidores), a nivel **meso** (parques eco-industriales) y a nivel **macro** (ciudad, región, nación y más allá), con el objetivo de lograr un **Desarrollo Sustentable** que crea simultáneamente valor ambiental, prosperidad económica y equidad social, **en beneficio de las generaciones actuales y futuras**".*

Una vez definido este punto de partida, es fundamental conectarlo con el contexto actual que vive el mundo, Latinoamérica como región de desarrollo y particularmente México como uno de los países líderes.

Desde el año 2015, el mundo ha experimentado una transformación sin precedentes en términos socio-ambientales, alcanzando un Acuerdo donde por primera vez 196 Naciones establecieron compromisos con el objetivo de frenar el Cambio Climático mediante el **Acuerdo de París**. A partir de este momento histórico, los países empezaron a desarrollar mecanismos que permitieran acelerar la adopción de tecnologías limpias y la implementación de modelos de desarrollo sustentable, al mismo tiempo que empezaron a poner en práctica políticas y estrategias orientadas a la descarbonización gradual de la economía, en otras palabras al desacoplamiento del crecimiento económico de las emisiones de GEI, causantes de la crisis climática actual.

La **Agenda Global de Desarrollo 2030**, liderada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), también lanzada en el año 2015 y con vigencia de quince años, tiene por objeto la transformación del modelo de desarrollo hacia la creación de un mundo más próspero, equitativo, donde se logre erradicar la pobreza en aquellas regiones vulnerables y que, a través de la innovación y la implementación de tecnologías limpias, se materialice un modelo de desarrollo sustentable que mitigue el nivel de daño ambiental, regenere los ecosistemas y garantice el balance entre el crecimiento económico y el bienestar social.

Durante estos cinco años, los avances de estas agendas han sido discretos, debido principalmente a las dinámicas e inercia con que operan los mercados y la falta de mecanismos que habiliten esta transición hacia el desarrollo sustentable.

Durante los primeros meses de este año 2020, el mundo ha sufrido los severos efectos de la emergencia sanitaria causada por el virus COVID-19, lo que ha trascendido a una profunda crisis económica global tras el colapso de los mercados durante semanas de inactividad en diversos sectores.

Para el caso particular de las regiones conformadas por países en vías de desarrollo y de bajos ingresos, esta emergencia sanitaria es un catalizador de una profunda crisis



social, ya que en estos países las tasas de empleo informal sobrepasan del 30% y en algunos casos latinoamericanos alcanzan índices del 50% (CEPAL/OIT 2019). Si a esto le agregamos las altas tasas de desempleo que se tenían antes de esta emergencia (que para México a finales de 2019, fue de 3.5% equivalente a los 2 millones de desempleados (INEGI 2019)) y le añadimos la rápida propagación del cierre de industrias (925 mil empleos formales perdidos para el periodo enero-junio de 2020, (IMSS 2020)), se observa un incremento masivo en la pérdida de los empleos formales.

En resumen, México al igual que los otros países latinoamericanos, atraviesa por un periodo de profunda transformación, causado por la combinación de una crisis climática, una crisis social latente agudizada por la actual emergencia sanitaria y por una crisis económica que se estima será de mediano plazo.

En definitiva, es urgente sentar las bases y trazar la ruta hacia la transición a un modelo económico circular que asegure un desarrollo sustentable para el largo plazo y una recuperación económica para los próximos cinco años. Para ello, los sectores industriales deberán acelerar su transición en la implementación de la innovación, las tecnologías limpias y costo-eficientes y la creación de nuevos empleos de mayor calidad. Al mismo tiempo los mercados deberán reconfigurarse mediante la creación de mecanismos habilitadores para esta nueva economía, que por un lado impulsen y desacoplen el crecimiento económico del impacto ambiental, y por el otro, aseguren el cierre de brechas de desigualdad social.

El propósito de este documento es mostrar un panorama general sobre los beneficios que la economía circular representa, todos aquellos beneficios percibidos por los actores clave participantes durante este proceso de diagnóstico y **cómo la economía circular se consolida como un vehículo para el cumplimiento de los compromisos del país ante el Acuerdo de París y ante los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) de la Agenda Global 2030.**

Los sectores representados² durante este proceso de diagnóstico son los siguientes:

- **Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos [CONCAMIN].**
- **Asociación Nacional de la Industria Química [ANIQ].**
- **Cámara del Papel [Cámara Nacional de la Celulosa y el Papel].**
- **Cámara Nacional del Cemento [CANACEM].**
- **Cámara Nacional del Acero [CANACERO].**
- **Socialab México.**
- **Investigación en materia de innovación, energía, cambio climático y desarrollo sustentable**, para lo que recurrimos a los siguientes centros e investigadores:
 - **Centro Mario Molina [CMM].**
 - **Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial [CIDESI].**

² Para más detalles sobre los sectores económicos y las organizaciones que los representó durante la etapa diagnóstica de este estudio, ver el **Reporte 2.4: Reporte de Evaluación.**



- Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México [IIUNAM].
- Consultores independientes en materia de economía circular, descarbonización de la matriz energética y agenda de mitigación/adaptación al cambio climático para ciudades y territorios en México.

2.2 Los beneficios de la economía circular

Al hablar de economía circular, es importante tener presente que los beneficios que este modelo de desarrollo genera están en diferentes planos y escalas. Esto se explica a continuación:

A pequeña y gran escala

Cuando se aborda desde una perspectiva de escala, los beneficios pueden ir desde lo micro, representado por procesos productivos específicos e ir hasta una escala macro de país o regional, pasando por un nivel intermedio definido como meso, que tiende un puente entre ambos, reflejando beneficios en encadenamientos productivos, parques y zonas industriales, sectores económicos y ciudades.

Beneficios directos

Los beneficios tangibles en primera instancia están directamente relacionados con el **manejo costo-efectivo de flujos de materiales, energía y agua** en una vía sustentable. Esto va orientado en hacer uso de éstos para la producción de satisfactores, pero bajo un enfoque de cierre de ciclo donde puedan retornar al proceso manteniendo su valor en circuitos de re-uso y re-aprovechamiento a través de procesos eficientes y limpios.

Desde la perspectiva de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) del Acuerdo de París, los impactos positivos directos en la adopción de un modelo de economía circular se reflejan en la mitigación de GEI en diferentes sectores y escalas, tales como en la generación energética con fuentes más limpias y renovables, en la conversión tecnológica de los vehículos del sistema de transporte público y privado, a lo largo de todos los encadenamientos productivos que va desde fases de extracción de materias primas, procesos de transformación, cadenas logísticas y en la reducción de los volúmenes de materiales que regularmente van a disposición final al término de su vida útil. Según el informe **Completando la imagen cómo la economía circular ayuda a afrontar el cambio climático**, publicado por la Fundación Ellen MacArthur (2019), cerca del 45% de las emisiones de GEI globales, se podrían mitigar bajo un modelo económico circular, de ahí la importancia en la adopción de un modelo de desarrollo sustentable y bajo en carbono. En las conclusiones del documento mencionado se cita lo siguiente:

“Una economía circular ofrece un enfoque rentable y sistémico para enfrentar este desafío. Este documento muestra que, cuando se aplican a cuatro materiales industriales claves (cemento, acero, plástico y aluminio), las estrategias de economía circular podrían ayudar a reducir las emisiones un 40% hasta el 2050. Cuando se aplican al sistema alimentario, la reducción podría llegar al 49% el mismo año. De manera general, esas reducciones podrían acercar las emisiones de esas áreas un 45% más a las metas de emisiones netas cero”



Otros beneficios directos están asociados a **la competitividad que las industrias y sectores ganan al mitigar la dependencia en el uso de materias primas vírgenes** (con volatilidad de precios en muchos mercados), en **la reducción de desperdicios o desechos que demandan recursos adicionales para su gestión y disposición final**, y en **la re-valorización de estos insumos que se intercambian comercialmente en mercados de materias primas recuperadas** o componentes de segunda mano.

En términos energéticos, los beneficios se materializan a través de **la eficiencia energética** en un primer grado, en la **co-generación gracias al aprovechamiento energético de materiales que no pueden ser reciclados** y en un tercer grado, mediante **el intercambio energético entre procesos industriales**, bien sea dentro o fuera de las fronteras de la industria que la transfiere.

En materia hídrica, los beneficios más evidentes están relacionados con un **uso racional y responsable del recurso hídrico**, un debido tratamiento y saneamiento para posibles re-usos e incluso para un vertimiento adecuado que evite la contaminación de aire, suelos y mantos acuíferos.

En resumen, **los beneficios directos del uso y gestión responsable e inteligente de los flujos de materiales, energía y agua se traducen como: a) reducción en el consumo, b) re-valorización al final del uso, c) recorte de costos en la disposición final, d) transparencia y trazabilidad en la gestión inteligente y sustentable, e) Cumplimiento normativo y regulatorio y f) acceso a incentivos tributarios, inversión y financiamiento sustentable.**

Beneficios adicionales

Al contar con industrias que apuestan por procesos circulares, no sólo se obtienen impactos positivos en términos productivos y en la creación de sinergias entre industrias. También **se desarrolla innovación y conocimiento** que por un lado **genera ventaja competitiva en la organización o sector**, y por otro, **fortalece la oferta de empleo de mayor calidad** requiriendo personal con mayores competencias e impulsa el despliegue de **proyectos de investigación y desarrollo de patentes**.

Desde una óptica comunitaria, en contextos sociales de alta complejidad, la economía circular representa una **oportunidad de desarrollo de economías locales con vocación alineada con la naturaleza de los recursos disponibles en la zona**. Un ejemplo de esto son las localidades aledañas a aquellas operaciones petroleras que se han ido degradando económicamente y que, ante la transición de los mercados energéticos que poco a poco van desplazando los hidrocarburos como combustibles principales, deberán definir una nueva vocación productiva que asegure la prosperidad de la comunidad en su conjunto en balance con el medio ambiente del que depende.

Otro caso particularmente importante para México son aquellas comunidades donde por cuestiones de vulnerabilidad socio-económica, los hombres han migrado a los Estados Unidos en busca de mejores oportunidades laborales y han dejado a las familias, que en su mayoría están conformadas por mujeres, ya que los hijos varones al cumplir una edad productiva, migran de igual manera. En estas localidades, existen diversos depósitos de materiales descartados como residuos de industrias y mercados cercanos, lo que da pie a economías informales de recicladores y sin las condiciones que garantice un empleo digno.



En este contexto, **la creación de economías circulares comunitarias, además de generar ingresos justos por una nueva vocación económica en el intercambio y revalorización de flujos de materiales, también es capaz de crear redes de pequeños productores agrícolas que, por medio de modelos de agricultura sustentable, regeneren su entorno y los recursos naturales que disponen para mantener su soberanía alimentaria y económica.** El resultado asociado a esto es la regeneración del tejido social a través de la Comunidad.

Otros beneficios indirectos

Al abordar la transición hacia la economía circular mediante una hoja de ruta, se identifica, además de una necesidad de crear los mecanismos habilitantes, y de desarrollar o adoptar las tecnologías limpias, **impulsar la investigación y desarrollo de proyectos de innovación que redefina las formas de consumo y producción mediante las que se satisfacen las necesidades del mercado y las ciudades.** Para ello, deberá existir una estrecha articulación entre los principales sectores, donde la academia forme a los estudiantes en los conocimientos y competencias que la industria en transición demanda. En este sentido, los gobiernos Federal, estatales y municipales deberán encargarse de asegurar el acceso a los programas educativos y sociales que faciliten estos procesos de formación. La industria debe ofrecer empleo de mayor calidad y preservarlo e incrementarlo como consecuencia natural del crecimiento económico que una mayor productividad y competitividad le asegura.

Así, la industria genera nuevos empleos, los gobiernos reducen sus tasas de desempleo a través de la atracción de inversión para el desarrollo sustentable, mientras la academia enfoca sus programas hacia el desarrollo de habilidades y competencias para estos nuevos empleos y para el desarrollo de investigación e innovación que brinde soluciones para la transición del país. En este contexto, la sociedad civil cumple un rol determinante con una permanente veeduría, para que la administración pública asegure el bienestar social, garantice los derechos de los ciudadanos y tome las decisiones estratégicas para que el país se encamine hacia la consecución de metas y el cumplimiento de los objetivos trazados.

2.3 Los principios

En el contexto del desarrollo de este análisis diagnóstico, para posteriormente elaborar la hoja de ruta en Economía Circular para México, se presentan estos principios sobre los que se centran las conclusiones del análisis:

- **Principio 1 - Diseñar sin residuos y sin contaminación:** *Este principio establece que la fase de diseño es fundamental para determinar los impactos ambientales de productos y servicios, por lo tanto, para evitar fallas de diseño tales como la basura y la contaminación es necesario diseñar productos, servicios y modelos de negocio que permitan la recirculación de materiales saludables en ciclos infinitos en la economía, y pensados para impactar positivamente el medio ambiente.*

Este principio implica innovar en materiales e incorporar estrategias de diseño tales como diseño para modularidad y desensamble, y principios de diseño tales como los promulgados por el diseño Cradle to Cradle® y la biomimesis.



- **Principio 2 - Mantener productos y materiales en uso:** Este principio propone dejar de desperdiciar nuestros recursos al mantener productos y materiales circulando en la economía sin que terminen en los rellenos sanitarios. Para esto se debe diseñar productos y componentes de forma que estos puedan ser re-utilizados, reparados y re-manufacturados. En el caso de productos como alimentos o empaques, debemos crear sistemas efectivos para recuperar los materiales y reincorporarlos en las cadenas de valor.

Además, un concepto importante en este principio es el "poder del ciclo interior", es decir, que es más rentable prolongar la vida útil de un producto que reciclar los materiales que se incorporarán en la cadena de valor después de su uso. Este principio también abarca "el poder de dar vueltas más tiempo" fomentando la maximización del número de ciclos consecutivos (Ellen MacArthur Foundation, 2013a).

- **Principio 3 - Regenerar los sistemas naturales:** Además de proteger el medio ambiente, la Economía Circular propone mejorarlo activamente. En las palabras descritas por la Fundación Ellen MacArthur "en lugar de tratar de hacer menos daño al medio ambiente, deberíamos tener el objetivo claro de hacer el bien al medio ambiente. Al retornar nutrientes valiosos al suelo y otros ecosistemas, podemos mejorar nuestros recursos naturales".

2.4 Beneficios percibidos en la economía circular a nivel nacional

México, como una de las quince economías más grandes del mundo y como el quinto entre los doce países más mega-diversos del planeta, cuenta con el potencial necesario para generar un cambio de paradigma en su modelo de desarrollo económico y, por ende, social, asignatura que aún presenta un gran rezago al mantener indicadores de pobreza en niveles por encima del 40% promedio (CONEVAL, 2018) y en algunos estados particularmente, por encima del 75% (CONEVAL, 2019).

Si bien es cierto que ya se pueden identificar algunos avances en materia de economía circular, éstos se han ido dando de manera escalonada en sectores productivos específicos, lo que ha permitido desarrollar capacidades y ventaja competitiva para estas industrias, sin embargo, aún no se percibe como una tendencia generalizada en todos los segmentos de la industria, ni como un vehículo de desarrollo económico país.

Para el caso de **la industria del papel y el cartón**, en México se producen cerca de 22 millones de toneladas al año, para lo que se emplea 80% de material reciclado y sólo 20% de materia prima virgen proveniente de la tala de árboles (Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, 2018); esto representa sin duda, un avance significativo en el re-aprovechamiento de la celulosa y de otros materiales para su producción, y nos deja entrever algunas oportunidades para el despliegue de infraestructura que permita una mayor recuperación de material para su re-manufactura, para la mitigación del impacto ambiental en su obtención y en la intensidad requerida sobre los servicios eco-sistémicos necesarios para su procesamiento, tales como el uso intensivo del agua, energía, suelos y otros recursos naturales.

Desde la experiencia de los **sectores cementero y siderúrgico**, los mayores avances están en el re-aprovechamiento y co-procesamiento de subproductos y/o residuos que



son aprovechados energéticamente (combustibles alternos a base de residuos inorgánicos, sólidos urbanos, de construcción, etc.) o que pueden re-incorporarse a la cadena de producción como materia recuperada (chatarra, escombros, puzolanas, sílice, etc.). En casos muy específicos, también se puede observar que ya existen soluciones tecnológicas implementadas dentro de sus procesos productivos para el reaprovechamiento y re-inyección de energías residuales como vapor y gases terciarios en otros procesos que por su naturaleza no requieren temperaturas tan altas como en la fundición o calcinación de caliza. Esto abre la puerta para ir más allá en la búsqueda de mayores beneficios a través de la simbiosis industrial, bien sea en procesos propios de cada empresa, de un encadenamiento productivo o incluso en alianza con otras industrias, sin embargo, los mecanismos jurídicos, normativos y los instrumentos de mercado, aún están lejos de facilitarlo a gran escala.

Generalmente en México, la economía circular es percibida desde una perspectiva de reciclaje y disponibilidad de materias primas aprovechables bajo cierto nivel de degradación donde la valorización es mínima dentro de un concepto más asociado a un “desecho aprovechable” que al de un material con alto potencial para la producción y que se puede re-comercializar con valor agregado. Un ejemplo de esto, son los residuos que hoy se queman como combustibles alternos y se compran a un precio muy bajo. En otros países, un alto porcentaje de esa mezcla (que cumple con propiedades específicas para otros usos) es debidamente transformada en nuevos materiales con mayor valor agregado empleables en usos diversos, tales como empaques con alto contenido de material recuperado, en fabricación de moldes para elementos de construcción pre-fabricada, en la re-manufactura de productos para gestión logística (estibas, ganchos, cajones, etc.) o incluso como materiales de acabado para edificación como los pisos o superficies.

Bajo este enfoque, el reciclaje sigue siendo parte de un paradigma de economía lineal donde al final de la vida útil del producto, este material se podrá re-incorporar una y otra vez hasta que pierda su valor total y sus propiedades en el tiempo; por esta razón, el primer reto a sortear está en desmarcar a la economía circular de este proceso pobre de re-uso y degradación, desde una mirada revitalizada de negocios donde los flujos de materiales, de energía y los respectivos ciclos biológico y técnico de cada componente, hacen parte de un sistema económico que evita su degradación al llevarlos por diferentes circuitos de re-incorporación a los que se asocia un valor de mercado mayor, correlacionado directamente con sus propiedades, capacidades y características de super-ciclabilidad.

Para lograrlo, el eco-diseño de productos o de infraestructura debe ser intencionalmente dirigido hacia cada uno de los ciclos de recuperación, desensamblaje y re-incorporación que permita la re-utilización de los productos en primera instancia, de sus componentes en segunda instancia y finalmente, de sus materiales como insumos de entrada a nuevos procesos productivos. Los principios de diseño sobre los que se fundamenta *Cradle to Cradle®* y *la biomimesis* son un buen punto de referencia para iniciar la transición hacia la economía circular.

Actualmente, el mundo transita un proceso de adopción de **las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial**, lo que se conoce como la **convergencia de las tecnologías digitales, físicas y biológicas** que durante los últimos años han ido re-configurando la realidad. En otras palabras, la cuarta revolución industrial no es un desarrollo *per sé*, sino el **encuentro de nuevos desarrollos tecnológicos y los avances de la ciencia**. Estos



desarrollos se están aplicando en las diversas industrias y a diferentes escalas de mercado, lo que poco a poco va transformando la relación entre los sistemas de producción, nuestra forma de vida y la manera en que satisfacemos las necesidades esenciales para nuestro desarrollo. En definitiva, la industria 4.0 es un resultado de la combinación de tecnologías, tales como: el “internet de las cosas (IoT), la inteligencia Artificial (IA), el desarrollo de la blockchain, el uso de la “Big Data”, el aprendizaje automatizado (*machine learning*), la aplicación de la robótica, la impresión 3D, el desarrollo de nanotecnología y el diseño de ciudades inteligentes, entre otras tantas³.

Ante este escenario, tanto el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la investigación (entre ellas la adopción de las tecnologías de la industria 4.0), juegan un rol fundamental como habilitador de los circuitos mencionados; por un lado los mecanismos logísticos que de manera costo-efectiva permitan el intercambio de flujos de materiales y energía, mientras por el otro, los nuevos equipos y sistemas garanticen el re-aprovechamiento de éstos para una nueva producción limpia dentro de parámetros de alta eficiencia, bajo impacto ambiental (e incluso neutralidad) y de creación de valor compartido con el territorio y la comunidad de influencia.

En este sentido, está surgiendo un gran número de emprendimientos y desarrollos de soluciones sustentables a pequeña escala, tales como la producción de bioplásticos, biocombustibles, manufactura de equipos para generación de energía limpia, dispositivos y modelos para una movilidad sustentable, tecnologías para el re-aprovechamiento y re-valorización de materiales descartados, entre otros, que al no contar con una articulación sólida y directa con la academia, centros de investigación y programas e instrumentos de financiación, terminan por no madurar para entonces poder llevarlas hacia procesos de patente y replicabilidad que, en el mediano o largo plazo, permitiese una alta escalabilidad.

En paralelo, los sectores asociados a la producción o generación de plásticos de “un solo uso”, como empaques o embalajes, están recibiendo una alta presión regulatoria y social debido al cambio generacional del mercado del consumo. Las iniciativas de ley que recientemente han sido aprobadas en los diferentes contextos legislativos son prueba de esta tendencia.

Esta nueva realidad exige la implementación de procesos de innovación ambiciosos que vayan más allá de la eficiencia en la producción o en la recuperación de estos materiales para su re-incorporación. Este nuevo orden nos reta al re-diseño de productos y servicios desde un enfoque regenerativo, que además re-definan los patrones de comportamiento y re-configuren relación entre productor y consumidor, siempre desde una perspectiva de creación de valor.

México, además, debe entenderse como un país mega-diverso no sólo desde la óptica ambiental, sino social, con enormes vulnerabilidades ante el cambio climático y una diversidad de realidades sociales donde el común denominador es la desigualdad económica, la inequidad en el acceso a la educación de calidad y la marginación con respecto a las oportunidades de desarrollo (COLMEX 2018).

³ Ver definición del Centro para la Cuarta Revolución Industrial de Medellín, Colombia, una de las ciudades afiliadas a la Red de Centros para la Cuarta Revolución Industrial desarrollada por el Foro Económico Mundial. Disponible en: <https://www.rutanmedellin.org/es/cuarta-revolucion-industrial>



Finalmente, es necesario correlacionar la adopción de este modelo económico circular que genera alta competitividad empresarial con la agenda de mitigación y adaptación al cambio climático que el país está construyendo en pro del cumplimiento de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas ante el Acuerdo de París. El desacoplamiento del crecimiento económico de las emisiones de GEI, debe darse a través de un nuevo modelo de desarrollo, de ahí la vinculación de estas dos agendas que permitan el fortalecimiento de los encadenamientos productivos y sectores económicos principales, por un lado, al tiempo que reduzcan sus emisiones de GEI, externalidades e impactos socio-ambientales.

En este sentido, analizando el inventario de GEI (ver Tabla 3), se anticipan las siguientes vías de mitigación:

- La Eficiencia energética en los diferentes segmentos de mercado de consumo energético, donde se alcance una reducción de entre un 30.1% para el año 2035 (Ley de Transición Energética).
- El incremento en la matriz de generación de energía con fuentes renovables y limpias. Para finales de 2019, la participación de la energía eólica llegó al 7% y la solar fotovoltaica alcanzó el 4% (CENACE 2020); esta capacidad instalada podría duplicarse en un periodo corto, considerando que el potencial de generación con fuentes renovables (solar y eólica) se estima hasta en 280 TWh para 2030 (IRENA 2015), con lo que se lograrían reducciones significativas en la dependencia y uso de combustibles fósiles como fuente de generación, transporte y otros usos secundarios.
- La reducción de los volúmenes de residuos que van a disposición final (vertederos y rellenos sanitarios), incrementando la actual tasa de recuperación y reciclaje para los diferentes flujos de materiales que en su conjunto no supera el 9.6% del total aprovechado (SEMARNAT 2020).
- Las prácticas de agricultura y ganadería sustentable además de generar eficiencia en los costos de producción tienen un alto potencial de mitigación de GEI, mediante el aprovechamiento de biomásas y evitando la emisión de metano, uno de los gases con mayor potencial de calentamiento global.
- La producción industrial presenta desafíos en la eficiencia en el uso de los recursos para producción, en la gestión logística y de los flujos de materiales, en la reducción de la generación de residuos y en la reducción de la huella de carbono e hídrica en todo el ciclo de vida del producto y/o servicio.

2.5 Beneficios percibidos en la economía circular a nivel sectorial

La Economía Circular hoy se presenta como un modelo de desarrollo sustentable y que aporta directamente a las Contribuciones Nacionalmente Determinadas [CND] ante el Acuerdo de París, y a la mitigación de los daños ambientales e impactos sociales que esto conlleva, no obstante, es además una herramienta muy potente que permite aprovechar un sinnúmero de oportunidades en cada sector productivo, lo que detona la competitividad empresarial tanto a nivel micro, a nivel sectorial (meso) y macroeconómicamente.

Desde la perspectiva empresarial, se sabe que el marco regulatorio encargado de velar por el cumplimiento de las disposiciones de las leyes ambientales y sociales cada vez es más restrictivo imponiendo sanciones y condiciones que impactan negativamente en



la productividad y competitividad de la actual industria, todo esto desde un entendimiento del modelo económico lineal. En este sentido, la tendencia es que para cumplir con dichas responsabilidades, se deberá disponer de recursos económicos adicionales para estos fines, sin que éstos se perciban con un retorno a la inversión, sino como un gasto que castiga la rentabilidad de la industria.

Varias de las oportunidades que la **transición hacia una Economía Circular** brinda desde la gestión de los flujos de materiales y energética, requieren inversiones en infraestructura, tecnología, investigación y desarrollo de prototipos de nuevos productos o servicios. Eso es una realidad a la que muchas empresas o industrias hoy no pueden acceder tan directamente debido a las limitaciones financieras en su mayoría. Sin embargo, también **es importante aclarar que muchas otras oportunidades de rentabilidad, productividad y competitividad, están hoy al alcance de aquellas industrias que decidan convertirlas en una ventaja competitiva.** La vía más rápida y de menor inversión es la de **implementar buenas prácticas en sus procesos productivos, en la gestión de proveedores, y en los procesos asociados a la gestión del talento humano y a la cualificación del personal, sin que esto comprometa su desempeño financiero,** al contrario, en estos primeros ciclos de análisis e implementación es que se recuperan recursos económicos que habilitarán inversiones de mayor envergadura, como capital u operación para el mediano y largo plazo.

Antes de continuar, es fundamental hacer una aclaración conceptual entre **la transición** que un país en vías de desarrollo como México debe hacer **desde un modelo económico lineal hacia uno circular** y lo que significa **un modelo de desarrollo basado en la economía circular.** Para ello, se explican dos conceptos prioritarios:

- **Eco-Eficiencia:** Se refiere a todos aquellos procesos y tecnologías que ofrecen soluciones de alta eficiencia productiva, orientada además hacia la mitigación de los impactos negativos (socio-ambientales) y la reducción del consumo intensivo de recursos, pero que se fundamenta desde un modelo económico lineal. De acuerdo con el *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*, *“Ecoeficiencia se define como proporcionar bienes y servicios a un precio competitivo, satisfaciendo las necesidades humanas y la calidad de vida, al tiempo que se reduce progresivamente el impacto ambiental y la intensidad de la utilización de recursos a lo largo del ciclo de vida, hasta un nivel compatible con la capacidad estimada que puede soportar el Planeta”.*

Bajo este enfoque, el diseño de productos se mantiene dentro de los parámetros que las cadenas de reciclaje actual permiten, lo que se traduce en una degradación de los flujos de materiales que son aprovechados a su mínimo potencial, bien sea a través de tecnologías de generación energética a partir de la quema (Waste-to-energy, incineración, etc) y/o del reprocesamiento parcial de los materiales que no fueron diseñados intencionalmente para su revalorización total.

- **Eco-Efectividad:** Es un concepto que se centra en minimizar los procesos de la cuna a la tumba (*cradle-to-grave*) y crear circuitos de la cuna a la cuna (*cradle-to-cradle*), manteniendo el valor de los recursos (flujos de materiales técnicos o biológicos, energía y agua) en cualquier parte del ciclo económico.

En otras palabras, la eco-eficiencia busca alargar la vida del producto, sin embargo, al no ser diseñados para ser re-incorporados indefinidamente, terminarán tarde o



temprano en un vertedero o en incineración. De aquí la importancia de hacer la claridad entre **procesos eco-eficientes que se pueden implementar como oportunidades durante la transición hacia una economía circular**, y los **procesos eco-efectivos que deben desarrollarse en las diferentes industrias** como eje de competitividad, **en un paradigma de economía circular**, intencionalmente.

Para dar mayor claridad en la exposición de las oportunidades latentes en un modelo de economía circular para los principales sectores industriales en México, a continuación se expone a manera de ejemplo, el caso en que la **industria cementera** ha desarrollado ventaja competitiva en alineación con las mejores prácticas globales del sector, lo que hoy le permite ser un jugador clave en este mercado, donde México **ocupa el puesto número 14 como productor global y a lo que se asocia un 1% del aporte al PIB Nacional cada año** (CANACEM 2020).

Oportunidades en la transición de la economía lineal hacia la circularidad, capitalizadas por el sector cementero

- **Alianza Público-Privada:** El sector cementero y los gobiernos municipales (en diferentes localidades) han desarrollado un modelo de gestión compartida de RSU, donde el gobierno co-invierte en infraestructura (rellenos sanitarios alineados con estándares de operación y buenas prácticas internacionales), al tiempo que la industria co-invierte en infraestructura y tecnología para la separación en la fuente, separación y validación de materiales aprovechables en sitios de producción y en los procesos de trituración para la re-incorporación de estos flujos de materiales en procesos cementeros. Los beneficios son compartidos, ya que la municipalidad garantiza un relleno adecuado y con larga vida útil mediante procesos de disposición final trazables que evitan la contaminación del aire, suelo y cuerpos de agua, al tiempo que genera empleo tecnificado; desde la óptica de la industria cementera se obtienen materias convertibles en combustibles alternos y energía a precios competitivos con respecto a combustibles fósiles, con la ventaja de aportar en gran medida a la mitigación de emisiones de GEI y agregar valor reputacional, lo que representa mayor valor de marca y accionaria para sus inversionistas que hoy buscan poner sus recursos en operaciones más sustentables para el largo plazo.
- **Simbiosis Industrial:** Esta es una oportunidad que exige desarrollo de investigación y tecnología a gran escala, razón por la que el sector cementero ha incursionado visualizando sus plantas de producción como enormes laboratorios en los que se pueda desarrollar prototipos y validar la implementación de soluciones específicas que optimicen sus procesos por un lado, pero de los que resulten productos innovadores y de mayor calidad para el mercado; en este sentido se puede hablar de re-aprovechamiento energético conectando procesos donde la energía residual se transfiere hacia procesos donde se requiere menor temperatura, al grado de alcanzar un tercer ciclo de re-aprovechamiento energético donde la energía residual del segundo ciclo termine por ser re-aprovechada en procesos de secado de materias primas o de tratamiento de "residuos" con propiedades similares a las de aditivos que mejoran las características de los cementos y productos terminados como las cenizas volantes (fly-ash). En este ámbito, una de las asignaturas pendientes, está en el marco normativo que actualmente limita a un 30% el re-aprovechamiento de materiales como combustibles alternos (ver tabla 3 de la Norma NOM-040-



SEMARNAT-2002 (SEMARNAT 2002)), mientras que en países europeos, éste se puede llevar al 100%. Cabe enfatizar que además de lograr menores costos energéticos en la producción, se fortalece la independencia energética del sector.

- **Tecnologías de la industria 4.0:** En este ámbito, el sector cementero ha sido pionero, no sólo desde la instrumentación y automatización de procesos productivos que le dan **eco-eficiencia y productividad**, sino que ha ido llevando estas tecnologías incluso a la gestión logística y a la distribución y entrega de producto al cliente final. Esto se ha traducido en cambiar la forma de ver los vehículos de entrega y visualizarlos como unidades de negocio que facilitan un servicio de distribución donde la persona responsable (el conductor o chofer) es entrenado como a un gerente a cargo de dicha unidad de negocio; la tecnología ha sido un habilitador en todo el proceso de gestión y venta, ayudándose con tecnologías de geo-posicionamiento (GPS) y rastreo de unidades sincronizados con los sistemas de información de calidad (ERPs) y con la sistematización de la cadena logística; incluso existen ya algunos pilotos en logística inversa para retornar materiales de empaque re-aprovechable y que bajo la regulación de responsabilidad compartida, debe cumplirse. En conclusión, las tecnologías de la industria 4.0 representan un facilitador de procesos eco-eficientes en la transición hacia la economía circular, pero también una herramienta poderosa para habilitar nuevos modelos de negocio, y el eco-diseño de nuevos productos o servicios, dentro de los principios de la economía circular.

Tomando esta referencia en la que el sector cementero ha avanzado y capitalizado oportunidades desde una óptica de transición hacia la Economía Circular (eco-eficiencia), es fundamental que desde cada sector productivo se haga una reflexión sobre cómo capitalizar sus propias oportunidades durante esta etapa, pero sobre todo para re-pensar sus procesos productivos, la competitividad de sus cadenas de valor y la articulación multisectorial en la búsqueda ambiciosa de implementar una real economía circular .

Es fundamental referirnos a la **Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**, publicada en el año 2018 por la SEMARNAT y el INECC, documento que nos entrega un análisis profundo sobre las barreras que deben ser derribadas para el re-aprovechamiento energético y de los flujos de materiales para varios sectores productivos. Además, en este documento se identifican algunos de los mecanismos financieros, legales y regulatorios que deberán re-configurarse en una hoja de ruta hacia la economía circular.

Citamos a continuación, el prólogo de este documento:

*“La Sexta Comunicación Nacional muestra los avances logrados en México desde la presentación de su versión inmediata anterior en 2012, y el Segundo Informe Bienal de Actualización que pone al día la información presentada en 2015. Ambos documentos ofrecen información para conocer y evaluar las acciones, medidas y políticas que se desarrollan en el país, así como para promover sinergias entre sectores e **identificar fortalezas y debilidades para atender en los próximos años**, y reflejan el trabajo realizado por las dependencias federales, estatales y municipales, por los distintos sectores de la*



sociedad mexicana, así como por las instituciones académicas y organizaciones públicas y privadas más importantes del país, y la sociedad civil en general".

2.6 Beneficios percibidos en el manejo de materiales al final de su uso

En este apartado se explica detalladamente el estado actual de la gestión de materiales al final de su primer uso (llamados "residuos"). Estos flujos de materiales representan recursos re-valorizables dentro de un modelo de economía circular con alto potencial de re-aprovechamiento en diversas vías, bien sea como materias primas recuperadas, como piezas o componentes para ensamble, materiales para fundición o incluso como combustibles alternos para generación de energía.

En esta misma vía, se describen los modelos de negocio más efectivos y que cumplen una función clave como habilitadores de la economía circular.

2.6.1 Estado actual de la gestión de materiales al final de su uso en México

Marco Regulatorio

Para dar un contexto amplio sobre el estado actual de la gestión de materiales al final de su uso, es fundamental conocer el marco regulatorio vigente y la evolución que ha sufrido durante las últimas décadas, razón por la que se inicia con un resumen cronológico que permita comprender los datos de impacto que se presentan más adelante.

Desde el 08 de octubre del año 2003, México cuenta con la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [LGPGIR]** la cual tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente sano, al mismo tiempo que propiciar el desarrollo sustentable del territorio, a través de la prevención y reducción en la generación de residuos, la re-valorización y la apropiada gestión de los residuos sólidos urbanos [RSU], residuos peligrosos [RP] y residuos de manejo especial [RME]. Con esto se debe evitar la contaminación del capital natural, así como establecer las vías de remediación cuando esto sea requerido.

Los principios sobre los que está cimentada esta ley son la re-valorización de los materiales aprovechables, la responsabilidad compartida entre los diferentes actores de la cadena de producción y consumo, y el adecuado manejo y disposición por cada tipo de residuo no-aprovechable, todo bajo criterios de costo-eficiencia y mitigación del impacto ambiental y social negativo.

El 30 de noviembre de 2006 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el **Reglamento a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos**, instrumento de carácter Federal que tiene por objeto reglamentar el desarrollo de los Planes de Manejo de Residuos y, por tanto, la correcta aplicación de la LGPGIR en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción, por lo que su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]**.

Haciendo un breve recorrido durante el tiempo en que esta Ley ha estado vigente, encontramos las siguientes modificaciones, así como el desarrollo de normas técnicas y especificaciones para su aplicación, al tiempo que fue empleada como marco



regulatorio en la elaboración de leyes a nivel Estatal para algunas de las entidades federativas:

- **Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Querétaro.** 2004-02-19.
- **Norma Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002.** Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes. 2004-10-01.
- **Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003** - Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. 2004-10-22
- **Modificación** a la Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos. 2006-05-16.
- **Reglamento** de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. 2006-11-29.
- **Modificación** a la Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos. 2007-04-26.
- **Ley de prevención y gestión integral de residuos para el Estado de Baja California.** 2007-09-12.
- **Ley de residuos sólidos para el Estado de Morelos.** 2007-10-08
- **Decreto** por el que se adiciona una **fracción XIII al artículo 96** de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos para el diseño e implementación de instrumentos de control en la gestión de los residuos. 2012-04-17.
- **Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011** - Criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial [RME] y determinar cuáles están sujetos a la elaboración e implementación de un Plan de Manejo; el listado de estos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo. 2013-01-11.
- **Ley de residuos sólidos para el Estado de Zacatecas.** 2013-03-23.
- **Decreto** por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. 2013-04-03.
- **Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.** 2013-04-25.
- **Decreto por el que se reforma el artículo 1 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y el artículo 1 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.** 2013-10-02.
- **Decreto** por el que se **reforman y adicionan diversas disposiciones** de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. 2014-02-06
- **Decreto** por el que se **reforman los artículos 35 y 38** de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos donde se establece la **Participación**



Social en el ejercicio de la prevención y gestión integral de los residuos y el **derecho a la información**. 2014-10-22.

- **Decreto** por el que se **reforma el artículo 47** de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos mediante la que se regula la actividad de **pequeños generadores de residuos peligrosos**. 2015-04-08.
- **Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo**. 2019-04-15

El pasado **18 de junio de 2019**, fue publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo la **Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo [LPGIEC-Quintana Roo]** mediante el Decreto 337 y que toma como referencia el plan de acción que la Comisión Europea adoptó en 2015 como medida para acelerar su transición hacia un modelo económico circular con base en 54 medidas enfocadas a lograr el cierre de ciclo de los productos y servicios.

Dentro del marco de la firma del **Acuerdo Nacional para la Nueva Economía del Plástico, el mes de diciembre de 2019, el Senado de la República presentó la iniciativa de Ley General de Economía Circular [LGEC]**, la que se encuentra actualmente en proceso de estudio por las comisiones de Medio Ambiente, Cambio Climático y Recursos Naturales⁴.

Gestión Actual de los Residuos

A la luz de la Regulación vigente en México, el concepto "residuo" se define como todo material o componente que ha cumplido la vida útil para el propósito que fue diseñado o producido (primer uso) y que es desechado del ciclo de aprovechamiento, bien sea en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, y que está depositado en contenedores o recipientes que deben ser sujetos a tratamiento o un proceso de disposición final en cumplimiento con las disposiciones de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [LPGIR]. Estos residuos deben ser clasificados de acuerdo a sus propiedades, características y origen, para lo que se han definido tres grandes grupos: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP) (SEMARNAT, 2019a).

Residuos Sólidos Urbanos [RSU]: Son todos aquellos que se generan en las viviendas, centros laborales (oficinas o establecimientos comerciales), o que se originan como resultado de cualquier actividad desarrollada en establecimientos y/o vía pública. Según datos presentados en el 5to Informe de Gobierno de la Presidencia de la República del año 2017, en México se generan cerca de **45 millones de toneladas anuales de RSU**, lo que se proyecta como un **incremento de entre el 40-50% para 2030**, alcanzando los 65 millones de toneladas de RSU para entonces. Si calculamos el índice de generación de RSU per cápita para 2017 el valor fue de alrededor de **0.944 kg/día/habitante**, es decir, que para el mismo periodo, el incremento per cápita sería del 30% en la tasa de generación, considerando que actualmente hay un 15% de RSU que no es recolectado y del que no se tiene información precisa (SEMARNAT 2020).

Para economías en vías de desarrollo como es el caso de México, el incremento en la tasa de generación de RSU está acoplado tanto con el nivel del gasto para consumo

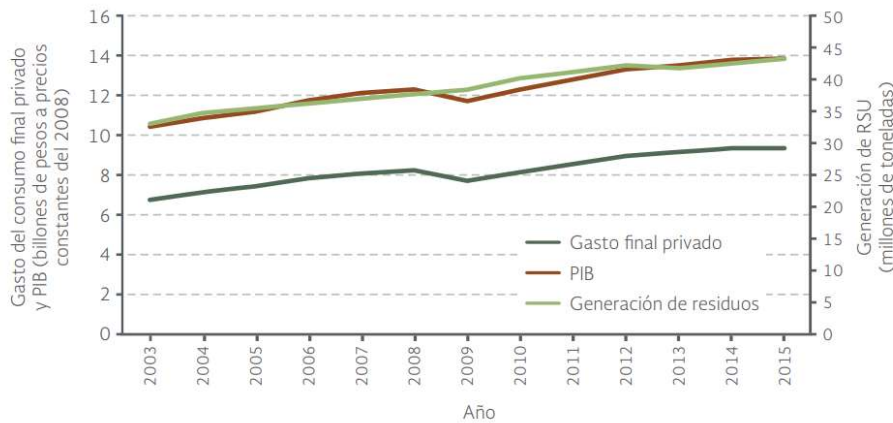
⁴ https://www.senado.gob.mx/64/gaceta_del_senado/documento/101326.



final privado como con el PIB nacional (ver figura 1), un indicador claro de la economía lineal. Lo anterior explica cómo sociedades con acceso a mejores ingresos y, por tanto, a mayores niveles de consumo de productos y servicios, incrementa la demanda y la extracción de recursos naturales, emisiones de GEI y generación de residuos. En contraposición, la **economía circular** ofrece soluciones a las necesidades del mercado, pero con un modelo donde **el crecimiento económico (PIB) está desacoplado de los impactos socio-ambientales mencionados.**

Figura 1. Relación entre la generación de RSU, el PIB y el gasto del consumo final privado, México 2003-2015

Fuente: SEMARNAT, 2019a.



Fuentes:
Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas, Sedesol. México. 2013.
INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Banco de Información Económica. INEGI. México. 2015. Disponible en: www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/. Fecha de consulta: diciembre de 2015.
Presidencia de la República. Tercer Informe de Gobierno 2014-2015. Anexo Estadístico. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. México. 2015.

En la **figura 2**, muestra la participación estatal en la generación de residuos. Se observa que el Estado de México, la Ciudad de México y el Estado de Jalisco **generan 28.5% de los residuos del país.**



Figura 2. Generación de RSU por Estado

Fuente: SEMARNAT, 2020b. Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos [t/día]



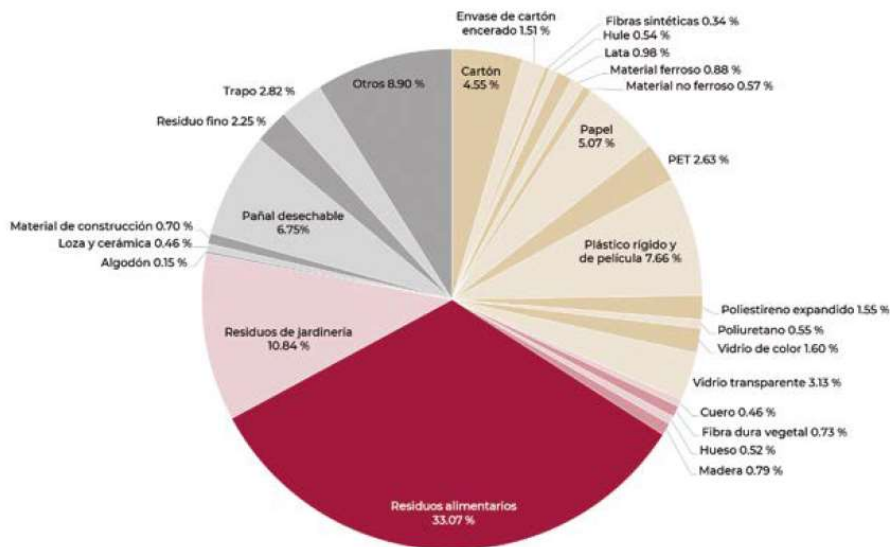
Un factor intrínseco en la caracterización de los RSU es la condición económica de cada país. Para economías de ingresos bajos predominan los RSU con composición orgánica, a diferencia de aquellas economías pujantes que se caracterizan por una matriz de RSU inorgánicos en su mayoría, donde se identifica una gran cantidad de productos, componentes y empaques manufacturados. Según datos históricos, México ha ido modificando su matriz de generación de RSU durante las últimas décadas, lo que confirma su evolución dentro de los parámetros de una economía lineal. **Para la década de 1950, entre el 65% y 70% de los RSU estaban compuestos por materia orgánica, lo que para 2017 se redujo a tan sólo un 46%** (ver figura 3). Algunos materiales de alta relevancia en esta matriz son aquellos que se producen en la industria local como lo son el papel (5%), los plásticos (10%) y sus derivados (14%) (SEMARNAT, 2020).

En términos generales, si bien la economía mexicana ha crecido en los últimos 60 años, también podemos tangibilizar el nivel de acoplamiento que hay entre este crecimiento y la intensidad extractiva de recursos naturales sumado a los impactos asociados en toda la cadena de producción y consumo, lo que supone un desafío aún mayor desde una perspectiva de transición e implementación de la economía circular.



Figura 3. Caracterización de RSU

Fuente: SEMARNAT, 2020b. Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos



Para países miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico [OCDE], la recolección de los residuos generados es de aproximadamente el 98%. Para el caso de nuestra región, el índice de recolección es del orden del 78% y, en México específicamente, en el periodo comprendido entre 2010 y 2016, **este valor ha alcanzado el 83.87% de los residuos generados** (SEMARNAT 2020), valor significativamente mayor al promedio de la región.

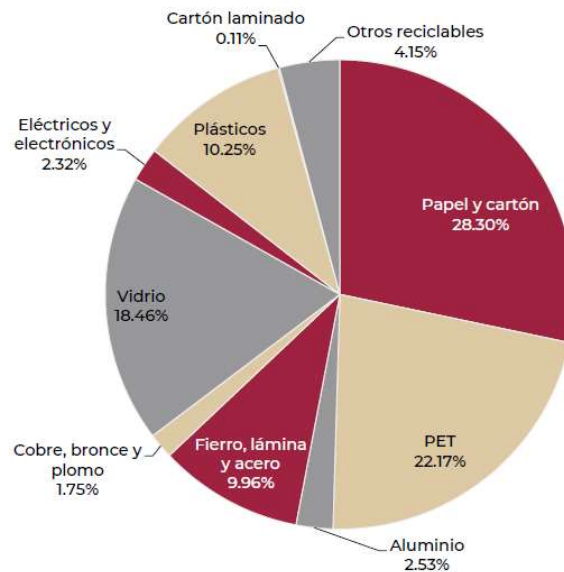
Según datos del Diagnóstico Básico de Gestión Integral de Residuos (SEMARNAT. 2020), **tan sólo el 5% (5,280 t/día) de la recolección de residuos se da de manera selectiva**, donde las entidades con mayor aportación fueron la **Ciudad de México con el 73%**, el **Estado de Jalisco con 7% y el Estado de México con 5%**. Para ese mismo año, aún se registra que ocho Estados no contaban con un programa de recolección selectiva.

El reciclaje permite re-aprovechar gran parte de los materiales de los que se compone el volumen de residuos recolectados, tales como el papel y cartón, el vidrio, metales y el tereftalato de polietileno [PET] para su reincorporación a procesos productivos.



Figura 4. Composición de RSU recolectados valorizables, 2016

Fuente: SEMARNAT, 2020b.



En México, se recibe diariamente en los centros de acopio 38 toneladas de residuos sólidos, lo que corresponde con el 0.1% del total de aquellos residuos potencialmente aprovechables para reciclaje (38,351 t/día). Respecto a la recuperación para reciclaje mediante la pepena⁵ no hay cifras oficiales, si bien se tiene registro de que esta actividad se realiza prácticamente en todos los sitios de disposición final (controlados y no-controlados) y en los sistemas de recolección de residuos. Para el año 2017, las corrientes de mayor re-aprovechamiento fueron al **papel y cartón con 28.30%**, en segundo lugar está el **PET con un índice del 22.17%** y los **plásticos con el 10.25%**, como se muestra en la figura 4 (SEMARNAT, 2020).

Para el año de 2018, se registró que en el 100% de las entidades federativas se cuenta con rellenos sanitarios controlados para disposición final de RSU y RME, exceptuando a la Ciudad de México que cuenta con cinco rellenos sanitarios, cuatro localizados en áreas aledañas dentro de los Estados de México (La Cañada, Cuautitlán, El Milagro y Chicoloapan) y uno más en el Estado de Morelos (en Cuautla).

Residuos de Manejo Especial [RME]: Según la definición a la que se hace referencia en la LGPGIR, los **residuos de manejo especial (RME)** son aquellos generados como resultado de procesos productivos e industriales, que no pueden clasificarse como como RP, ni como RSU. La LGPGIR establece diez categorías para este tipo de residuo en su artículo 19, y con ayuda de la **NOM-161-SEMARNAT-2011** se establecen los criterios tanto para su clasificación, como para la elaboración de los planes de manejo requeridos para cada generador; cabe enfatizar que este marco normativo lo que busca es reducir al mínimo el volumen de residuos a ser dispuesto y en maximizar la recuperabilidad de materiales y componentes con alto potencial para ser re-

⁵ El concepto Pepena en México, se refiere a las actividades, generalmente informales, relacionadas con la separación, recuperación y venta de materiales procedentes de los rellenos sanitarios o vertederos no-controlados (también llamados tiraderos a cielo abierto)



incorporados en nuevos procesos productivos bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.

A continuación, se presentan el volumen anual de RME generado en México para el periodo 2011-2018:

Tabla 1. Generación anual de RME en México (PGRP) 2011-2018, por año de estudio [toneladas]

Fuente: SEMARNAT, 2020b.

SECTOR / AÑO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Sector salud			714					786
Biomasa residual agrícola		52,102,372						
Biomasa forestal de aserraderos		728,846						
Biomasa residual ganadera	34,785,528							
Biomasa residual pesquera						441,235		
Puertos		197	38	340,289	622,830	58,540	48,394	5,486
Aeropuertos		150,600	154,177	163,861	175,994	188,279	198,540	212,041
Tratamiento de aguas residuales						32,467,784		
Construcción y demolición								10,153,323

Para el caso de dispositivos de uso masivo y actualización constante por parte del consumidor, el mercado de la tecnología donde hay productos y aparatos electrónicos de uso personal como los teléfonos celulares, se pone especial atención en esta perspectiva y clasificación de éstos (RAEE, Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos) como RME a partir de la publicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011. Para ello, un **plan de manejo de los teléfonos desechados** asegura una gestión adecuada y permite recuperar materiales con alto potencial de reaprovechamiento como es el caso de los **metales** (cobre, níquel y estaño, entre otros) y de los **metales preciosos** (oro, platino y paladio) usados para la fabricación de sus componentes. Según datos del Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos, en el periodo **2013-2017 se recolectó un volumen de 2.1 millones de estos dispositivos electrónicos**, lo que representa cerca de **325 toneladas en equipos**, y cerca de **633 toneladas en accesorios** como cargadores, baterías externas, memorias y cables, entre otros (SEMARNAT 2020).



Los residuos generados por otros **aparatos eléctricos y electrónicos [RAEE]** que son desechados también son clasificados como RME, que para su correcta selección, gestión y disposición final ya existen varios planes de manejo una vez que llegan al final de su primer uso para el que fueron producidos.

Durante el año 2013 se recolectó un volumen de aproximadamente **1.3 millones de toneladas de RAEE** para la recuperación de materiales y componentes, así como un adecuado confinamiento de aquellos desechos que no tienen potencial de recuperabilidad. Según el Inventario de Residuos Electrónicos de SEMARNAT-PNUD (SEMARNAT 2020), se estima que para el año 2015, se generó un total de **1.1 millones de toneladas en RAEE** (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos), **con un potencial de re-valorización de estos materiales, cercano al 65%**.

Para otro segmento de mercado de consumo masivo como es el caso del sector de las bebidas, **hay dos tipos de residuos plásticos (PET y PEAD), envases de aluminio y multicapa que se generan diariamente en enormes cantidades.** Para el periodo 2013-2017 se recolectaron **1.6 millones de toneladas de PET** (SEMARNAT 2020).

Los residuos provenientes de la construcción y demoliciones, también clasificados como RME por la Norma NOM-161-SEMARNAT-2011, representan una oportunidad importante en términos de re-valorización y de reducción de materias primas de origen extractivo. De acuerdo con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos (SEMARNAT 2020), se estima que para 2018 se generaron 10.15 millones de toneladas de RCD (residuos de construcción y demoliciones).

A continuación, se presenta la tabla 2, donde se puede verificar los niveles de impacto en la generación de residuos de construcción por tipo de obra.

Tabla 2. Generación de residuos de construcción, 2018

Fuente: SEMARNAT, 2020b

TIPO DE OBRA	GENERACIÓN EN (TON)	PORCENTAJE DE GENERACIÓN
Edificación	1,593,512.64	16%
Agua, riego y saneamiento	900,576.75	9%
Electricidad y telecomunicaciones	536,280.50	5%
Transporte y urbanización	3,880,234.01	38%
Petróleo y petroquímica	1,049,782.31	10%
Otras construcciones	2,192,936.43	22%
Total	10,153,322.63	100%

Fuente: Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, 2018

De acuerdo con datos de la Empresa Concretos Reciclados, única organización autorizada para la recepción y reciclaje de RCD para la Ciudad de México, el volumen total de agregados reciclados y re-incorporados a procesos constructivos, es menor al 13% del total de los RCD recibidos. Esto arroja un potencial de re-valorización desaprovechado no sólo en la capital del país, sino en todo el territorio.



Residuos Peligrosos [RP]: El estilo de vida actual en las ciudades está definido en gran medida por los productos y servicios disponibles para satisfacer las necesidades y gustos del consumidor, en este contexto, un habilitador de muchos de estos satisfactores son las **sustancias, componentes y productos químicos**. Actualmente se han identificado cerca de **148 millones de sustancias químicas a nivel mundial hasta 2018 (SEMARNAT, 2020b)**. Estos productos se aplican en toda clase de procesos productivos, tal es el caso de la industria farmacéutica, fertilizantes, adhesivos, aditivos, entre tantas aplicaciones. El crecimiento exponencial en la producción industrial, en combinación con el inadecuado manejo de estas sustancias y en su disposición final, ha agudizado la exposición de la población y de los ecosistemas naturales a estos residuos tóxicos y agentes altamente contaminantes.

En México, los **residuos peligrosos [RP]** están definidos como aquellos materiales, componentes y sustancias que poseen al menos una de las llamadas características CRETIB, las que pueden ser: **corrosivos (C), reactivos (R), explosivos (E), tóxicos (T), inflamables (I) y biológico-infecciosos (B)**. Además de estas sustancias, se consideran como productos peligrosos a aquellos envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan contenido o se hayan contaminados por el contacto con sustancias clasificadas como RP, esto de acuerdo con las disposiciones de la LGPGIR.

La **Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005** define los criterios y procedimientos técnicos para su identificación, caracterización y clasificación. El **Padrón de Generadores de Residuos Peligrosos [PGRP]** de la SEMARNAT permite conocer cuáles son los inventarios, registros e información brindada por las empresas generadoras de RP. De acuerdo con el PGRP, en el periodo comprendido entre 2004-2017, las empresas registradas reportaron **2.45 millones de toneladas**.

La geolocalización de las grandes concentraciones de RP se presenta a continuación: Zona Metropolitana del Valle de México [ZMVM] con una generación de 712 mil toneladas (29.6% del total), Estado de Chihuahua con 359 mil toneladas (14.9%), Estado de Campeche con 214 mil toneladas (8.9%). **En tan sólo estas tres entidades federativas se produjeron el 54% de los RP del Padrón en dicho periodo**, lo que nos sirve como un dato de referencia y análisis.

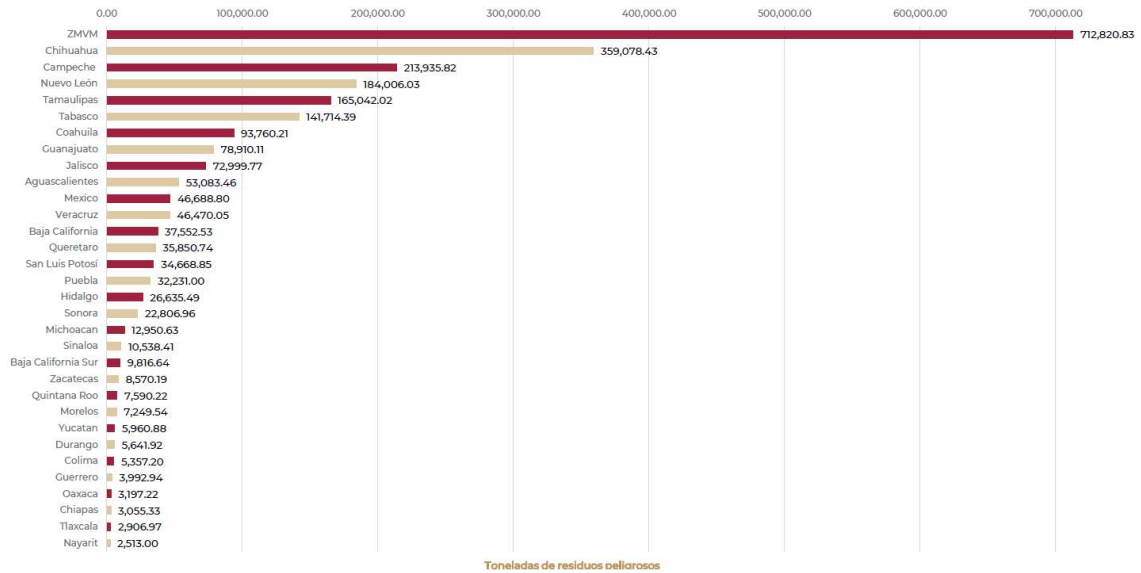
Con respecto al tipo de industria generadora de RP durante el periodo 2004-2017, se encuentra que las de mayor impacto fueron las industrias prestadoras de **servicios industriales con un 36.1%** del total generado (883 mil toneladas), **la industria metalúrgica con un 10.8%** (264 mil toneladas), **el sector automotriz con un 10.2%** (248 mil toneladas), **la industria química con un 9.8%** (240 mil toneladas) y **el sector de servicios mercantiles con un 6.1%** (148 mil toneladas), tal y como se muestra en la Figura 5 (SEMARNAT, 2020).



Figura 5. Generación estimada de RP por entidad federativa 2014-2017

Fuente: SEMARNAT, 2020b.

FIGURA 5B. GENERACIÓN ESTIMADA DE RESIDUOS PELIGROSOS POR ENTIDAD FEDERATIVA, 2014-2017



En la tabla 3 se puede ver la caracterización de RP generados en el periodo comprendido entre 2004 y 2017, de acuerdo con el Informe de Medio Ambiente (SEMARNAT, 2019).

Tabla 3. Generación de RP por tipo de residuo, periodo 2004- 2017

Fuente: Elaboración propia con base en la figura 60. Gráfica de porcentaje de generación estimada de RP según tipo de residuos, 2004-2017 (SEMARNAT, 2020b)

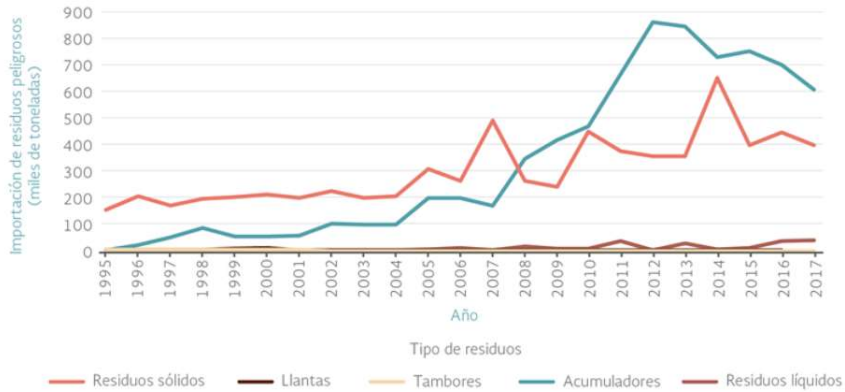
TIPO DE RP	GENERACIÓN TOTAL DE RP (Ton)	IMPORTANCIA % EN LA MATRIZ DE GENERACIÓN DE RP
Residuos Sólidos (mantenimiento automotriz, asbesto, telas, pieles, metales pesados, tortas de filtrado y otros)	1,022,575	42.60%
Aceites usados	478,838	19.90%
Otros residuos	225,906	9.40%
Lodos PTAR	185,675	7.70%
Biológicos-infecciosos (residuos anatómicos, patológicos, punzocortantes, sangre y cultivos/cepas)	164,975	6.90%

El movimiento transfronterizo de RP se realiza principalmente para fines de reciclaje, re-procesamiento y re-manufactura de materiales o, en su caso, para retornarlos a sus países de origen. Cabe mencionar que **entre los años 2013 y 2018 se importaron alrededor de 6.9 millones de toneladas de RP** (SEMARNAT, 2020b). La figura 6 muestra los principales tipos de residuos importados:



Figura 6. Importación de RP por tipo 1995-2017

Fuente: SEMARNAT, 2019a

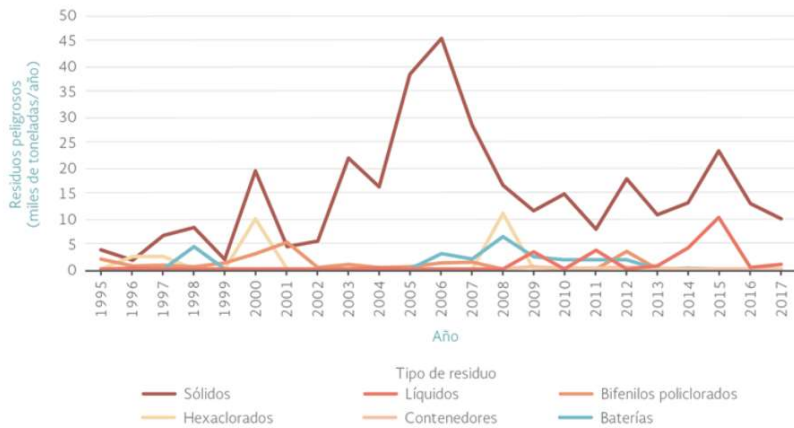


Fuente: Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, Semarnat. México. Marzo de 2018.

Con respecto a las **exportaciones de RP**, entre 2013 y 2018, **188 mil toneladas** fueron transferidas por esta vía (SEMARNAT, 2020b). El mayor volumen corresponde a **recortes de perforación de la industria petrolera** (91% del total exportado), **residuos sólidos** (7.8%), **baterías** (0.58%) y **residuos líquidos**.

Figura 7. Exportación de RP por tipo de residuo 1995-2017

Fuente: SEMARNAT 2019a



Nota: ¹No se muestran los recortes de perforación.

Fuente: Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, Semarnat. México. Marzo de 2018.

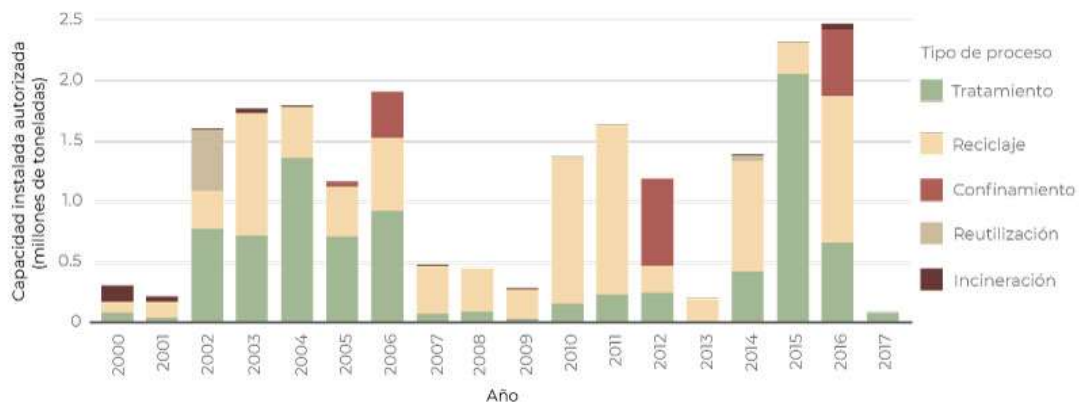
En México, la LGPGIR obliga a los generadores y gestores de RP a dar un manejo de forma segura y ambientalmente responsable. La entidad verificadora del cumplimiento de la LGPGIR es la **Procuraduría Federal de Protección al Ambiente [PROFEPA]** a través de programas de inspección y vigilancia.



En la figura 8, se muestra la capacidad instalada autorizada para el reciclaje, reutilización, tratamiento, incineración y confinamiento de RP para el periodo 2000-2014.

Figura 8. Capacidad instalada autorizada para el reciclaje reutilización, tratamiento, incineración y confinamiento de RP 2000-2014

Fuente: SEMARNAT, 2019a.



En el año 2017, la PROFEPA realizó 4,466 visitas de inspección y verificación a las empresas generadoras y/o prestadoras de servicios en materia de RP. El balance es el siguiente: 62 instalaciones fueron clausuradas como medida de seguridad (23 clausuras parciales y 39 clausuras totales); 2,631 visitas reportaron irregularidades menores y en 1,773 no se encontraron irregularidades (SEMARNAT, 2020b).

Desde el año 2008 se han registrado más de 1,700 sitios declarados con altos niveles de contaminación por emergencias ambientales (SEMARNAT, 2020). En este punto particular, Pemex ha sido responsable del 23.4% de los casos (416 sitios), las empresas de transporte son responsables del 70.7% (1,256 sitios), mientras que otras industrias provocaron emergencias en el 6% de los casos registrados (97 sitios).

2.6.2 Creación de nuevos modelos de negocio para habilitar la economía circular.

Reiterando el que la economía circular es un modelo de desarrollo sustentable a cualquier escala, bien sea para una organización, su encadenamiento productivo, su territorio de influencia o incluso a nivel macroeconómico, los modelos de negocio son los mecanismos a través de los que esto se hace realidad, ya que no sólo se requiere diseñar nuevos productos/servicios o rediseñar los procesos productivos para poner éstos en los mercados de consumo, sino que deben crearse nuevas formas de relacionarse entre quienes ofrecen estos satisfactores y aquellos que los necesitan, en otras palabras, debemos repensar en las dinámicas de mercado y hábitos y formas de consumo entre personas, organizaciones y mercados.

Para ello, se plantean nuevos modelos de negocio que se fundamentan en los principios de la economía circular, en las tecnologías de la industria 4.0 como habilitador y en principios de economía colaborativa que permite poner activos ociosos (productos fuera de uso en tiempo muertos) al servicio de aquellos que requieren satisfacer la necesidad evitando la adquisición de un equipo para un uso de corto tiempo. Esto, a su



vez, evita el consumo intensivo de recursos naturales, materias primas vírgenes para su producción y circularizar el uso y re-uso de materiales y componentes.

A continuación, se describen estos mecanismos, ya presentes en la economía mexicana:

- **Desmaterialización de productos.** Este modelo, con ayuda de la tecnología, habilita el que empresas y organizaciones puedan acceder a información que es necesaria para el desarrollo de sus actividades cotidianas o de negocio. Entre los ejemplos más referidos podemos mencionar los sistemas y software que además de digitalizar procesos, transforma drásticamente la gestión de los procesos administrativos, operativos y de monitoreo/control en la producción de bienes/servicios, lo que genera eficiencia, datos para la toma de decisiones estratégicas y medición de impacto. Adicionalmente, el desarrollo de tecnologías como la impresión 3D ha habilitado la transformación de negocios enfocados en la venta de producto, lo que empieza a migrar a la venta de los diseños (ropa, ingeniería de equipos y dispositivos, entre otros) para que una vez adquirido, sea el consumidor quien los imprima directamente, desmaterializando así la cadena de suministro. Sectores como el de moda están siendo pioneros en esta nueva modalidad. Es fundamental que la tecnología sea vista como una herramienta habilitadora de modelos de negocio circulares eco-efectivos y no sólo como un mecanismo de optimización y eco-eficiencia.
- **Producto-como-servicio.** En los años recientes hemos visto como la tecnología y el desarrollo de plataformas digitales para compartir activos en forma de servicio ha crecido exponencialmente, bien sea en nichos como la movilidad, el turismo, la logística, entre otros. La Economía Circular toma este modelo de negocio para conectar la necesidad y el satisfactor durante el tiempo requerido sin incurrir en lógicas de mercado de venta masiva de producto que terminan como activos ociosos o materiales desaprovechados, y que además demandan una intensiva extracción de materias primas, recursos naturales y energía en su producción, para luego ser dispuestos en tiraderos de residuos electrónicos en su mayoría con altos contenidos de agentes contaminantes del capital natural. En este modelo, un papel clave es representado por el eco-diseño de productos a servitizar, los que además de estar fabricados con sustancias y materiales no-tóxicos, incorporan criterios como la durabilidad, la estandarización, compatibilidad y capacidad de actualización en el tiempo, prolongando así, sus fases de uso como producto y de re-aprovechamiento en todos los ciclos de des-ensamblaje y re-manufactura.
- **Diseño para la circularidad.** El diseño de productos está explorando una gran metamorfosis, ya que el paradigma ha cambiado dramáticamente, donde ya no sólo se debe pensar en el usuario del producto o servicio durante dicha etapa, sino que se conceptualiza todo el proceso de desarrollo del producto/servicio en conexión con las siguientes etapas de uso e incluso con el re-aprovechamiento de estos materiales post-uso. Adicionalmente, el diseño circular considera criterios asociados al uso y al destino que tendrá el producto, así se determina si es requerido: 1) Un proceso de fabricación de alta calidad que garantice una mayor durabilidad para un ciclo técnico que va desde la primera vida útil del producto, pasando por procesos de desensamble, la reparación y/o la re-manufactura de éstos, para posteriormente ser re-



ensamblados en productos de nueva generación, extendiendo el número de ciclos útiles de los materiales y componentes o 2) Un diseño de vida corta para el ciclo biológico, mediante el que se degrade de forma rápida y reitutiva, tal como es el caso de empaques diseñados para su biodegradación o compostaje que desde el diseño se determina, que no incluirá tintas tóxicas, ni materiales que prolongan el proceso de biodegradación. Al final de estos ciclos de re-utilización y re-incorporación, los materiales son re-insertados como materias primas recuperadas para una vez más ingresar en la cadena de producción. Nada de esto es posible si desde el proceso de diseño no es considerada cada etapa, la calidad requerida y el tipo de materiales a emplear, así como el cumplimiento de los aspectos regulatorios y de no-toxicidad que evite la exposición del usuario y el medio ambiente ante agentes dañinos.

- **Co-productos.** A partir de materias descartadas de ciertos procesos productivos hoy se están desarrollando nuevos productos que re-aprovechan y que incluso re-valorizan más este flujo de material inicial. Por ejemplo, los productos del sector agroindustrial que no cumplen con la especificación que los centros de distribución y comercialización exigen para su venta al público son utilizados para procesamiento de otros productos nuevos con mayor valor, lo que supone una oportunidad no sólo para reducir el desperdicio, sino para posicionar nuevos productos con mayor rentabilidad en nichos de mercado inexplorados y asociados con el mercado de consumo consciente. Un caso de esto es la industrialización de paneles para la construcción (no-estructural) fabricados a partir de residuos con alto contenido de fibra de celulosa resultantes de la industria cervecera o provenientes del descarte de flujos de materiales como el papel y cartón de embalaje o de envases multicapa que no son fácilmente recuperables. Hay que tener especial cuidado en no confundir el diseño de un co-producto mediante procesos eco-eficientes que perpetúen la linealidad del proceso aguas arriba que es el que suministra la materia prima (residuo). El diferencial entre esta forma de diseñar y el concepto de eco-efectividad radica en circularizar un co-producto desde la intencionalidad del diseño, el valor agregado a los materiales empleados (super-ciclabilidad/up-cycling) y en la trazabilidad de los principios de la economía circular en cada etapa.
- **Mercados de segunda mano.** Tanto a escala micro en comunidades cerradas y de alto nivel de confianza, como a escala macro en mercados abiertos e incluso globales, los mercados de segunda mano existen desde que apareció el trueque, lo que la Economía Circular aprovecha para el intercambio de toda clase de materiales, componentes, productos y servicios, que en muchos casos son habilitados con tecnologías de la Industria 4.0, los modelos de comercio electrónico, las plataformas de economía compartida y los aplicativos que conectan directamente a quienes tienen la necesidad con aquellos que ofrecen la solución, a través de modelos de venta directa, subasta, entre otros. Un ejemplo de gran escala es **Austin Materials Marketplace**, iniciativa que desde 2015 conecta a las industrias de dicha ciudad texana con las organizaciones encargadas de recolectar los materiales valorizables y con aquellos emprendedores que desarrollan nuevos materiales, productos y servicios, creando así negocios innovadores para el mercado local. Durante la etapa de transición de la economía lineal hacia la circularidad, estos modelos de



intercambio permitirán canalizar los flujos de materiales para su reciclaje con las limitaciones que ya hemos comentado, pues hoy los productos no están siendo diseñados bajo criterios de eco-efectividad, lo que supone que hay materiales y sustancias tóxicas que deberán eliminarse. Con el progreso de la adopción de la economía circular y respectivos procesos de diseño de producto/servicio, estos mercados jugarán un rol habilitante para los encadenamientos de revalorización.

En cada una de estas clasificaciones, encontramos que en México ya se han desarrollado diversas iniciativas, proyectos y empresas, se han desarrollado nuevos productos y servicios tanto desde el emprendimiento, como en empresas multinacionales, universidades, e incluso gobierno.

Finalmente, se mencionan algunos ejemplos que actualmente generan valor a partir del re-aprovechamiento de estas **oportunidades de eco-eficiencia** y que ya logran que organizaciones tradicionales desarrollen innovación sustentable en paralelo. Entre éstas se encuentran: ECOLana, MyCoffeeBox, Universidades de educación virtual, Plataforma Mexicana de Carbono MexiCO2, La Bolsa de Residuos, diversos materiales de construcción a base de residuos plásticos, modelos de negocio de Servitización de energía limpia tipo ESCOs (Energy Service Company), desarrollos tecnológicos para los sectores financiero (negocios Fintech), modelos de agricultura sustentable (Agtech), bienes raíces (proptech) e incluso modelos de servicio en el área de la salud e higiene (Cleantech), y en la recuperación de metano a partir de RSU como Endless-Solar (recuperación energética y biogás) a pequeña escala, o empresas multinacionales con presencia en la región como Veolia, Air Liquide a gran escala.

2.7 La economía circular como estrategia para alcanzar las metas comprometidas en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CNDs) y para los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos en la Agenda Global de Desarrollo 2030

Antes de abordar los impactos potenciales de la economía circular en las CND⁶ y la Agenda de ODS seleccionados como estratégicos para México, es fundamental conocer los compromisos adquiridos y las metas establecidas para los siguientes años.

Contribuciones Nacionalmente Determinadas [CND]

México, al igual que las demás naciones firmantes, adquirió compromisos no-condicionados y, en paralelo, definió metas adicionales (condicionadas) bajo unas condiciones que requiere inversión y colaboración por parte de organizaciones internacionales y otros gobiernos. A continuación, se describen los Compromisos Nacionalmente Determinados (CND) y en la tabla 3 y figura 12 se presentan las metas de reducción de emisiones de GEI y carbono negro para México.

- **Compromiso No-Condicionado: Reducir el 25% de las emisiones de GEI y contaminantes de vida-corta para el año 2030.** Esta meta incluye la reducción del **22% de los GEI y una reducción del 51% de carbono negro.**

⁶ MÉXICO, GOBIERNO DE LA REPÚBLICA (2014). Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el período 2020-2030. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf



- **Compromiso Condicionado: Reducir entre el 25% y 40% de las emisiones de GEI** de manera condicionada a que exista **un acuerdo internacional que asegure un precio al carbono**, que incluya la cooperación técnica, acceso a recursos financieros de bajo costo y mecanismos de transferencia tecnológica que facilite la implementación de proyectos orientados a una economía baja en carbono que incida en frenar el cambio climático. De darse este escenario, **la reducción de carbono negro se proyecta en un 70% para 2030.**

Tabla 4. Emisiones nacionales de GEI según el escenario tendencial y las metas de reducción NDC comprometidas de manera no condicionada, 2020-2030.

Fuente: México, Gobierno de la República. 2014.

-22% GEI

	Línea base				Emisiones de GEI (MtCO ₂ e)
	2013	2020	2025	2030	Meta al 2030
					No condicionada
Transporte	174	214	237	266	218
Generación de electricidad	127	143	181	202	139
Residencial y comercial	26	27	27	28	23
Petróleo y gas	80	123	132	137	118
Industria	115	125	144	165	157
Agricultura y ganadería	80	88	90	93	86
Residuos	31	40	45	49	35
SUBTOTAL	633	760	856	941	776
USCUSS ¹	32	32	32	32	-14
EMISIONES TOTALES²	665	792	888	973	762

-22%

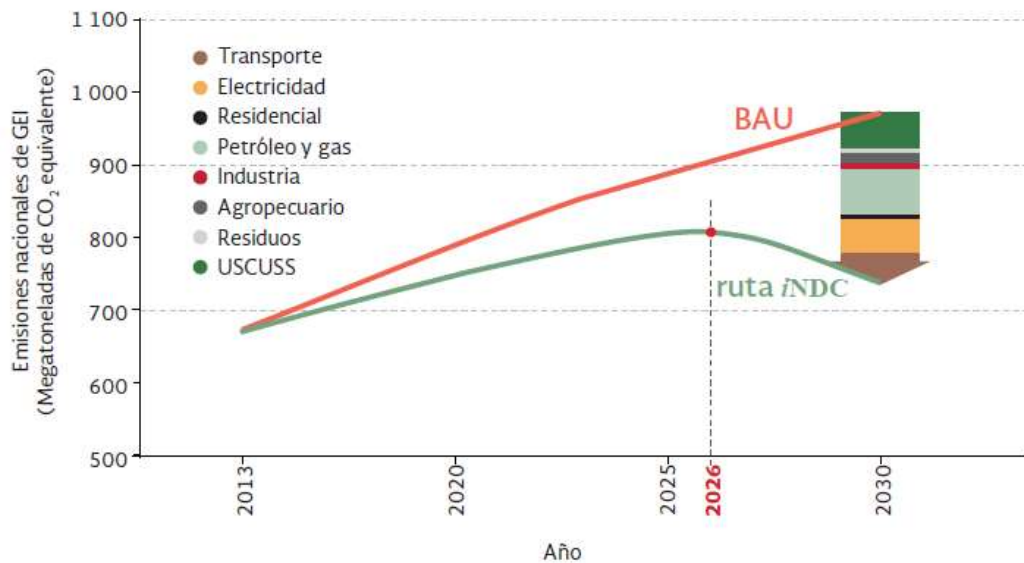
NOTAS:

¹ USCUSS: Usos del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura.

² La suma de los valores de los sectores puede no coincidir con el total por efectos del redondeo.

Figura 9. Emisiones nacionales GEI según escenario tendencia (BAU) y las metas de reducción INDC comprometidas No-Condicionadas, 2020-2030.

Fuente: México, Gobierno de la República. 2014.



³ Considerando un escenario tendencial carente de medidas para combatir el cambio climático.

⁴ Calculada como el cociente del volumen de emisiones de GEI por el producto interno bruto (PIB).

Cabe destacar el apartado de Adaptación al cambio climático, ya que es un componente fundamental en esta estrategia de largo plazo, donde se priorizan las siguientes acciones:

- Protección de las comunidades vulnerables a los impactos adversos del cambio climático (huracanes, fenómenos hidrometeorológicos, entre otros).
- Incrementar la Resiliencia de la infraestructura estratégica del país y de los ecosistemas que dan a México su mega-diversidad.
- Fortalecer la capacidad de adaptación de al menos el 50% de los Municipios clasificados como "más vulnerables", estableciendo sistemas de alerta temprana y gestión del riesgo en cada nivel de gobierno.
- Alcanzar una tasa de deforestación del 0% para el año 2030.

Para cumplir con estos objetivos priorizados, se desarrollaron las siguientes políticas públicas, instrumentos normativos y estándares:

- **Ley general de Cambio Climático [LGCC], 2012.**
- **Estrategia Nacional de Cambio Climático a 10-20-40 años, 2013.**
- **Impuesto al Carbono, 2014.**
- **Reforma Energética, 2014.**
- **Estándares, Normas técnicas y regulaciones**, aún en desarrollo y donde es fundamental contar con la participación de los sectores industriales, academia y sociedad civil en mesas de trabajo, tanto técnicas como legislativas.
- **Iniciativa de Ley General de Economía Circular, 2019** (aún en proceso de estudio)

Desastres Naturales



Dentro de esta Agenda de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático es primordial hacer una revisión de los impactos económicos causados por los desastres naturales a los que México es vulnerable, ya que, para los siguientes años, estos fenómenos serán incrementales tanto en frecuencia como en magnitud.

En el periodo 2000-2015 se registraron **pérdidas y daños equivalentes a 416 689 millones de pesos** (CENAPRED, 2015), lo que indica un incremento significativo para México, con respecto a periodos anteriores.

Análisis de Emisiones GEI con respecto a las CND

Las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional [CND] tienen como objeto atender las disposiciones establecidas en el Acuerdo de París, así como promover la agenda de mitigación y adaptación en el largo plazo para México ante el cambio climático a través de un modelo de desarrollo sustentable.

De acuerdo con las directrices del IPCC2006, se desarrolló el **Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2017 INEGYCEI** (SEMARNAT 2019b), publicado en el año 2019 por el INECC, donde se identifican las fuentes de emisiones GEI para los sectores de la economía en México. Además, se incluyen datos actualizados ya aprobados y en proceso de publicación, del **Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2018 INEGYCEI** (SEMARNAT, 2020a).

A continuación, se muestra la Tabla 5 con las fuentes de emisiones GYCEI clave, estimadas por sector, para el año 2017⁷:

Tabla 5. Fuentes clave de emisiones GYCEI, 2017.

Fuente: SEMARNAT, 2019b.

CATEGORÍA / FUENTE / SUBFUENTE DE EMISIÓN	Emisiones de gases de efecto invernadero (Gg en CO ₂ e)																			Emisiones NETAS (Gg en CO ₂ e)	Emisiones TOTALES (sin SEI) (Gg en CO ₂ e)	Carbono negro (Gg)	
	2017			HFCs													PFCs		SF ₆				
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC-23	HFC-433a	HFC-43-10mes	HFC-125	HFC-134	HFC-134a	HFC-404a	HFC-407C	HFC-152a	HFC-227ea	HFC-236fa	HFC-365mfc/227ea	HFC-365mfc	HFC-245fa	CF ₄					C ₂ F ₆
Potencial de calentamiento	100	28.00	265.00	12400.00	1924.00	950.00	3170.00	1020.00	1300.00	3943.00	924.00	138.00	2640.00	8000.00	952.00	804.00	890.00	8630.00	1160.00	23500.00			
EMISIONES NETAS (Gg de CO₂e)	532830.90	143572.91	43286.79	1004.83	965.76	15.54	27.55	0.29	7007.20	3853.59	22.05	499.84	31.06	51.92	42.17	0.06	471.43	0.00	0.00	249.56	733822.44	733822.44	134.87
1 Energía	489446.19	29006.20	3973.24																		522425.62		122.68
IA Actividades de quema del combustible	479010.57	2854.52	3973.24																		485838.33		120.33
IA1 Industrias de la energía	196172.83	169.97	324.46																		196667.26		25.32
IA2 Industrias manufacturera y de la construcción	82760.45	148.31	204.04																		83112.80		32.80
IA3 Transporte	166820.01	345.21	3137.55																		170302.77		30.50
IA4 Otros sectores	33257.28	2191.03	307.19																		35755.50		31.70
IB Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	10435.61	26151.67																			36587.28		2.28
IB1 Combustibles sólidos		7768.55																			7768.55		0.00
IB2 Petróleo y gas natural	10435.61	18383.12																			28818.73		2.28
2 Procesos industriales y uso de productos	42021.55	272.08	676.39	1004.83	965.76	15.54	27.55	0.29	7007.20	3853.59	22.05	499.84	31.06	51.92	42.17	0.06	471.43	0.00	0.00	249.56	58012.84		
2A Industria de los minerales	24188.19																				24188.19		
2B Industria química	3259.86	272.08	676.39	1004.83																	6013.16		
2C Industria de los metales	14530.27																				14530.27		
2D Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	78.44																				78.44		
2E Industria electrónica																					0.00		
2F Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono					965.76	15.54	27.55	0.29	7007.20	3853.59	22.05	499.84	31.06	51.92	42.17	0.06	471.43	0.00	0.00	0.00	12988.43		
2G Manufactura y utilización de otros productos																				249.56	249.56		
2H Otros	34.79																				34.79		
3 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	535.70	69071.50	3638.04																		106723.40		10.31
3A Ganado		67923.04	4546.30																		72469.41		
3B Tierra																					0.00		
3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra	535.70	1948.54	3170.66																		34253.99		10.31
4 Residuos	827.38	44423.05	2251.13																		46660.59		1.16
4A Eliminación de residuos sólidos		22761.59																			21926.61		
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos		229.26	162.73																		391.99		
4C Incineración y quema a cielo abierto de residuos	827.38	628.43	136.60																		1584.41		1.16
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales	0.00	20811.78	1951.80																		22763.58		
4E Otros																					0.00		
EMISIONES NETAS (Gg de CO₂e)	532830.90	143572.91	43286.79	1004.83	965.76	15.54	27.55	0.29	7007.20	3853.59	22.05	499.84	31.06	51.92	42.17	0.06	471.43	0.00	0.00	249.56	733822.44		134.87
Bunkers	5637.02	1.10	41.38																		5739.50		0.09
Emisiones de CO ₂ por quema de biomasa																					0.00		

Nota: Las emisiones de bunkers y las emisiones de CO₂ por la quema de biomasa no se encuentran contabilizadas al total de inventario

⁷ Nota aclaratoria: El Inventario Nacional de GYCEI puede presentar variaciones en los datos publicados en cada edición del informe. Esto se debe a la disponibilidad de datos confiables y a los ajustes metodológicos sugeridos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), organismo multilateral encargado de dar las directrices para el cálculo de las emisiones de GYCEI.



A continuación se muestra la caracterización de emisiones GEI, así como las emisiones per cápita para tener indicadores y tendencias de referencia:

Tabla 6. Emisiones de CO₂e per cápita e intensidad de carbono por la quema de combustibles fósiles

Fuente: SEMARNAT, 2019b.

Año	Emisión de CO ₂ por quema de combustible (ton)	Población (hab) ₁	PIB (millones de pesos de 2013) ²	Emisiones de CO ₂ per cápita (ton CO ₂ /hab)	Intensidad de carbono (ton CO ₂ /PIB)
1993	289,811,699.72	91,600,655	10,416,096.24	3.16	27.82
1994	307,462,920.90	93,055,300	10,952,773.42	3.30	28.07
1995	294,343,284.84	94,490,336	10,198,513.28	3.12	28.86
1996	302,357,938.84	95,876,664	11,116,526.64	3.15	27.20
1997	314,758,045.42	97,204,604	11,887,380.12	3.24	26.48
1998	332,906,545.99	98,485,424	12,139,816.58	3.38	27.42
1999	330,173,467.30	99,706,067	12,554,685.81	3.31	26.30
2000	343,110,753.47	100,895,811	13,003,302.17	3.40	26.39
2001	342,787,753.12	102,122,295	12,901,429.20	3.36	26.57
2002	364,485,864.47	103,417,944	13,084,104.35	3.52	27.86
2003	365,026,027.18	104,719,891	13,305,703.43	3.49	27.43
2004	378,829,597.99	105,951,569	13,872,028.14	3.58	27.31
2005	389,667,913.22	107,151,011	14,306,520.49	3.64	27.24
2006	404,972,014.15	108,408,827	14,800,896.66	3.74	27.36
2007	416,139,227.18	109,787,388	15,204,934.16	3.79	27.37
2008	424,137,610.76	111,299,015	15,125,053.99	3.81	28.04
2009	414,168,927.40	112,852,594	14,882,955.65	3.67	27.83
2010	423,057,257.52	114,255,555	15,499,585.06	3.70	27.29
2011	437,620,475.78	115,682,868	16,139,594.09	3.78	27.11
2012	442,573,338.78	117,053,750	16,638,515.04	3.78	26.60
2013	447,375,797.96	118,395,054	16,841,836.04	3.78	26.56
2014	437,915,669.45	119,713,203	17,425,687.93	3.66	25.13
2015	453,065,128.44	121,005,815	17,894,004.11	3.74	25.32

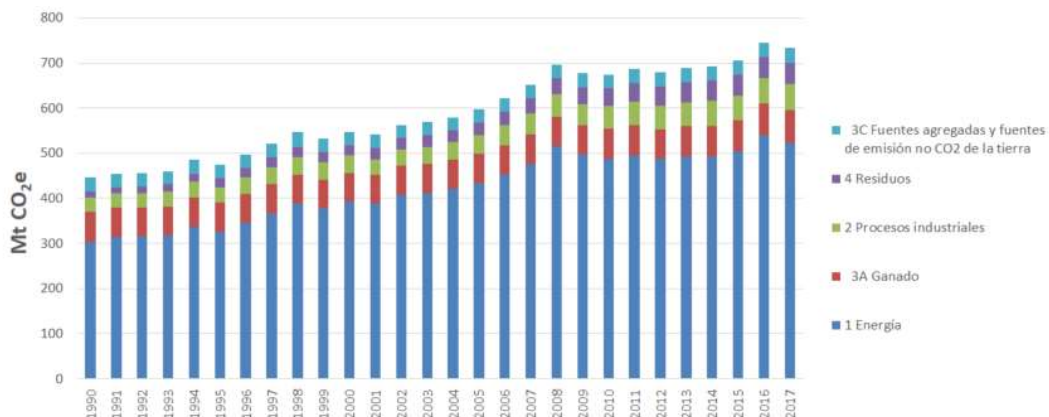
¹ De acuerdo con CONAPO 2012, los resultados de las estadísticas de población para 1990-2010 provienen de diversas fuentes estadísticas (censo, encuestas y registros administrativos). Los resultados a partir de 2010 se generan mediante el establecimiento de hipótesis de evolución futura del comportamiento de las variables demográficas; es decir, son proyecciones considerando las tendencias observadas entre 1990 y 2010 (CONAPO, 2012).

² Fuente: INEGI, 2018a. PIB año base 2013. Consultado en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPadre=10200035#D10200035>

Es importante analizar el comportamiento histórico en las emisiones GYCEI por categoría y desde cada sector productivo, para comprender los impactos a nivel macro e identificar las oportunidades de mitigación para cada uno de éstos (ver figuras 10 y 11).

Figura 10. Emisiones de GEI por el categoría

Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario Nacional GYCEI, SEMARNAT, 2019b.



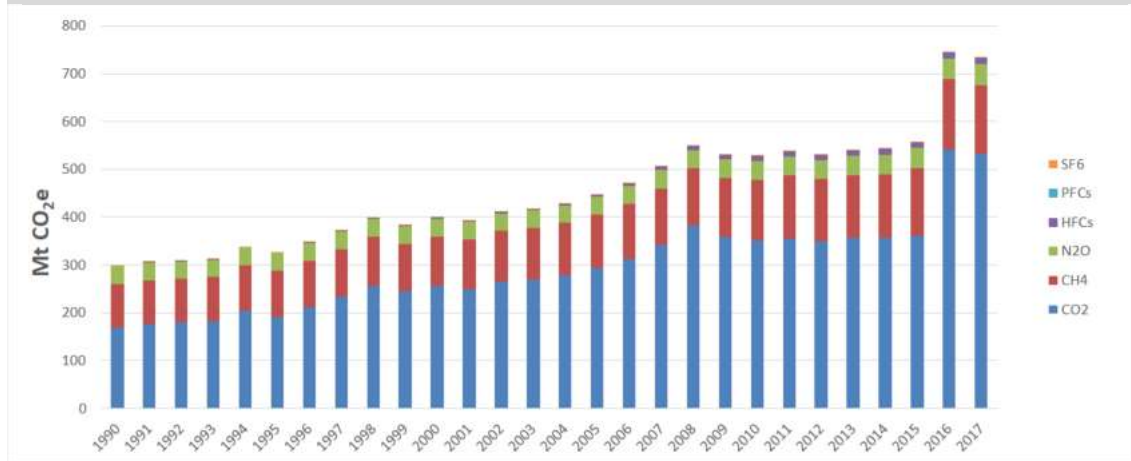


Además, se muestra la caracterización de emisiones por cada tipo de GEI, ya que su nivel de impacto es diferente, así como el potencial de mitigación con respecto a los distintos sectores y encadenamientos productivos.

Figura 11. Emisiones de GEI por categoría

Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario Nacional GYCEI, SEMARNAT, 2019b.

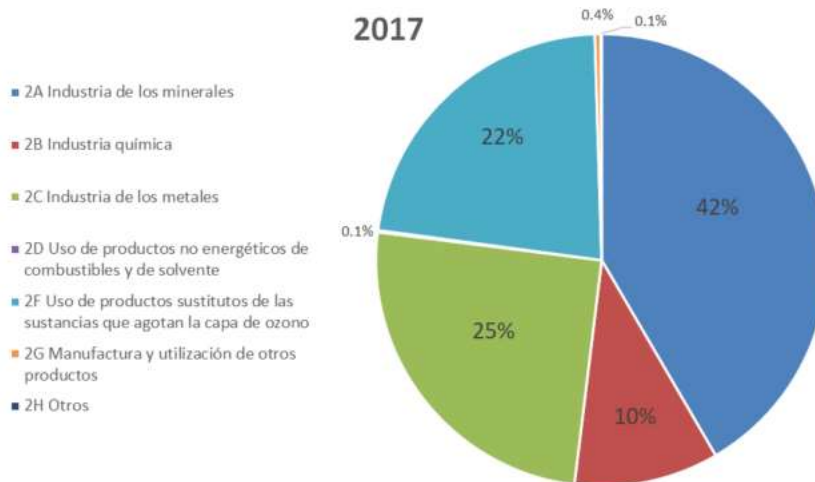
Nota: Se observa que para el periodo 1990-2015, fueron incluidas las emisiones negativas, secuestradas por la biósfera bajo la clasificación [3B Tierra]. Para los los 2016-2017, no se incluyen.



En la figura 12, se observa la importancia de la actividad productiva intensiva en los sectores metalúrgico y cementero, así como la del uso de sustitutos a las sustancias que agotan la capa de ozono (principalmente HFC y SF6, empleados como refrigerantes en equipos de climatización y cámaras frigoríficas).

Figura 12. Emisiones GEI por sector productivo, año 2017

Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario Nacional GYCEI, SEMARNAT, 2019b.



De acuerdo con la tabla 5 y en la figura 12, se observa que la industria del cemento, cal y vidrio generan alrededor del 42% de las emisiones GYCEI, segmento del que el 80% es



representado por las emisiones GYCEI resultantes de la producción cementera. Esto refleja el crecimiento y posicionamiento de esta industria a nivel global como uno de los catorce productores principales, atrayendo inversión extranjera para el despliegue de plantas de producción, a lo largo del territorio nacional.

Con respecto a la Industria Química, la caracterización de emisiones GYCEI muestra que su impacto es del 10% del total. Cabe enfatizar que para el periodo comprendido entre 1990 y 2015, la industria ha experimentado un decremento significativo en la producción de amoníaco, de acuerdo con los datos del inventario nacional de emisiones (SEMARNAT, 2019b).

En el sector siderúrgico y metalúrgico, la caracterización de emisiones GEI muestra una intensa actividad productiva en la producción de hierro y acero. Cabe destacar, que, aunque México cuenta con minerales y metales disponibles, es uno de los países con mayor dependencia en la importación de estas materias primas para la producción. A las emisiones de GYCEI causadas por la producción hay que agregar, además, las emisiones debidas al transporte desde aquellos países desde donde son extraídas e importadas.

Para el sector del papel y el cartón, la caracterización de emisiones GEI muestra una particularidad a destacar. Si bien es un sector que ha mantenido su crecimiento económico, las emisiones de GYCEI se han reducido, o en otras palabras, desacoplado, al ser una industria que ha incrementado su tasa de reciclaje de manera significativa.

Para el sector Ganadero, la tasa de incremento en las emisiones de GYCEI fue cercana al 0.5% de un año a otro (ver los datos asociados a los años 2014 y 2015 (SEMARNAT 2019b)). Este indicador muestra que hay desafíos relevantes en toda la cadena productiva para desacoplar su crecimiento económico, tomando como base las proyecciones de crecimiento poblacional y, por tanto, del consumo de sus derivados.

Partiendo de las emisiones de GYCEI que generan los residuos en toda su cadena de gestión y disposición final se podría pensar que un 6% no representa un valor de emisiones de GYCEI relevante, sin embargo, al considerar los volúmenes de materiales que podrían ser re-incorporados a circuitos económicos y productivos que eviten el consumo de recursos naturales, agua y energía, sumado a las emisiones a lo largo de todo su re-procesamiento, el potencial de mitigación se vuelve relevante.

Análisis de Emisiones de Carbono Negro

Para el cambio climático, **el carbono negro resulta ser un contaminante de vida corta [CCVC]** ya que su presencia en la atmósfera se reduce a días o semanas, sin embargo, contribuye en un **40% con el forzamiento radiactivo global**, es decir, que mientras está presente, **incrementa la temperatura proveniente de la radiación solar**, sobrecalentando la atmósfera. Las fuentes principales de emisión de carbono negro son los combustibles fósiles que son intensamente utilizados y quemados en los sectores industriales, transporte y energía.

Según el **5to Informe del IPCC [IPCC-AR5, 2013]**, el carbono negro es la **segunda fuente** de emisión antropogénica **de mayor impacto en el cambio climático**, donde la primera es el dióxido de carbono.



Además, el carbono negro es un **agente altamente dañino a la salud humana** debido a que sus componentes se atomizan a través del **material particulado [PM2.5 y PM10]** que se expulsa al aire desde diversas fuentes contaminantes tanto fijas como móviles.

A continuación, se presentan datos relevantes sobre este agente contaminante y se identifica que el sector energético (generación y consumo), que actualmente tiene como base a las fuentes fósiles, se irá descarbonizando conforme sean implementadas las tecnologías de consumo energético eficiente y de generación a partir de fuentes renovables.

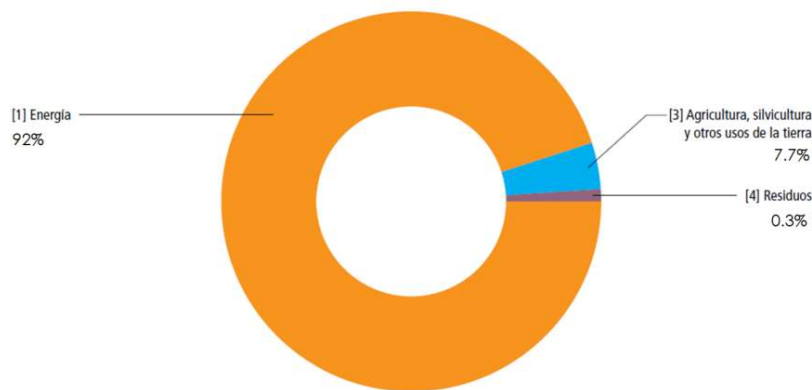
Tabla 7. Emisiones de carbono negro, 2015

Fuente: SEMARNAT, 2018.

Gg	
Sector	Carbono negro
[1] Energía	125.67
[3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	4.44
[4] Residuos	1.15
Total	131.56

Figura 13. Distribución de las emisiones de carbono negro por sector, 2015

Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario Nacional GYCEI, SEMARNAT, 2019b.



Objetivos de Desarrollo Sustentable

A través del portal **México Agenda 2030** del Gobierno Federal, **se presentan las metas, acciones e indicadores vinculados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos a su vez contribuyen** con los Compromisos Nacionalmente Determinados ante el Acuerdo de París (CND) y con los beneficios que la economía circular brinda.

Para conocer los reportes, indicadores y acceder al sistema de datos abiertos, el Gobierno Federal, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Organización de las Naciones Unidas han puesto a disposición el Sistema de información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, México. Este portal comparte información del país, que a su vez es integrada en el índice de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (denominado SDG Index), información base para la elaboración reporte regional y



global anualmente, publicado por la Red de Soluciones para el Desarrollo Sustentable (SDSN).

Economía baja en carbono

Al igual que varios países europeos y asiáticos pioneros en desarrollar un modelo de desarrollo con base en la economía circular, un gran número de ciudades también se han sumado a esta importante apuesta de largo plazo. Entre ellas podemos encontrar urbes como San Francisco, Austin, Amsterdam, Edimburgo, Seúl, Tokio, Guangzhou, entre tantas.

Para nuestra región, ya hay varias ciudades sumándose a iniciativas como C40 que buscan su transformación como centros económicos bajos en carbono, lo que consiste en desacoplar su crecimiento y desarrollo de los impactos causados por un modelo lineal y con emisiones que minan la calidad de vida de los ciudadanos. Algunas de las ciudades latinoamericanas que lideran esta iniciativa son: Ciudad de México, Guadalajara, Quito, Bogotá, Santiago, Curitiba, entre otras.

La Economía Circular como Estrategia y Marco de Referencia

Tomando como referencia a países que en la década de 1990 definieron una estrategia de desarrollo sustentable y que ha resultado exitosa, como son los casos de Alemania y Japón, tenemos que destacar dos elementos fundamentales: **la visión y la construcción de los mecanismos habilitadores** de estas estrategias.

Ante una clara vocación de eliminar al 100% los rellenos sanitarios en estos países, y mediante una estrategia basada en el re-aprovechamiento escalonado de los flujos de materiales de acuerdo con la jerarquía de re-valorización, priorizaron el desarrollo del marco regulatorio que habilitara el despliegue de infraestructura y los mecanismos de separación, clasificación, intercambio y re-aprovechamiento a través de un mercado de materiales, una visión de responsabilidad extendida del productor (o compartida con el consumidor) y un marco de referencia que permitiera monitorear los avances en las metas definidas. Para el año 2005, los rellenos sanitarios habían sido erradicados, mientras surgía una nueva industria es la que hoy genera miles de empleos y suministra energía a la red nacional (alrededor de 9 Twh (Zurita, A. 2016)) bajo un estricto control de emisiones (Waste-to-Energy, biodigestión, compostaje, etc).

Para el caso de México, las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) plantean una meta ambiciosa en mitigación de GEI, que implica una re-configuración de la matriz de generación energética, la implementación a gran escala de tecnologías para lograr altos niveles de eficiencia energética en todos los sectores de consumo y una estrategia de gestión de riesgos ante los efectos del cambio climático al que están expuestas muchas comunidades vulnerables y ciudades con importante incidencia en la economía del país. Vinculado a lo anterior, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), establecen compromisos y metas que sólo pueden ser alcanzadas bajo un nuevo modelo de desarrollo, uno que permita a las principales industrias incrementar su productividad y competitividad, reduciendo además, su dependencia en el uso de combustibles fósiles, de materias primas vírgenes de origen extractivo) y la importación de insumos que podrían sustituirse con el mercado nacional.

En el caso particular de México, existen dos realidades sociales que a través de una estrategia de economía circular podrían atenderse: oportunidades de desarrollo local y



generación de empleo. Ello permite abordar problemáticas como la inseguridad y la migración, ambas tienen raíz en la falta de oportunidades de educación y empleo de calidad en zonas específicas del país (COLMEX 2018), donde las condiciones son de pobreza y pobreza extrema, dejando pocas alternativas de supervivencia, en muchos casos vinculadas con organizaciones con actividades ilícitas. En este sentido, **la economía circular ofrece mecanismos para desarrollar pequeñas economías y bio-economías comunitarias que integre estos territorios mediante el desarrollo de mercados de materiales, actividades agrícolas sustentables y la cualificación de su mano de obra para las industrias cercanas.** En varias de estas zonas, se debe aprovechar el potencial para generar energías limpias (solar, geotérmica y eólica) o con estricto control de emisiones (Waste-to-Energy, bioenergía, etc.), un eje estratégico de desarrollo que contribuirá directamente con las CND y ODS.



3 Análisis de los beneficios de la Economía Circular para México

En esta sección se presenta un análisis de valor sobre los beneficios que la Economía Circular representada para México ante una realidad actual compleja en términos socio-económicos y de vulnerabilidad incremental ante la ocurrencia de riesgos climáticos. Es por ello por lo que se aborda de manera sistémica una agenda de beneficios ante el reto de implementar un modelo de desarrollo sustentable para el largo plazo centrado en el fortalecimiento económico, que mitigue el grado de daño medioambiental del modelo extractivo actual y que en el tiempo construya una sociedad con acceso a la prosperidad y mejores condiciones de vida. De forma complementaria, se consideraron los hallazgos, producto de las entrevistas a los actores clave durante la etapa de diagnóstico del presente proyecto, lo que puede ser consultado en el reporte 2.4.

3.1 El contexto para el análisis de la economía mexicana

El contexto mexicano, a cinco años del lanzamiento de la Agenda Global de Desarrollo 2030, está determinado por factores y realidades particulares como las que se destacan, a continuación:

- Alta dependencia del sector turístico en ciertas regiones.
- Alta dependencia de la importación de combustibles y materias primas.
- Alta dependencia económica de las remesas de los inmigrantes que trabajan como ilegales en EEUU.
- Índice de pobreza mayor de 41.9% en 2018 y pobreza extrema cercana al 7.4% (CONEVAL 2019). Estos índices podrían tener un incremento significativo ante la incidencia de la emergencia sanitaria provocada por la pandemia del COVID-19 y la pérdida de empleo masiva a consecuencia.
- Alta vulnerabilidad en ambas costas (Océano Pacífico y Golfo de México) ante el paso de huracanes y ciclones (20 eventos por año en promedio).
- Alta vulnerabilidad sísmica en gran parte del territorio nacional.
- Alta vulnerabilidad a las sequías en las zonas de Bajío, centro-norte y norte del país con pérdidas significativas de cosechas cada año.
- Alta inmigración ilegal procedente de Centroamérica que busca llegar a EEUU y que en alto porcentaje se asientan en territorio mexicano en condiciones de vulnerabilidad.

Algunos factores que resultan transversales y compartidos con otros países de la región son los siguientes:

- Economía basada en las exportaciones de insumos, materias primas o productos con bajo valor agregado.
- Economía con vocación hacia la maquila en sectores como el automotriz, textil y de productos que se comercializan en otros mercados.
- Poca diversificación de los mercados de exportaciones.
- Divisa con alta volatilidad.
- Alta tasa de empleo informal.



- Alta contaminación de suelos, cuerpos de agua y capital natural por gestión inapropiada de rellenos sanitarios o ausencia de éstos.

Los factores compartidos con otros países a nivel global son los siguientes:

- La crisis climática.
- La migración masiva de personas procedentes de Centro, Sudamérica y El Caribe.
- Emergencia Sanitaria causada por el COVID-19.

En este escenario donde convergen factores sociales, ambientales y económicos de alta complejidad, México debe diseñar una estrategia que en el corto plazo mitigue los efectos negativos de lo que se estima como una mayor pérdida de empleos y una recesión económica aguda (OCDE, 2020), y que en el largo plazo facilite la recuperación del bienestar social y la competitividad empresarial, mediante la transición hacia un modelo de desarrollo sustentable.

3.2 Los beneficios de la economía circular como estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático

La matriz de generación energética primaria está compuesta por un 90% de fuentes fósiles (87% por hidrocarburos) (SENER 2016) **y un 10% de fuentes renovables solamente.** La matriz de **energía eléctrica** está conformada por un **29% de energías renovables** (16% hidroeléctrica, 7% eólica, 4% solar, 2% nuclear) y un **73% de generación con fuentes fósiles.** Los principales sectores de consumo energético son: el sector transporte (43%), el sector manufacturero (35%), el sector residencial (15%) y otros sectores (7%) (Ley de Transición Energética 2020).

De acuerdo con el **Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero** (INEGYCEI, 2017), las emisiones GEI netas son **733,822 GgCO₂**. De este total, el **73% son causadas por la generación, consumo de energía y transporte**, 15% por el sector agrícola, 8% por procesos industriales, y 6% por la Gestión de residuos.

Debemos tener en cuenta que **la población actual crecerá en un 20% aproximadamente para 2050**, alcanzando los 148.2 millones de habitantes, que el **consumo energético per cápita crecerá entre un 10% o 15%**, aun cuando se logre la implementación de tecnología para la eficiencia energética, y que la matriz de generación de energía actual es del 90% con altos índices de ineficiencia (CONAPO 2020).

A continuación, se presenta la figura 19, en la que se describe claramente la evolución en el consumo energético por los principales sectores, para el periodo de 1990-2017.

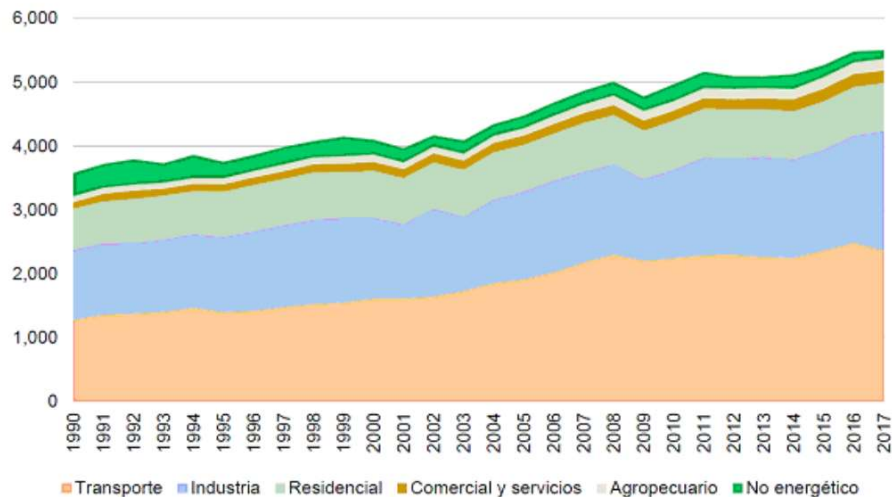


Figura 14. México, Consumo energético por sector, 1990-2017

Fuente: Sistema de Información Energética SIE de la SENER.
<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas>

FIGURA 12. TENDENCIA DEL CONSUMO FINAL TOTAL DE ENERGÍA POR SECTOR, 1990-2017

(Petajoules)



Contribución Nacionalmente Determinada

Para cumplir el CND No-Condicionado que establece una reducción del 22% de las emisiones GEI y 51% de Carbono Negro, la estrategia deberá ser multimodal, es decir, que debe estar conformada por varios modos de mitigación según sectores de mayor impacto y en los que la implementación tecnológica se vaya acelerando.

En este contexto, **La Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático** que en primera instancia busca cumplir con los CND a 2025 y 2030, y más adelante la transición hacia una economía baja en carbono, debe apuntar en términos energéticos, hacia metas claras y ambiciosas como las siguientes:

- **Generación energética primaria con 30% y generación de electricidad con 50% de fuentes limpias** (solar, eólica, geotérmica, etc) que garantice niveles de mitigación mínimo de un 40% de las emisiones GEI en este rubro (IRENA 2018).
- **Implementación de programas de eficiencia energética a gran escala en los sectores industrial, residencial y comercial, reduciendo el consumo en por lo menos 30%.**
- **Desarrollo de mercados de intercambio de flujos de materiales recuperados.** Con esto se evita gran parte del consumo energético empleado convencionalmente para procesamiento de las materias primas vírgenes.
- **Transferencia tecnológica del parque automotor y del sector transporte hacia la sustitución por vehículos de bajas emisiones (híbridos) o de emisiones cero (eléctricos o a hidrógeno)** que asegure una reducción de por lo menos un 50% en las emisiones de GEI y del material particulado.
- **Reducción en la generación de residuos que va a rellenos sanitarios, ya que para el año 2030 se prevé que el índice de generación de residuos ascienda a los 475 kg/per cápita/año.** Considerando que cada tonelada de residuos sólidos que



no va hacia el relleno sanitario, evita la emisión de alrededor de 0,5 tonelada de CO_{2e}, se tiene un potencial de mitigación de entre un 18% y 37%, de acuerdo con estimaciones presentadas en los escenarios contenidos en el documento “DESARROLLO países no-Anexo I DE RUTAS DE INSTRUMENTACIÓN DE LAS CONTRIBUCIONES NACIONALMENTE DETERMINADAS EN MATERIA DE MITIGACIÓN DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO (GYCEI) DEL SECTOR RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN MÉXICO, COMO INSUMO PARA LA SEXTA COMUNICACIÓN NACIONAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO” (INECC 2018)

En el **Reporte 3.4** que forma parte de este entregable, se encuentra un marco de referencia mediante el que el país podrá desarrollar y adaptar su propio sistema de monitoreo de avances, así como establecer los indicadores estratégicos a nivel micro, meso y macro, que le permitan integrar los resultados de mediciones tiempo a tiempo en las diferentes industrias y sectores comprometidos en la Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático.

Hoy en día, el procesamiento de materias primas vírgenes, la cadena de transformación, manufactura y ensamble de producto, la cadena de distribución, el ciclo de vida útil y de uso del producto y la respectiva gestión de los residuos que se deriva a lo largo de todo este encadenamiento productivo, generan grandes consumos de energía, agua y materiales, y las respectivas emisiones de GEI. **Al re-incorporar flujos de materiales descartados en nuevos ciclos de producción, bien sea como materias primas recuperadas o en fases “aguas abajo” del proceso productivo o de comercialización, se evita en primera instancia, aquellas emisiones debidas al transporte y disposición en relleno sanitario, y en una segunda instancia, se mitiga gran parte de las emisiones GEI asociadas tanto a la extracción de materias primas vírgenes, como al consumo de recursos evitados para este nuevo ciclo productivo.** Desde la óptica de la estrategia de mitigación de GEI, es fundamental tener en cuenta que la re-incorporación de estas materias primas o componentes recuperados, evita además, la emisión de GEI derivada de la quema de combustibles y por la eficiencia energética en el uso de los equipos en su ciclo de vida.

Evitando depositar materiales descartados en rellenos sanitarios, contribuimos directamente con la regeneración de los suelos, mantos acuíferos y capital natural. Esto permite restaurar la capacidad de los suelos para desarrollar proyectos de agricultura sustentable y bio-economías comunitarias que a su vez, salvaguardan los recursos naturales y aseguran los ciclos restitutivos. Esta simbiosis entre el uso de los suelos como activos productivos y una recuperación guiada por prácticas de siembra regenerativa, genera resiliencia para el largo plazo.

3.3 Los beneficios de la economía circular como estrategia de transformación social

Un modelo de desarrollo fundado en los principios de la economía circular y del pensamiento sistémico crea un equilibrio entre la generación de valor económico y el bienestar social de las comunidades donde se establece.

Para el caso de México se identifican tres ámbitos sociales en los que la economía circular generará gran valor: empleo de calidad, educación para la innovación sustentable y equidad de género y social.



3.3.1 Empleo de calidad

Partiendo nuevamente de la transición hacia las energías limpias, hoy se sabe que con la entrada en operación de las 63 granjas de generación solar y los 71 parques de generación eólica, que en su conjunto sumarán una capacidad instalada de 8,8 GW, se están creando 70,000 empleos nuevos en zonas de poco desarrollo urbano, con lo que se tangibiliza el impacto de la economía circular en estas regiones (ASOLMEX y AMDEE, 2020).

Ante el escenario de la elaboración de la hoja de ruta en economía circular para México, es necesario visionar la creación de nuevas industrias, encadenamientos productivos, nuevas redes de servicios y empresas que demandarán manos de obra calificada en diversas competencias que aún están en desarrollo.

Centrándonos directamente en el re-aprovechamiento de flujos de materiales descartados, provenientes de industrias y mercados de consumo, se infiere la creación de empresas de servicios logísticos especializados para la recuperación de los diferentes materiales y su debida gestión, bien sea para canalizarlos hacia los mercados de intercambio de materiales, para entregarlos a las empresas de reciclaje o, incluso, a empresas que generen energía. En ese sentido, se identifican nuevas empresas y orientaciones de negocio en todo el encadenamiento desde que el flujo del material sale del primer uso, hasta que es re-incorporado en otro proceso. Entre estas actividades aún por desarrollar se observan las siguientes:

- Gestores logísticos especializados de los flujos de materiales.
- Cooperativas de recicladores.
- Laboratorios para validación y verificación de las propiedades de los materiales
- Certificadores de calidad y cumplimiento de parámetros.
- Comercializadores e intermediarios.
- Empresas de pre-tratamiento de materiales para industrias especializadas.
- Consultores especialistas en control de impactos ambientales.
- Empresas de tecnología (software) para sistematización de cadena logística y creación de mercados digitales.
- Empresas de infraestructura y montaje de equipos para la separación, triturado y procesamiento de flujos de materiales.
- Servicios técnicos para maquinaria y equipo.
- Empresas de tecnología especialistas en medición de impactos e indicadores de desempeño.
- Empresas de confección y suministro de equipo de seguridad industrial para el manejo de materiales.
- Laboratorios y centros de investigación en tecnología de materiales.
- Diseñadores de producto con nuevos materiales.

Considerando un espectro aún más amplio, la economía circular es un motor de creación de empleo en todos los ámbitos de la economía. En las industrias de la transformación, la construcción y de productos químicos por ejemplo, se identifican empleos en diferentes niveles de especialización como los siguientes:

- Formadores y entrenadores en eco-diseño, economía circular e innovación.
- Obreros de producción cualificados.



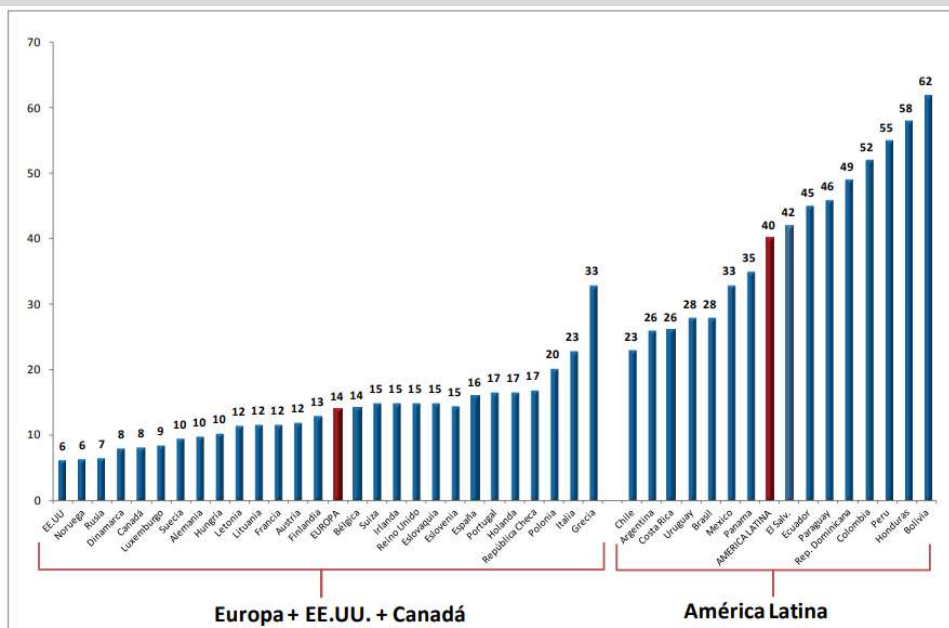
- Técnicos de laboratorio.
- Técnicos de mantenimiento y reparación de equipos especializados.
- Desarrolladores de tecnología.
- Especialistas en inteligencia de negocios.
- Desarrolladores de nuevos negocios.
- Investigadores en diversas áreas.
- Equipos de diseño de nuevos procesos constructivos.
- Personal de mercadeo y publicidad para el lanzamiento de nuevos modelos de negocio, producto o servicio.
- Agrícolas urbanos y campesinos expertos en agricultura sustentable.

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), podrían crearse 4,8 millones de empleos en la industria del reciclaje en América Latina y el Caribe, para 2030. Asimismo, en la transición energética se prevé la creación de 1 millón más de empleos para la región. Inicialmente, la creación de nuevos empleos estará en los encadenamientos de recuperación de flujos de materiales y generación energética, para posteriormente avanzar hacia otros procesos o sectores más especializados.

México al igual que los países de la región, cuenta con un alto índice de empleos no-asalariados (33%), esto significa que aunque no es clasificado como empleo informal, sí es una actividad que fluctúa de manera significativa, pues los trabajadores se desempeñan de manera independiente. También es llamado “auto-empleo”. A nivel global y regional, se evidencia el impacto de esta condición laboral en México, según la figura 20.

Figura 15. Empleo No-Asalariado (%)

Fuente: CEPAL/OIT, 2018.



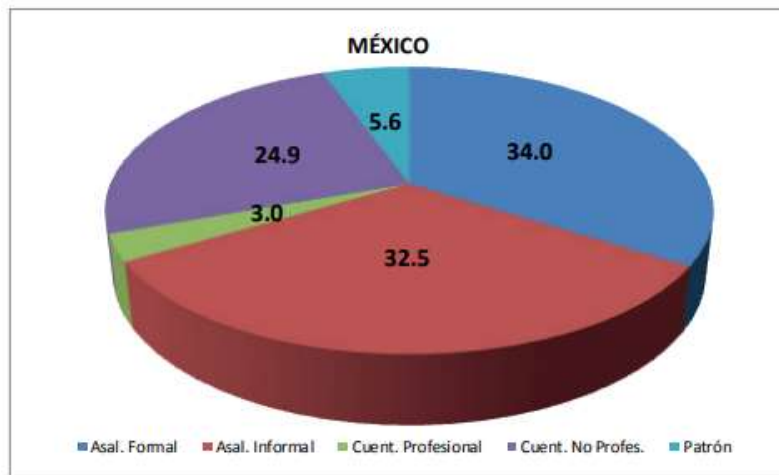
La figura siguiente muestra el nivel de importancia en el mercado laboral de los empleados asalariados, los asalariados informales, los trabajadores independientes no-

asalariados (cuentapropismo), los trabajadores independientes no-profesionales y los empleadores.

Un dato negativo reciente es que durante el mes de abril de 2020, debido al paro económico en México por la pandemia del COVID-19, se perdieron alrededor de 500,000 empleos formales, y que durante los cinco meses comprendidos entre marzo y agosto se perdieron 1.1 millones de empleos formales, según reportó el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS 2020). La importancia de este dato se debe al nivel de impacto de la emergencia sanitaria, y a las proyecciones de recesión económica que se estiman para los próximos 18 meses.

Figura 16. Mercado laboral de los empleados para México 2018.

Fuente: CEPAL/OIT, 2019.



Estas figuras nos clarifican sobre la realidad del empleo en la región y en México, así como la tendencia en la modalidad en que los profesionales y no profesionales están insertándose al mercado laboral.

Desde una perspectiva de la economía circular, la creación de empleo se correlaciona directamente con la actividad a desempeñar, el nivel de especialización requerido, la duración del proceso o servicio. Esto se logra habilitar mediante modelos de contratación disruptivos que potencian la eficiencia en el uso de los recursos, pero que prioriza la calidad del empleo y procura una remuneración justa.

Como ejemplo de esto, están las cadenas de agricultura sustentable donde se desarrollan competencias y se tecnifica la mano de obra a cambio de una remuneración más justa. Los productos cosechados se comercializan bajo un sistema de precios justos, lo que permite una redistribución más equitativa del dinero que el mercado paga, pues se corta gran parte de la carga de intermediación con ayuda de plataformas tecnológicas que acercan al consumidor con el productor. A esto se le suma que el proceso de siembra sea libre de pesticidas y agroquímicos para que el producto sea orgánico o más saludable, sin afectar el precio de mercado. En este tipo de modelos se identifican componentes de innovación como la tecnología habilitadora del modelo de negocio y comercialización, el impacto social de un sistema de precios



justos y los procesos de educación y capacitación en modelos de agricultura tecnificada y sustentable.

3.3.2 Educación para la Innovación Sustentable

Entre los insumos recogidos durante el proceso de entrevistas con los actores clave que participaron en esta fase de proyecto, se destacan dos elementos fundamentales: la falta de mano de obra cualificada con competencias en el manejo de tecnologías que habilitan modelos de economía circular y la desarticulación que actualmente existe entre los programas y planes de estudios con respecto a las industrias.

En el primer caso, se deberá desarrollar un sistema escalonado de educación para la innovación sustentable. Esto significa transferir conocimiento en áreas técnicas que permita la inserción al mercado laboral para los empleos nuevos que la economía circular generará. En este sistema se debe considerar que habrá un espectro de empleos que irán desde competencias básicas, hasta niveles de especialización altos para investigación y desarrollo.

En el segundo caso, se trata de vincular las necesidades que la industria experimentará en su transición hacia la economía circular y hacia la implementación de las tecnologías de la industria 4.0, y cómo las instituciones educativas, a través de programas y planes de estudio enfocados, logran formar técnicos, profesionales y especialistas que desarrollen la innovación necesaria en cada etapa, industria y área del negocio. De este modelo, se identifica una conexión directa con la propuesta que una de las entrevistadas sugiere sobre la creación de redes de conocimiento entre empresas y sectores industriales que catalice la colaboración.

3.3.3 Perspectiva de Género y Equidad Social

Los potenciales beneficios percibidos de la economía circular a la perspectiva de género encuentran eco en comunidades que en un contexto de migraciones se convirtieron en pueblos habitados en su mayoría por mujeres. Las jefas de hogar llevan adelante el desarrollo de sus comunidades a través de actividades que antes eran realizadas por hombres. Es así como las mujeres empiezan a ocupar un rol preponderante en actividades como el reciclaje y recolección de residuos. En este sentido, se señala que es a través del trabajo sobre cambio climático y sustentabilidad que se logra llegar a trabajar una perspectiva de género.

Perspectiva de género en la política pública ambiental

La formulación de políticas ambientales con enfoque de género tiene como detonador inicial el posicionamiento de las desigualdades de género durante la Cumbre de la Tierra celebrada en 1992 en Río de Janeiro, y los compromisos asumidos por el gobierno mexicano en la Cuarta Conferencia Mundial sobre la Mujer, realizada en 1995 Beijing.

A partir de 1998 se registran los siguientes hechos que constituyen hitos de la política ambiental de México:

- La creación del Grupo Operativo Intersectorial de Género y Medio Ambiente (1988), instancia de coordinación entre gobierno y organizaciones de la sociedad civil, responsable de la formulación de un



Plan de Acción en el que se establecen compromisos para impulsar la perspectiva de género en las políticas públicas para el desarrollo sustentable.

- La Declaración para la Equidad de Género de la (1999), en la que se establece el compromiso institucional de promover la equidad de género y se asevera que *"la igualdad de derechos, oportunidades y obligaciones para hombres y mujeres en el acceso, uso, manejo, aprovechamiento y conservación de los recursos naturales, son elementos fundamentales para alcanzar el desarrollo sustentable"*.
- La elaboración del Addendum *"Mujer y Medio Ambiente"* en el Programa Nacional de la Mujer *"Alianza para la Igualdad"* (2000), con la finalidad de *"establecer el marco de referencia para el diseño de una política pública, para impulsar la equidad de género en materia ambiental y de recursos naturales [...] alentar y recrear una cultura orientada al cuidado del medio ambiente"*.
- La creación de la Dirección de Equidad de Género y Medio en la SEMARNAP, que posteriormente en 2000, se denominó Dirección de Género y Medio Ambiente de la SEMARNAT.
- La formulación del Programa Género, Medio Ambiente y Sustentabilidad 2002-2006, través de la ampliación y consolidación de mecanismos de participación social que promuevan la equidad entre las mujeres y los hombres, en relación al acceso, uso, manejo, conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
- Sistema de indicadores diseñado por el Instituto Nacional de las Mujeres en el marco del Programa Nacional para la Igualdad de Oportunidades y no Discriminación contra las Mujeres 2013-2018.
- Programa para la igualdad entre hombres y mujeres del Senado de la República 2019-2024. Con el objetivo de contribuir a institucionalizar y transversalizar la perspectiva de género en el Senado de la República (Prolgualdad).
- Programa Institucional 2020-2024 del Instituto Nacional de las Mujeres, que establece los objetivos siguientes:
 - Coordinar y promover la implementación de la Política Nacional en materia de Igualdad entre Mujeres y Hombres para contribuir al bienestar, la justicia y a una vida libre de violencia para mujeres y niñas
 - Orientar y fortalecer el quehacer público y privado para lograr la igualdad sustantiva entre mujeres y hombres
 - Impulsar cambios culturales que favorezcan el ejercicio pleno de los derechos de las mujeres y su liderazgo como protagonistas del desarrollo y actoras clave de la transformación del país

En cuanto a la distribución económica y de oportunidades de desarrollo -como las escolares y laborales- México enfrenta grandes retos. Se observa, por ejemplo, que el porcentaje de hombres que gana más de dos y hasta cinco salarios mínimos es de 38.1% en contraste con el de mujeres que es de 25.8% (OIT, 2019). De la misma forma, hasta hace cinco años había más de un millón de estudiantes de entre 18 y 20 años que concluyeron estudios de nivel medio superior y no continuaron con estudios de nivel



superior, de los cuales el 41% eran hombres y el 59% mujeres (OIT, 2019). El principal motivo de la deserción fue económico: no tenían dinero suficiente para pagar la escuela. Los datos indican que 21.6% de quienes desertaron eran mujeres, mientras que la cuota de hombres que abandonaron los estudios fue del 14.5% (Echarri Cánvas. C.J. 2020). La pobreza y la marginación se recrudecen para las mujeres de los sectores rurales, donde acciones enfocadas a la economía circular comunitaria podrían apoyar positivamente para mejorar las condiciones de vida.

En 2019 con la modificación de la estrategia de la nueva administración se lanza en agosto de 2019 un nuevo plan nacional de igualdad denominado **Pro-igualdad 2019-2024**.

El Acuerdo

*“**PRIMERO.** Para que las mujeres y niñas más pobres y discriminadas estén siempre en el centro de la 4T y del desarrollo de México. **SEGUNDO.** Para que haya más trabajo formal, mejores condiciones y más derechos para las mujeres. **TERCERO.** Para garantizar mayor bienestar en la vida de las mujeres y niñas, con educación para todo respeto, no violencia, paz y seguridad. **CUARTO.** Para que las familias y centros de trabajos compartan los trabajos de cuidado y las mujeres tengan más tiempo propio. **QUINTO.** Para que se procure una mejor atención a la salud de las mujeres a lo largo de su vida. **SEXTO.** Para trabajar juntas y juntos por una nueva cultura nacional basada en los valores y principios de gobierno. La igualdad de derechos y oportunidades para mujeres y niñas”.*

Actualmente, las leyes y programas sobre cambio climático son los que muestran mayores avances en la transversalidad del enfoque de género, como la paulatina inclusión del enfoque de género en las Conferencias de las Partes para el Cambio Climático.

En México, un caso ejemplar es la Ley de Cambio Climático del Estado de Oaxaca que contiene criterios de género en una parte importante de su articulado.

Las políticas, programas y acciones sobre economía circular, son una oportunidad para tener consideración explícita de las personas que enfrentan desigualdades por diversas condiciones y característica (sexo, edad, ubicación territorial), contribuyendo al diseño de acciones para cerrar las brechas de desigualdad de género.

3.4 Los beneficios de la economía circular como motor de Desarrollo Sustentable para el largo plazo.

Emergencia Sanitaria y Recesión Post-COVID

Una de las estrategias que la economía circular propone en el primer nivel de costo-eficiencia, es el aprovechamiento de aquellos recursos que están subutilizados y que lejos de crear valor, consumen recursos valiosos para las empresas.

En este momento histórico donde las economías están paralizadas, las estimaciones para el mediano plazo proyectan profundas recesiones en países como México. Para lo que será necesario incluir dentro de la hoja de ruta en economía circular un primer *momentum* que permita que los sectores industriales y las empresas usen estos recursos desaprovechados y que, a través de nuevos modelos de negocio o mecanismos de intercambio, puedan reactivarse e iniciar su camino hacia la recuperación económica. Aquí cabe retomar el ejemplo que se mencionó al inicio de este documento, donde a



través de plataformas digitales y de mercados donde se comparten activos en forma de servicios, se crean nuevos negocios con alta rentabilidad.

Otra vía complementaria ante esta emergencia es cómo las MiPymes, las grandes empresas y las corporaciones multinacionales se articulan para crear cadenas de valor que ofrezcan al mercado soluciones a las necesidades de consumo. Para ello, es indispensable que las empresas pongan a disposición recursos que faciliten estos procesos colaborativos. Por lo regular las grandes empresas cuentan con infraestructura robusta, capacidad de financiamiento y personal, sin embargo, son quienes tienen mayores cargas ante una crisis como la actual. Las MiPymes, si bien adolecen de capacidad de financiamiento y una infraestructura robusta, son organizaciones flexibles que fácilmente pueden adaptar desarrollos propios a las nuevas condiciones. En esa complementariedad es que la economía circular presenta oportunidades de negocio, ya que la empresa robusta podrá generar la producción necesaria y la pequeña será el remolcador que le ayude a colocar en el mercado rápidamente la producción, a través de canales de distribución que ha desarrollado en procesos de innovación tecnológica.

Como ejemplo de lo anterior, podemos citar a empresas que hoy están empleando su infraestructura en la producción de indumentaria de bioseguridad para el personal médico e incluso comercializando al por menor o incluso exportando, a través de Mipymes que sirven como canales de venta. Hay casos internacionales de Eco-diseño de estos productos que mitigue la generación de desechables, contaminación cruzada y re-utilización de materiales en ciclos cerrados.

Economía Circular como motor de Desarrollo Sustentable

Una proyección de largo plazo exige un modelo sustentable como base. Para ello, la economía circular establece el marco de referencia y los mecanismos que faciliten aquellas dinámicas económicas para la creación de valor, para mantener los materiales en uso continuo y para regenerar el capital natural, según los principios a que hemos hecho referencia.

México es un país con enormes desafíos y, hoy más que nunca, necesita un motor de desarrollo económico que logre transformar toda esa abundancia de recursos disponibles en prosperidad económica.

Por sus condiciones geográficas y climatológicas, México cuenta con un altísimo potencial de generación de energía con fuentes renovables, recurso que de ser debidamente aprovechado, además de entregarle al sistema energía asequible y con mayores beneficios para los empresarios, se generarían excedentes que podrían colocarse en el mercado energético internacional. Un efecto positivo de este escenario es la independencia energética a la que puede acceder.

Uno de los mayores desafíos para los sectores productivos como el siderúrgico está en la importación de materias primas para su producción, lo que podría ser resuelto mediante la creación de mercados de intercambios de materiales debidamente regulados y certificados, en el que se comercialicen los flujos de materiales de forma local. El objetivo principal que es reducir las importaciones queda cubierto mediante el suministro local y se obtiene beneficios ambientales al cortar emisiones GEI (bonos de carbono o certificando procesos como carbono neutral, por mencionar algunos



instrumentos). Los costos por disposición final, por compensación de emisiones GEI, por consumo energético de producción e incluso por consumo hídrico, se abaten al contar con materiales que no son re-procesados. Esto genera eficiencia en el manejo de recursos, productividad desde la óptica de costos y competitividad ante diferentes mercados, e incluso acceso a algunos nuevos. Como referencia del impacto mencionado, re-aprovechar aluminio proveniente del reciclaje y que cumple con las especificaciones técnicas para su reinsertión en procesos productivos, evita el consumo del 95% de la energía requerida para procesar la materia prima virgen (Ellen MacArthur Foundation 2019).

Para sectores productivos como el cementero, donde la materia prima está en las canteras locales, el desafío está en mejorar la productividad y desarrollar competitividad tanto para el mercado local como para exportar. Al contar con eficiencias como las mencionadas, el margen del producto aumenta y eso permite invertir en proyectos de innovación que desarrollan en tres vías principalmente: Eficiencia energética que es uno de los parámetros de productividad más sensibles, desarrollo de productos y tecnología de materiales y logística que asegure la calidad y satisfacción del cliente. Todo bajo un modelo de sustentabilidad que entregue métricas de la gestión de manera trazable y transparente.

El cierre de ciclo es uno de los retos más ambiciosos para una economía como la mexicana, pues si bien es una estrategia para mantener e incrementar el valor de los flujos de materiales en circuitos económicos cerrados, se debe establecer un marco regulatorio que facilite la articulación de los diferentes actores en el circuito completo.

Los beneficios más relevantes en un ciclo cerrado se perciben en forma de cascada: primero la eficiencia del proceso productivo, luego los circuitos de re-valorización en cada fase de uso de producto, de des-ensamble y re-uso de componentes y, finalmente de recuperación de materiales para re-incorporarlos como materia prima. La rentabilidad está presente en cada ciclo y la independencia en la disposición de recursos. Los impactos que se mitigan en términos ambientales y sociales se traducen en indicadores, en valor reputacional y en acceso a diversos beneficios tributarios, financieros y hasta premios de liderazgo empresarial. Los proyectos de innovación que se van implementando en cada fase del cierre de ciclo por lo regular son co-financiados por instrumentos de financiamiento verde con períodos de gracia que viabilizan y rentabilizan las inversiones en un plazo corto.

La simbiosis industrial es una apuesta que conecta con gran parte de los beneficios descritos en el cierre de ciclo, pero que es aún más desafiante, pues concibe la operación de dos o más procesos conectados en un mismo metabolismo industrial, lo que supone inversiones mayores en innovación tecnológica e investigación, acuerdos de largo plazo entre aliados estratégicos y el cumplimiento de normas y regulaciones más complejas.

Además, estos beneficios incluyen la apertura de nuevos mercados a partir del consumo sustentable, la atracción de financiamiento, el desarrollo de nuevos productos y modelos de negocios y sistemas de infraestructura sostenible.

Para 2014, El Foro Económico Mundial estimó que la economía circular global podría generar beneficios económicos de alrededor de 380 mil millones de dólares al año (Ellen MacArthur Foundation, 2014). Según este estudio, **el potencial de la economía circular**



para economías como la de México podría alcanzar los 35 mil millones de dólares anuales en ahorros de materiales y oportunidades de nuevos negocios, así como la generación de encadenamientos y el fortalecimiento de cadenas de valor, como uno de los factores generadores de competitividad.



4 Las contribuciones de la Economía Circular para México

En esta sección se presentan los beneficios reconocidos por los actores clave que participaron en esta etapa de diagnóstico, así como aquellos beneficios identificados en cada sector y en el despliegue de la innovación.

4.1 Los beneficios reconocidos por los sectores clave

La siguiente tabla muestra el nivel de importancia de cada uno de los sectores industriales incluidos en esta etapa de diagnóstico. Es importante correlacionar su impacto en la economía nacional, el nivel de generación de empleo y el grado en que las empresas de cada industria están representadas.

Tabla 8. Sectores industriales representados en esta etapa de proyecto y su nivel de impacto en la economía mexicana

Fuente: Elaboración propia con datos públicos de las cámaras industriales

ORGANIZACIÓN	PARTICIPACIÓN EN EL SECTOR	IMPACTO EN EL PIB NACIONAL	GENERACIÓN DE EMPLEO	ORGANIZACIONES QUE LA CONFORMAN
CONCAMIN Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos	Representa a los sectores industriales primario, secundario y terciario	35% PIB Nacional	8.4 millones en 2018 (42% Empleo Formal Nacional)	-47 Cámaras Nacionales -14 Cámaras Regionales -3 Cámaras Genéricas -59 Asociaciones adscritas
ANIQ Asociación Nacional de la Industria Química	90% de la actividad del sector	2.0% PIB Nacional	50,000 Empleos directos e indirectos	500 Empresas representadas
CÁMARA DEL PAPEL	95% de las Empresas del sector	7.0% PIB Manufactura (13mil millones de dólares aprox.)		28 Empresas representadas
CANACEM Cámara Nacional del Cemento	34 Plantas de producción en todo el país	1.0% PIB Nacional	>20,000 Empleos directos	6 Empresas Cementeras
CANACERO Cámara Nacional del Acero	-61.5% Construcción -18.8% Productos metálicos -10.6% Automotriz 7.8% Maquinaria 1.3% Equipo Eléctrico	2.1% PIB Nacional 7.1% PIB Industrial 13.1% PIB Manufactura (13mil millones de dólares aprox.)	672,000 Empleos directos e indirectos	55 Empresas Acereras y Siderúrgicas

De acuerdo con las entrevistas a los actores y sectores clave, a continuación, se presenta el análisis de valor con los beneficios reconocidos en la economía circular para México:

Industria Siderúrgica y Metalúrgica

Revalorización de los materiales y componentes (minerales y metales como el oro, cobre, aluminio, níquel, sílice, etc.) en diferentes escalas y para diversos usos.

Reducción de la dependencia de la importación de materias primas (evitar volatilidad de precios).

Gestión de proveedores asegurando buenas prácticas de minería sustentable en la extracción de minerales.



Recuperación y cierre de ciclo de flujos de materiales (aluminio, oro, cobre, entre otros).

Empleos de calidad y potencial para crear nuevos empleos.

- **Tratamiento y saneamiento de aguas** en operaciones con alto impacto en suelos y cuerpos de agua.
- **Valor de marca y responsabilidad empresarial** (Consumo de agua de 5.2m³/t.p. en México en comparación con la tasa de consumo de 28.4m³/t.p.⁸ en la producción global y 39% menos emisiones de CO₂ con relación a las emisiones de la industria mundialmente).

Industria Cementera

- **Coinversión en plantas** de secado de RSU y **generación energética** con materiales no-aprovechables, sustituyendo combustibles fósiles en 30%
- **Simbiosis Industrial con otros sectores** para intercambio de flujos de materiales (puzolanas/escorias como materia prima, agregado/caliza residual como insumo para industrias cerámicas, etc.) y de energía (vapor, gases terciarios, etc.)
- **Desarrollo de Política Pública** para autorizar la inyección de combustibles alternos en proporciones mayores al 30 %
- **Desarrollo de nuevos productos y materiales** para la construcción a partir de materiales residuales de la producción cementera
- **Conservación de canteras** fuera de uso (regeneración de ecosistemas) o que están por terminar su vida útil (Conservación de flora y fauna)
- **Mercados de residuos** de la industria de la construcción.

Industria del Papel y Cartón

- **Reducción en el consumo de agua** en el proceso de reciclaje y producción.
- **Implementación de tecnología limpia** en el desarrollo nuevos productos y nuevos negocios
- **Re-aprovechamiento de materiales** con alto contenido de fibra de celulosa.
- **Desarrollo de negocios** como la Plataforma digital que conecta al consumidor con el productor, facilitando la logística inversa de papel, empaques, embalajes y materiales para reciclaje.
- **Desarrollo de productos que usan pigmentos orgánicos** y son amigables con el medio ambiente.

Academia e Investigación

- **Desarrollo de tecnología** para el aprovechamiento energético de materiales no-aprovechables y con control de emisiones
- **Desarrollo de sistemas informáticos** (ERPs) para optimización de procesos productivos, gestión de compras bajo un enfoque de sustentabilidad y control de inventarios de materiales disponibles para intercambio con otros grupos empresariales.
- **Desarrollo a pequeña escala de generadores de energía eólicos** (baja potencia), solares, térmicos, hidrógeno, entre otros.

⁸ CANACERO. Asamblea General de la Asociación Mundial del Acero (World Steel Association). Disponible en : https://www.canacero.org.mx/aceroenmexico/descargas/folleto_siderurgia_y-desarrollo_sustentable_web_2017.pdf



- **Diseño de empaques, envases y embalajes con materiales no-tóxicos** y que se re-incorporan fácilmente en otros ciclos de uso.

Industria Química

- **Diseño de nuevos materiales** a base de sustancias no-tóxicas.
- **Ecodiseño de nuevos adhesivos** que permiten desensamblar productos de los que forman parte y re-incorporarlos a las cadenas de producción.
- **Diseño de nuevas fibras textiles y pigmentos no-tóxicos** con el medio ambiente ni con el ser humano, y que además se re-incorporan a nuevos ciclos productivos.
- **Desarrollo de programas educativos** en alianza con instituciones académicas y de investigación orientadas a la Química Verde
- Desarrollo de proyectos de **nanotecnología**.
- **Desarrollo de fertilizantes no-tóxicos** para la salud humana y que no impactan negativamente en las propiedades de los suelos, aire y agua.

Ganadería

- Prácticas de **Ganadería Sustentable**.
- Desarrollo de proyectos para **captura de metano** y mitigación de otros GEI, y su aprovechamiento energético seguro.
- **Sanearamiento de aguas** que garantice su reciclabilidad y su correcta disposición final.
- Aprovechamiento energético de biomasas y orgánicos.

Innovación, Emprendimiento y nuevos negocios

- **Desarrollo de nuevos modelos de negocio** circulares y de base tecnología de la industria 4.0.
- **Desarrollo de plataformas** y modelos de negocios circulares en el sector agro (Agtech).
- **Desarrollo de productos de consumo masivo** que cumplen con los principios de la economía circular.
- **Ecodiseño de empaques y envases** (Responsabilidad Extendida del Productor / Compartida con el Consumidor).
- Desarrollo de modelos de negocio que ofrecen **productos como servicio**.
- Desarrollo de modelos de negocio que facilitan el **financiamiento de proyectos industriales verdes** (Fintech).
- Desarrollo de una plataforma que conecta al consumidor con personas que ofrecen **servicios, materiales y activos ociosos a precios asequibles**.
- **Desarrollo de plataformas educativas** para el desarrollo de innovación y negocios en la EC.

Al igual que en el **Reporte 3.4**, en las tablas siguientes se presentan los aspectos más relevantes del marco de referencia para el monitoreo de la evolución de la economía circular para México, los cuales, a su vez, se clasifican en tres capas: a) Flujos de materiales, energía y agua, b) impactos en la economía circular y c) mecanismos habilitantes.

El objetivo de este tablero (*dashboard*) es dar una visual global de cómo la economía circular se relaciona con la estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático. Cómo los beneficios de cada aspecto se deben a nivel país o región (macro), a nivel



ciudad o encadenamiento productivo (meso) y/o a nivel empresa o proceso productivo (micro), para ser priorizado dentro de una hoja de ruta en economía circular.

Finalmente, se muestra la correlación que existe entre estos beneficios económicos, sociales y ambientales, con respecto a las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) y a los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) de la Agenda 2030.



Tabla 9. Beneficios en la implementación de estrategias encaminadas al cumplimiento de los compromisos adquiridos en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) y en la Agenda de los Objetivos de Desarrollo Sustentables (ODS).

Fuente: elaboración propia.

CND	ODS	ASPECTO	ASUNTO	NIVEL	BENEFICIOS			TRANSICIÓN Y GRADO DE EVOLUCIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR FLUJOS DE MATERIALES, ENERGÍA Y AGUA (Entradas, Salidas y Re-valorización)
					Económico	Social	Ambiental	
Mitigar el 22% de emisiones de GEI y 51% de Carbono Negro de forma No-Condicionada		FLUJO DE MATERIALES	MATERIAS PRIMAS VÍRGENES	MACRO	Menor % Extracción	Reducción Empleo Informal	Conservación del Capital Natural	TRANSICIÓN Y GRADO DE EVOLUCIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR FLUJOS DE MATERIALES, ENERGÍA Y AGUA (Entradas, Salidas y Re-valorización)
			MATERIAS PRIMAS RECUPERADAS	MESEO	Menor Dependencia Menor Volatilidad \$	Nuevos Empleos Desarrollo Comunitario	Economía Regenerativa Recursos Disponibles	
		FLUJO DE ENERGÍA	REDUCCIÓN EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA CON FUENTES FÓSILES	MACRO	Economía Bajo en Carbono	Mejores Tarifas de Consumo	Reducción de Emisiones GEI	
			MAYOR GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE Y LIMPIA	MESEO	Transición Tecnológica Eficiencia Energética	Mejores Tarifas de Consumo Mejor Calidad del Aire	Mejor Calidad del Aire	
		FLUJO DE AGUA	AGUA POTABLE	MACRO	Recurso Disponible y Suficiente	Gestión Sustentable	Conservación del Capital Natural	
				MESEO	Menor Dependencia Eficiencia Hídrica	Acceso a Población Vulnerable Recurso Sustentable y Asegurable	Economía Regenerativa Menor Huella Hídrica	
		RECURSOS DESCARTADOS (Salidas-LGPGIR)	RSU [RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS]	MACRO	Nueva Economía / Mercado Materiales	Nuevos Empleos / Industrias	Reducción de Emisiones GEI	
				MESEO	Inversión Inteligente en Infraestructura	Economías Comunitarias	Reducción de Contaminación	
			RME [RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL]	MACRO	Nueva Economía / Mercado Materiales	Nuevos Empleos / Industrias	Reducción de Emisiones GEI	
				MESEO	Inversión Inteligente en Infraestructura	Economías Comunitarias	Reducción de Contaminación	
			RP [RESIDUOS PELIGROSOS]	MACRO	Nueva Economía / Mercado Materiales	Nuevos Empleos / Industrias	Reducción de Emisiones GEI	
			MESEO	Inversión Inteligente en Infraestructura	Economías Comunitarias	Reducción de Contaminación		
		AGUA (Re-circulación)	LOTOS DE PTAR [PLANTA DE TRATAMIENTO]	MACRO	Nueva Economía / Mercado Materiales	Nuevos Empleos / Industrias	Reducción de Emisiones GEI	
				MESEO	Inversión Inteligente en Infraestructura	Economías Comunitarias	Reducción de Contaminación	
		IMPACTO AMBIENTAL Y CAMBIO CLIMÁTICO	TRATAMIENTO Y RE-USO	MACRO	Atracción de inversión y Fondos Verdes	Nuevos Empleos / Industrias	Conservación del Capital Natural	
	MESEO		Inversión Inteligente en Infraestructura	Agua de calidad y asequible	Economía Regenerativa			
MITIGACIÓN DE VERTIENTOS	MACRO		Reducción de Costos en Saneamiento	Nuevos Empleos / Industrias	Conservación del Capital Natural			
	MESEO		Inversión Inteligente en Infraestructura	Calidad de Vida	Reducción de Contaminación			
MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GEI y MATERIAL PARTICULADO		MACRO	Reducción de Costos en Saneamiento	Acceso a mejores Servicios Públicos	Consumo Responsable			
		MESEO	Reducción de Costos en Problemas de Salud Pública	Reducción de la Vulnerabilidad	Cumplimiento de CND			
		MESEO	Inversión Inteligente en la Industria y en Inovación	Nuevos Empleos / Ciudades Sustentables	Ciudades Bajas en Carbono			
MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS		MACRO	Apoyo y Financiamiento verde para la transición tecnológica	Cultura de Consumo Inteligente	Mejor Calidad del Aire			
		MESEO	Reducción de Costos en Saneamiento	Nuevos Empleos / Industrias	Conservación del Capital Natural			
	MESEO	Inversión Inteligente en Infraestructura	Economías Comunitarias	Reducción de Contaminación				
	MESEO	Reducción de Costos en Saneamiento	Consumo Consciente	Consumo Responsable				



Tabla 9 (cont.). Beneficios en la implementación de estrategias encaminadas al cumplimiento de los compromisos adquiridos en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) y en la Agenda de los Objetivos de Desarrollo Sustentables (ODS).




Fuente: elaboración propia.

Resiliencia en el 50% de los municipios más vulnerables del país		COMPETITIVIDAD Y PRODUCTIVIDAD MACRO: Mayores Exportaciones / Menores Importaciones MESO: Fortalecimiento Sectorial MICRO: Menores Costos de Producción	Generación de Empleo de Calidad Reducción de la Informalidad Mejores Salarios y Condiciones	Mitigación de Impactos negativos Reducción de Externalidades Consumo Responsable de Recursos Naturales	LIDERAZGO Y GOBIERNO MACRO: Liderazgo Regional y Mejor Calificación MESO: Mayor recaudo para Inversión Pública MICRO: Mayor Atorcación a la Inversión Privada
Instalar sistemas de alerta temprana y gestión de riesgo en los tres niveles de gobierno		DESARROLLO ECONÓMICO MACRO: Crecimiento Económico per cápita MESO: Mayor recaudo para Inversión Pública MICRO: Mayor Atorcación a la Inversión Privada	Mayor Bienestar Social Crecimiento de Clase Media Adopción de Estilos de Vida Saludables	Conservación del Capital Natural Regeneración de Ecosistemas y Reservas Consumo Consciente	TRANSICIÓN Y GRADO DE EVOLUCIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR IMPACTOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR
Tasa cero de Deforestación		PERSPECTIVA DE GÉNERO MACRO: Nuevos Modelos de Negocio MESO: Desarrollo de Nuevos Productos/Servicios MICRO: Mayor Competitividad	Mayor Bienestar Social Acceso a la Educación y al Empleo Desarrollo del Talento	Ciudades Bajas en Carbono Innovación Sustentable Educación para la Sustentabilidad	TRANSICIÓN Y GRADO DE EVOLUCIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR IMPACTOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR
		GESTIÓN DE RIESGOS Y DESASTRES NATURALES MACRO: Reducción de la Vulnerabilidad MESO: Reducción de Daños y Costos ante Desastres Naturales MICRO: Reducción de Pérdidas por Atención a la Emergencia	Adaptación al Cambio Climático / Reducción de Vulnerabilidad ante otros Desastres Naturales Acceso a Vivienda, Infraestructura y Servicios Públicos Dignos Programas de Atención a la Emergencia	Mayor Adaptación ante Cambio Climático / Fenómenos Naturales Regeneración de Ecosistemas / Ciudades Bajas en Carbono Educación en Prevención de Desastres Naturales	TRANSICIÓN Y GRADO DE EVOLUCIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR IMPACTOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR
		ÍNDICE DE DAÑO MACRO: Reducción de la Vulnerabilidad MESO: Reducción de Daños y Costos ante Desastres Naturales MICRO: Reducción de Costos por Daños	Reducción de la pobreza Acceso a Ayuda Humanitaria / Fondos de Rescate Programas de Atención a la Emergencia	Mayor Adaptación ante Cambio Climático / Fenómenos Naturales Regeneración de Ecosistemas / Ciudades Bajas en Carbono Educación para la Atención a la Emergencia	TRANSICIÓN Y GRADO DE EVOLUCIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR IMPACTOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR



Tabla 9 (cont.). Beneficios en la implementación de estrategias encaminadas al cumplimiento de los compromisos adquiridos en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) y en la Agenda de los Objetivos de Desarrollo Sustentables (ODS).

Fuente: elaboración propia.

<p>Mitigar el 25-40% de emisiones de GEI y 70% de Carbono Negro de forma Condicionada</p>   	<p>EMPRENDIMIENTO SOCIAL</p> <p>EMPRENDIMIENTO VERDE</p> <p>DESARROLLO TECNOLÓGICO</p> <p>INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO</p> <p>PROYECTOS DE ECONOMÍA CIRCULAR</p> <p>PROYECTOS DE INDUSTRIA 4.0</p> <p>LEY GENERAL DE ECONOMÍA CIRCULAR</p> <p>MARCO REGULATIVO Y NORMATIVO PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE, ECONOMÍA CIRCULAR E INDUSTRIA 4.0</p> <p>NORMATIVIDAD TÉCNICA RE-VALORIZACIÓN DE MATERIALES, ENERGÍA Y AGUA</p> <p>REFORMA TRIBUTARIA</p>	MACRO	Desarrollo Tecnológico / Nuevas Industrias	Nuevos Empleos de Calidad	Innovación Sustentable
		MESO	Desarrollo de Economías Comunitarias	Regeneración del Tejido Social	Ciudades Bajas en Carbono
		MICRO	Atracción de Inversión	Acceso a Oportunidades Laborales y Educativas	Educación para la Sustentabilidad
		MACRO	Desarrollo Tecnológico / Nuevas Industrias	Nuevos Empleos de Calidad	Innovación Sustentable
		MESO	Desarrollo de BIO-Economías	Transición hacia nuevas vocaciones Socio-Económicas	Ciudades Bajas en Carbono
		MICRO	Atracción de Inversión	Acceso a Oportunidades Laborales y Educativas	Educación para la Sustentabilidad
		MACRO	Desarrollo Tecnológico / Nuevas Industrias	Nuevos Empleos de Calidad / Nuevas Formas de Trabajo	Innovación Sustentable
		MESO	Desarrollo de Clústers de Negocios	Transición hacia nuevas vocaciones Socio-Económicas	Ciudades Bajas en Carbono
		MICRO	Inversión en proyectos / desarrollo de propiedad intelectual	Acceso a Oportunidades Laborales y Educativas	Educación para la Sustentabilidad
		MACRO	Acceso a Programas y Fondos de Investigación Internacionales	Nuevos Empleos de Calidad / Nuevas Formas de Trabajo	Innovación Sustentable
		MESO	Desarrollo Tecnológico / Nuevas Industrias	Acceso a Oportunidades Laborales y Educativas	Ciudades Bajas en Carbono
		MICRO	Inversión en proyectos / desarrollo de Patentes	Acceso a Becas de Investigación en Instituciones Nacionales e Internacionales	Investigación y Desarrollo de Proyectos Sustentables
		MACRO	Acceso a Programas y Fondos Internacionales para Proyectos de EC	Nuevos Empleos de Calidad / Nuevas Formas de Trabajo	Innovación Sustentable
		MESO	Desarrollo Tecnológico / Nuevas Industrias	Acceso a Oportunidades Laborales y Educativas	Ciudades Bajas en Carbono
		MICRO	Inversión en proyectos / desarrollo de nuevos Productos/Servicios	Acceso a Programas de Emprendimiento	Desarrollo de Proyectos y Negocios en la Economía Circular
		MACRO	Acceso a Programas Internacionales para Implementación de tecnologías de la Industria 4.0	Nuevos Empleos de Calidad / Nuevas Formas de Trabajo	Innovación Sustentable
		MESO	Desarrollo / Transferencia Tecnológica	Acceso a Oportunidades Laborales y Educativas	Ciudades Bajas en Carbono
		MICRO	Inversión en proyectos / desarrollo de nuevos Productos/Servicios	Acceso a Capacitación y Cualificación	Desarrollo de Proyectos y Negocios en tecnologías de la Industria 4.0
MACRO	Ley para la Competitividad y Desarrollo Económico Sustentable	Nuevos Empleos de Calidad / Nuevas Formas de Trabajo	Innovación Sustentable		
MESO	Simbiosis Industrial / Cierre de Ciclo Industrial	Acceso a Oportunidades Laborales y Educativas	Ciudades Bajas en Carbono		
MICRO	Inversión en proyectos / desarrollo de nuevos Productos/Servicios	Acceso a Capacitación y Cualificación	Desarrollo de Proyectos y Negocios en tecnologías de la Industria 4.0 y Economía Circular		
MACRO	Marco Normativo para la Competitividad y Desarrollo de Mercados de Re-Valorización	Nuevos Empleos de Calidad / Nuevas Formas de Trabajo	Innovación Sustentable		
MESO	Acceso a Mecanismos para la innovación y acceso a Mercados de Re-Valorización	Acceso a Oportunidades Laborales y Educativas	Ciudades Bajas en Carbono		
MICRO	Inversión Infraestructura necesaria para delatar los Mercados de Re-Valorización	Acceso a Capacitación y Cualificación	Re-Circulación de Flujos de Materiales, Energía y Agua		
MACRO	Ley para Incentivar la Descarbonización de la Economía	Nuevos Empleos de Calidad / Nuevas Formas de Trabajo	Innovación Sustentable		
MESO	Acceso a Mecanismos para la Innovación e Implementación de la Economía Circular	Acceso a Oportunidades Laborales y Educativas	Ciudades Bajas en Carbono		
MICRO	Inversión en proyectos / desarrollo de nuevos Productos/Servicios	Acceso a Capacitación y Cualificación	Desarrollo de Proyectos y Negocios en tecnologías de la Industria 4.0 y Economía Circular		

MECANISMOS HABITANTES DE LA ECONOMÍA CIRCULAR
TRANSICIÓN Y GRADO DE EVOLUCIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR



Tabla 10. Estimación del flujo de materiales provenientes de la recolección de RSU, con alto potencial de Re-aprovechamiento

Fuente: elaboración propia con datos de SEMARNAT 2019b.

RECURSO		ESTADO ACTUAL - Composición RSU			POTENCIAL DE RECUPERACIÓN		POTENCIAL DE RE-APROVECHAMIENTO	
DESCARTADO	MATERIAL	CANTIDAD (Miles de Toneladas)	%Recolección	% No-Recolectado	CANTIDAD (Millones de Toneladas)	%Reciclaje	CANTIDAD (Millones de Toneladas)	%Re-aprovechamiento
RSU	Aluminio	798	1.8%	0.2%	119	13.0%	223	24.3%
	Vidrio	2,718	6.1%	0.8%	406	14.0%	787	25.2%
	Plásticos & PET	4,929	11.0%	1.5%	737	15.0%	1,476	26.1%
	Papel / Cartón	6,338	14.2%	1.9%	947	20.0%	2,215	30.4%
	Textiles	642	1.4%	0.2%	96	6.0%	134	18.2%
	Metales ferrosos	522	1.2%	0.2%	78	41.0%	292	48.7%
	Metales No-ferrosos	307	0.7%	0.1%	46	41.0%	172	48.7%
	Orgánicos	23,043	51.6%	7.0%	3,443	4.0%	4,365	16.5%
	SUMA	39,297	88.0%	12.0%	5,872		9,663	

*Nota: Se considera que el índice de recolección para 2016 fue del 87%.

En la tabla 10, se presenta una estimación gruesa del **potencial aproximado (9,663 millones de toneladas) del flujo de materiales aprovechables y re-valorizables, que actualmente son descartados como RSU. Cabe enfatizar que adicionalmente existe cerca de un 14% de residuos que no logran ser capturados por los sistemas de recolección, valor que también ha sido incluido en este cálculo con la intención de mostrar el potencial desaprovechado que estaría disponible para su re-aprovechamiento en un escenario donde se lograra recolectar el 100%.**



5 Recomendaciones y conclusiones

Recomendaciones

Con base en la información presentada, se presentan a continuación, las recomendaciones generales siguientes:

- El Objetivo de Desarrollo Sustentable ODS12 debe ser incluido dentro de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, ya que, aunque es claro que su exclusión se debió al momento en que fue diseñada la agenda bajo un paradigma de mitigación y modelo en la economía lineal, el nuevo modelo que se desea implementar está fundamentado sobre los principios de la economía circular. Esto requiere procesos de producción y consumo de circularización de los flujos de materiales, energía y agua, así como la regeneración de los recursos y el capital natural mediante los cierres de ciclos tanto biológicos como técnicos. Por esta razón enfatizamos su inclusión.
- El sector de ganadería no había sido considerado en los procesos de entrevista, sin embargo, en este proceso de investigación y análisis se observa la importancia en las generaciones de emisiones de GEI, que no sólo debe estar incluida en la Agenda de mitigación al cambio climático, sino en la hoja de ruta de economía circular como un sector de alto impacto y, por ende, con alto potencial de circularización y simbiosis industrial.
- Se identificaron iniciativas que ya han dado pasos importantes en la implementación de modelos de economía circular dentro de algunos sectores pioneros, beneficiándose económicamente a través de las mejoras basadas en producción limpia y desarrollando ventaja competitiva mediante el desarrollo de nuevos negocios de re-valorización y el ecodiseño de productos con mayor rentabilidad; no obstante, es importante difundir los casos de éxito que se están desarrollando en otros sectores, con la intención de compartir experiencias, identificar oportunidades latentes y aprender de la implementación de mecanismos costo-efectivos. Es urgente que se dé difusión a estas prácticas exitosas que incentiven a que otras industrias inicien su transición.
- Se identificó en más de 3 entrevistas la necesidad urgente de formar mesas técnicas con expertos y especialistas de los sectores industriales como grupo asesor de los equipos legislativos en la formulación, revisión y emisión de iniciativas de ley, marcos normativos y especificaciones técnicas, ya que la ausencia de estos procesos no permite una implementación adecuada y ágil que realmente se traduzca en competitividad.
- Es fundamental crear los vínculos multisectorial e interinstitucionales para nutrir las conversaciones y decisiones estratégicas para el país, donde el objetivo sea la competitividad y desarrollo sustentable, pero con bases sólidas en lo técnico y con alianzas estratégicas que potencien el desarrollo e implementación de iniciativas y proyectos en la economía circular.
- En este punto es importante mencionar que el marco normativo actual limita el reaprovechamiento de muchos de los flujos de materiales con alto potencial de ser re-incorporados en nuevos ciclos de producción (tal es el caso de metales con alto



potencial de re-incorporación en nuevos ciclos productivos). Esto se debe principalmente, a que la clasificación de estos materiales se limita a categorizarlos solo como materias primas vírgenes o como "residuos", sin que exista un espectro detallado de materiales disponibles, que bajo criterios de calidad, parametrización técnica y mecanismos jurídicos, permita tomar todo su potencial de re-valorización de mercado y de re-utilización en nuevos ciclos económicos.

Conclusiones

Como primera conclusión, es fundamental enfatizar sobre **la vinculación que existe entre una estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático y un modelo económico circular sustentable**, que permite el desacoplamiento del crecimiento económico y los impactos socio-ambientales causados por la emisión de agentes contaminantes hacia el aire, suelos y agua del actual modelo económico lineal.

La economía circular **facilita la satisfacción de las necesidades de la población y de la industria** a través de mecanismos de producción limpia, de consumo responsable y de una gestión sustentable de recursos naturales y tecnológicos. El resultado de un sistema de esta naturaleza, está centrado en transformar la economía hacia un **modelo regenerativo, restaurativo y que garantice la sustentabilidad para las siguientes generaciones**.

Los beneficios percibidos por los empresarios y líderes involucrados en esta etapa de evaluación, están centrados en las siguientes áreas:

- Incremento de la **eficiencia y productividad sustentable**.
- **Mitigación de riesgos** operativos y aseguramiento del cumplimiento regulatorio en materia ambiental y de responsabilidad social.
- Incremento de la **competitividad** (desarrollo de ventaja competitiva) al capitalizar oportunidades de circularidad y liderazgo sectorial.
- **Mejora de la imagen empresarial** y mayor valor de marca en un mercado cada vez más exigente de materia de sustentabilidad y responsabilidad social.
- Creación de **nuevos y mejores empleos** ante el crecimiento y desarrollo de nuevos negocios.
- **Cierre de brecha de desigualdad** en las comunidades y territorios de influencia, mayor inclusión social en las organizaciones y desarrollo de talento en materia de innovación y habilidades para la continuidad del negocio.
- Fortalecimiento de las **alianzas estratégicas** con actores clave del encadenamiento productivo y grupos de interés involucrados.
- Mayor confianza ante inversionistas sustentables y **acceso a inversión responsable**.

En resumen, desde la perspectiva de creación de valor, la economía circular es un modelo que impulsa el desarrollo económico, la prosperidad social y la re-generación de los ecosistemas de los que provienen los recursos naturales que satisfacen las necesidades de la población y los mercados de consumo.

En un sentido más amplio, las metas de la **Agenda 2030 y las CND ante el Acuerdo de París** representan objetivos estratégicos hacia los que apunta la hoja de ruta y la estrategia nacional para la transición hacia la economía circular.



Para lograr esta transición y la transformación del sistema económico hacia la sustentabilidad, el **ODS17 debe ser priorizado**, ya que es a través de las alianzas estratégicas que los diferentes sectores se deben articular en la toma de decisiones conjuntas que apunten al fortalecimiento y la competitividad de los sectores económicos, al despliegue de proyectos de investigación e innovación que les permita mejorar su desempeño y eficiencia, y a la creación de nuevas formas de satisfacer las necesidades de los ciudadanos e industrias.

A pequeña escala, la economía circular permite que las industrias produzcan bajo prácticas de mayor eficiencia (optimizando sus costos de producción), den cumplimiento a todos los aspectos normativos y re-valoricen aquellos recursos que actualmente son descartados (flujos de materiales, agua y energía) o aquellos activos que bajo un modelo lineal, permanecen desaprovechados.

A mediana escala, cuando diferentes industrias y sectores se involucran en iniciativas conjuntas, se puede alcanzar además de los beneficios mencionados, el desarrollo de nuevas soluciones basadas en conceptos como la simbiosis industrial que posibilita el aprovechamiento energético o la co-inversión en proyectos multisectoriales, el cierre de ciclo de flujos de materiales y agua, y el impacto social exponencial en las comunidades y territorios de influencia. Mediante la recuperación y re-valorización de recursos descartados, se genera un triple beneficio: reducción de costos en el procesamiento de materias primas, mitigación de la dependencia en la importación de materias primas vírgenes y creación de nuevos mercados y empleos asociados a esta nueva cadena de valor.

A gran escala, se ha evidenciado que diferentes industrias conectadas bajo modelos colaborativos y de cooperación, redes de ciudades e incluso regiones que han iniciado su transición hacia una economía circular son más competitivas en términos de mercado, más sustentables y confiables a la inversión de largo plazo, mientras generan una relación más armónica con sus grupos de interés a través de la transparencia y la trazabilidad de sus impactos o resultados con respecto a metas en materia de sustentabilidad.

Economía Circular como Estrategia de mitigación de emisiones GEI

Desde la perspectiva de mitigación en las emisiones de GYCEI, la economía circular representa un modelo de desarrollo con alto potencial de mitigación a través de la:

- Generación energética con **fuentes renovables**.
- **Eficiencia energética** en los sectores de mayor impacto como son: el transporte, el uso residencial y la industria.
- **Reducción de la huella ecológica de producto** mediante la implementación del ecodiseño que facilite la recuperación de empaques, componentes y materiales de los productos que salen de su primer uso y a lo largo de todo su ciclo de vida.
- **Reducción de la huella de carbono corporativa** a través de la implementación de tecnología limpia, de mejores prácticas de producción, de la eficiencia energética y de una gestión sustentable del agua y recursos descartados.
- **Reducción de huella de carbono del transporte** de materias primas, de componentes y productos terminados, al reducir las distancias entre proveedores de materias vírgenes y ser éstas sustituidas por materias



recuperadas por gestores cercanos; al implementar programas de logística inversa en la operación, distribución y comercialización de bienes; al evitar que millones de toneladas de recursos descartados vayan a sitios de disposición final; y al re-incorporar materiales y componentes recuperados en ciclos de producción nuevos, que reducen el consumo energético y de otros recursos a lo largo de la cadena de procesamiento, evitada.

El potencial que hay en cada tonelada de material que se evita que llegue a los sitios de disposición final, es de alrededor de:

- **6% de la huella de carbono evitable** (Inventario Nacional de Emisiones GYCEI, 2017).
- **30-60% potencial re-valorizable** (según el tipo de residuo, RSU / RME / RP).
- **95m³ de metano/tonelada de RSU** aprovechable como biogás (partiendo de la referencia de que bajo condiciones controladas, el índice está entre los 200-400 m³ de metano/tonelada de RSU).

Economía Circular como Estrategia de recuperación de empleo Post-Covid

Ante la pérdida masiva de empleo que la emergencia sanitaria del COVID-19 ha causado, la cual asciende a 1.1 millones de empleos formales (IMSS, 2020), la economía circular cumple una función estratégica tanto para mantener las posiciones en industrias que se fortalezcan en términos de productividad y competitividad, como en la creación de nuevas posiciones a consecuencia del despliegue de plantas de generación de energía renovable, del desarrollo de nuevos mercados donde se comercialicen materiales recuperados y en las nuevas empresas e infraestructura que aparecerán gradualmente, a lo largo de los encadenamientos de recuperación de materiales. Se estima que la economía circular en Latinoamérica generará alrededor de 4.8 millones de empleos formales para el año 2030 (CEPAL, 2018). De ahí podemos inferir que México como economía número 14 de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) será un mercado industrial y laboral atractivo para la inversión responsable.

Economía Circular como Estrategia de Competitividad Empresarial

Otra oportunidad identificada bajo una perspectiva de competitividad y desarrollo de nuevos mercados, está basada en el desarrollo de nuevos materiales y sustancias químicas con principios de circularidad, mediante las que se suministre a otros mercados, materias primas sustitutas de las actuales que resultan insostenibles para el largo plazo. En este aspecto, los tratados internacionales de libre comercio como la Alianza del Pacífico y el Tratado de América del Norte (**T-MEC**) establecen **Tasas de Obligación Arancelarias Cero** que podrán ser aprovechadas por la industria mexicana. En adición, al crecer el mercado de materiales recuperados y ser éstos re-incorporados a procesos productivos, se reducirá la dependencia en el uso de materias primas de importación, lo que reducirá los costos en la producción nacional e incrementará la competitividad con respecto a los mercados internacionales. Esta inercia permitirá la certificación de materias primas, componentes y productos bajo estándares de sustentabilidad con mayor valor agregado.



Economía Circular como Estrategia para la transformación del sistema alimentario

Otro aspecto clave para la reducción de emisiones de GYCEI y otros impactos socio-ambientales negativos como el consumo excesivo de agua y la contaminación de ríos, océanos y suelos, está centrado en el sistema alimentario, ya que actualmente se estima que cerca del 35% de los alimentos producidos son desechados por el mercado, convirtiéndose en desperdicios que representan volúmenes relevantes que van a sitios de disposición final. Para Latinoamérica, esto representa una tasa de desperdicio anual de 225 kg/per cápita (FAO, 2019).

La oportunidad de competitividad del sector está en la eficiencia en el encadenamiento productivo, en el ecodiseño de productos y empaques que reduzcan la huella a lo largo del ciclo de vida, optimizando los costos de producción y en la innovación aplicada a la transformación del consumo masivo consciente y responsable.

Al lograr reducir la sobre-producción que llega al mercado de consumo (donde 28% de la superficie agrícola es utilizada para la producción de alimentos que serán desperdiciados (FAO,2019)), se previene la generación de RSU en proporción. Si adicionalmente se adoptan prácticas de producción sustentable, se podría alcanzar niveles de mitigación de GYCEI del orden del 8% y 10% del total del inventario nacional, lo que representa un potencial equivalente a un tercio de la meta que el país debe cumplir ante el Acuerdo de París.

En paralelo durante esta etapa de transición, se debe priorizar en que el alimento que actualmente representa un desperdicio, sea re-encauzado hacia comunidades en pobreza y pobreza extrema, mejorando sus condiciones de nutrición, al tiempo que se evita enviar estos volúmenes como RSU a los sitios de disposición final.

Para transformar el consumo masivo hacia prácticas sustentables, se debe definir una agenda de educación, comunicación y cultura basada en conceptos como: a) evitar el descarte de frutas y verduras por su aspecto irregular, b) implementar modelos de compra por demanda y cantidades necesarias, c) Incentivar las buenas prácticas de consumo doméstico como “primero en entrar, primero en salir”, d) Desarrollar estándares de etiquetado de productos que permita su aprovechamiento y evite su descarte cuando aún cumple con condiciones de calidad para el consumo humano o que permita su donación hacia organizaciones que le dan buen destino hacia comunidades vulnerables, y e) Difundir información para su correcta separación y compostaje, evitando su disposición final hacia el sistema de recolección contaminando otros materiales aprovechables.

Retos para la industria del cartón y el papel

Si bien es cierto que en términos de reciclaje es uno de los sectores que mayor tasa de aprovechamiento tiene en la actualidad, también es cierto que los costos generados en los procesos de recuperación, la intensidad en el uso del recurso hídrico y la generación continua de residuos que hacen parte del porcentaje que no es recolectado por el sistema, son una oportunidad que puede ser aprovechada desde el ecodiseño de productos tanto para empaque, embalaje, como por el desarrollo de nuevos productos de mayor valor agregado para los que se emplean como materia prima base, las fibras con alto contenido de celulosa.



Una estrategia sectorial en economía circular permitirá elevar los índices de aprovechamiento y producción con material recuperado por la vía del reciclaje, pero al mismo tiempo, implementar prácticas de ecodiseño de producto que incrementen la tasa de recolección en vinculación con la responsabilidad compartida con el consumidor, y su aprovechamiento como materias recuperadas por nuevos procesos productivos. Asimismo, el desarrollo de nuevos materiales y productos de construcción, empaques, publicidad e incluso mobiliario, con fibras con alto contenido de celulosa, abre la posibilidad para el desarrollo de nuevos mercados de mayor valor agregado.

Retos para la industria cementera y de la construcción

Por su naturaleza y grado de desarrollo tecnológico, el sector cementero ha liderado la implementación de tecnologías de la industria 4.0 incrementando la eficiencia y la productividad en niveles muy altos; además ha incursionado en el co-procesamiento de diversos materiales residuales de otras industrias, como la de hidrocarburos, llantas en des-uso y mezclas de residuos como combustibles alternativos que sustituyen a los de origen fósil requerido por su proceso productivo; Incluso ha implementado proyectos de re-aprovechamiento energético y transferencia de calor o gases terciarios entre diferentes procesos dentro de sus plantas de producción.

Uno de los mayores retos que este sector tiene para los próximos años, está centrado en tres aspectos: a) Implementar procesos de simbiosis industrial en conjunto con otras industrias cercanas y con las que pueda realizar intercambios de materiales, energía y agua; b) Desarrollar nuevos productos para la construcción, diseñados para un primer uso óptimo, su re-incorporación a nuevos procesos productivos al final de su primera vida útil y bajo principios de circularidad como la biodegradabilidad o el re-aprovechamiento energético al final de su vida útil; c) Impulsar el desarrollo de políticas públicas y normatividad que facilite el desarrollo de proyectos de investigación e innovación para el desarrollo de nuevos materiales o elementos de construcción diseñados para su ensamblaje y des-ensamblaje. Para ello, se deberá establecer una agenda de acompañamiento técnico a los desarrolladores de política pública, estrechamente vinculada con la certificación de nuevos materiales, componentes y productos para un mercado de construcción sustentable y de acceso masivo.

Retos para la industria metalúrgica y siderúrgica

Entendiendo que el contexto y grado de desarrollo tecnológico, eficiencia y productividad es similar al del sector cementero, con el que incluso realiza intercambios de materiales residuales como las escorias para la producción de cemento, a continuación se describen los principales retos para su transición hacia la economía circular: a) Incrementar la recuperación de flujos de materiales clasificados como chatarra que en la actualidad se re-valoriza con tasas bajas de mercado de reciclaje, esto por no contar con un marco normativo que facilite su re-comercialización con precios diferenciales, según las calidades y propiedades para su re-incorporación a procesos de producción; b) Impulsar la recuperación de RAEE y la creación de un nuevo mercado de re-valorización de componentes y metales recuperados, con la ayuda de plataformas digitales y tecnologías para la trazabilidad del encadenamiento, arrojando métricas de impacto que puedan armonizarse con las metas en materia de sustentabilidad, impacto económico y competitividad; c) Reducir la dependencia de materias primas vírgenes de importación, al contar con materias recuperadas que



cumplen con todos los parámetros técnicos y de calidad para los procesos industriales; d) En este mismo sentido, el incremento de las exportaciones de componentes y materias primas recuperadas, así como el aprovechamiento de exenciones arancelarias por parte de los productores mexicanos a través de los tratados de libre comercio internacionales, diversificando así su mercado.

Retos para la industria química

Dentro de los principales retos para este sector, desde un enfoque de transición hacia la economía circular, se identifica: a) El desarrollo de nuevas sustancias, componentes y productos no-tóxicos para el consumo humano y con mejores condiciones de biodegradabilidad, ya que en la actualidad, las resinas, pegamentos y otros productos de esta industria, hacen imposible el desensamble de productos finales para su re-aprovechamiento por el mercado de componentes o materiales recuperados; b) El desarrollo de proyectos de investigación e innovación enfocados a la reducción en el uso de recursos naturales como el agua o materias primas de origen extractivo es aún una asignatura pendiente en sus procesos productivos, que además permitirá acceder a nuevos mercados de consumo (Unión Europea por ejemplo) y posicionarse en los nicho de mercado basados en productos certificados bajo estándares de sustentabilidad y consumo responsable; c) Prevenir la generación de las 240 mil toneladas anuales de RP, evitando los impactos socio-ambientales respectivos a su gestión; d) Desarrollar programas educativos y de investigación en vinculación con las instituciones académicas, que den respuesta a las necesidades de la industria en términos de desarrollo tecnológico, productividad sustentable y re-definición de los nuevos mercados de consumo responsable.

Economía Circular como Estrategia de prevención en la generación de residuos

En el contexto actual, donde cada año se generan alrededor de 45 millones de toneladas de RSU, 10.15 millones de RCD, 80 millones de toneladas de biomasa aprovechable energéticamente o como compostaje y 1.2 millones de toneladas de RAEE, se infiere un gran potencial de aprovechamiento y re-valorización de flujos de materiales, lo que para el caso particular de los RAEE fluctúa entre el 60 y 65% del volumen recuperado.

Estos volúmenes recolectados anualmente, que no superan el 85% del total generado debido a la falta de infraestructura a nivel nacional, representan un potencial flujo disponible de diversos materiales aprovechables por diferentes industrias. Para ello, se requiere del desarrollo de política pública y normas técnicas centradas en facilitar su reincorporación en nuevos ciclos productivos y en dinámicas de mercado de re-valorización como bienes. El aprovechamiento de estos flujos de materiales contribuye directamente con las metas de mitigación de impactos socio-ambientales causados por la ineficiente cadena de disposición final actual.

Para ello se identifican las siguientes vías: a) Proyectos de investigación enfocados en el desarrollo de nuevos materiales y sustancias diseñadas bajo principios de circularidad que faciliten el ecodiseño de productos y servicios en la industria mexicana; b) Proyectos de innovación enfocados en la transformación tecnológica de procesos que reduzcan la generación de residuos; c) Proyectos de innovación centrados en el ecodiseño de nuevos productos y servicios que incorporen materiales, componentes y modelos de negocio para el des-ensamble y re-ensamble y/o la re-manufactura bajo buenas



prácticas de productividad sustentable; d) Desarrollo de inteligencia de negocios enfocada en la creación de un mercado nacional de re-valorización de materiales recuperados mediante modelos de negocio y tecnologías de la industria 4.0 que faciliten el intercambio entre productor-consumidor; e) Desarrollo de inteligencia de negocios enfocada a la exportación de sustancias, materiales y componentes hacia mercados que presentan ventajas competitivas, debido a las exenciones arancelarias y establecen beneficios mediante tratados de libre comercio internacional en regiones con vocación de producción sustentable; f) Desarrollo de un marco regulatorio basado en políticas públicas y normas técnicas que habiliten nuevos modelos de negocio de recuperación e intercambio de materiales, mediante un ecoetiquetado inteligente que asegure la calidad, trazabilidad del proceso productivo y arroje métricas sobre metas de sustentabilidad.

A lo largo del documento se han presentado algunos casos de referencia atractivos por su alta replicabilidad y escalabilidad, que además de resultar rentables gracias a la implementación tecnológica de la industria 4.0, generan impactos positivos en la mitigación de emisiones de GEI, reducen el consumo energético e hídrico a lo largo del ciclo de vida, reduce los volúmenes dispuestos como residuos y crean nuevos empleos de mayor calidad como una oportunidad de bienestar social y mitigación de la vulnerabilidad en la que muchos grupos sociales hoy subsisten (tal es el caso de los recicladores).



6 Referencias bibliográficas

Banco Mundial. 2020. Portal de datos abiertos. Indicador "homicidios intencionales (por cada 100.000 habitantes) – México. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/VC.IHR.PSRC.P5?locations=MX>

Boulding, K. E. 1966. 'The Economics of the Coming Spaceship Earth', in Jarrett, H. (ed.) Environmental quality in a growing economy: Essays from the sixth RFF forum, New York, RFF Press. Páginas 3–14.

Cámara Nacional del Cemento, CANACEM. 2020. Datos de impacto publicados a través del portal web. Disponible en: <https://canacem.org.mx/>

Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, 2015. Impacto socioeconómico de los Desastres en México 2015.

CEPAL/OIT. 2018 Coyuntura Laboral en América Latina y el Caribe: Sostenibilidad medioambiental con empleo en América Latina y el Caribe. Octubre de 2018, Número 19.

CEPAL/OIT. 2019. Coyuntura Laboral en América Latina y el Caribe: El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe: antiguas y nuevas formas de empleo y los desafíos para la regulación laboral. Mayo de 2019, Número 20.

CONAPO. 2016. Proyecciones de la Población de México y de las Entidades Federativas, 2016-2050.

Disponible en <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050>

CONEVAL. 2019. 10 Años de Medición de Pobreza en México, Avances y Retos en Política Social. Disponible en: https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2019/COM_UNICADO_10_MEDICION_POBREZA_2008_2018.pdf

Consejo Nacional de Población, CONAPO. 2018. Infografías: Conciliación Demográfica de México, 1950-2015 y Proyecciones de la Población de México y Entidades Federativas, 2016-2050.

Dasgupta, P. y Heal, G. 1979. Economic Theory and Exhaustible Resources, Cambridge: Cambridge Economic Handbooks.

Diario Oficial de la Federación. 2020. Ley de Transición Energética. DOF 07/02/2020.

Diario Oficial de la Federación. 2018. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Última Reforma DOF 19-01-2018.

El Colegio de México, COLMEX. 2018. Desigualdades en México 2018. Red de Estudios sobre Desigualdades. Disponible en: <https://desigualdades.colmex.mx/informe-desigualdades-2018.pdf>

Ellen MacArthur Foundation. 2013. 1. Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition.



Ellen MacArthur Foundation. 2019. Completando la imagen. Cómo la economía circular ayuda a afrontar el cambio climático.

Ehrenfeld, J.R., 2000. Industrial ecology: paradigm shift or normal science? Am. Behav. Sci. 44 (2), 229e244.

García B. y Sánchez L. 2012. Trayectorias del desempleo urbano en México. Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales. El Colegio de México.

Echarri Cánvas. C.J. 2020. Interseccionalidad de las desigualdades de género en México: Un análisis para el seguimiento de los ODS. Secretaría de Gobernación – Consejo Nacional de Población (CONAPO), junio 2020.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC.2018. Desarrollo de rutas de instrumentación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas en materia de mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI) del sector residuos sólidos urbanos en México, como insumo para la sexta comunicación nacional del cambio climático.

Instituto Mexicano del Seguro Social. IMSS 2020. Reporte mensual de empleo. Junio, 2020. Disponible en: <http://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/202007/471>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información. INEGI 2019. Empleo y ocupación. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/empleo/>

IRENA. 2015. Remap 2030: A Renewable Energy Roadmap. Disponible en: https://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_remap_mexico_summary_2015.pdf

IRENA. 2018. Global energy transformation: a roadmap to 2050.

Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M., 2017. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. Resources Conservation & Recycling Journal 127, pp 221-232.

Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., y Birkie, S. E. 2018. Circular Economy as an essentially contested concept. Journal of Cleaner Production 175 (2018) 544-552.

McDonough, W., y Braungart, M. 2002. Cradle to Cradle: Remaking the Way we make Things. London: Vintage Books.

México, Gobierno de la República. 2014. Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030.

México, Senado de la República. 2019. Iniciativa con proyecto de decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos, en materia de plásticos.

McKinsey Center for Business and Environment. 2016. The circular economy: Moving from theory to practice. Special edition, October 2016.

Organización Internacional del Trabajo, OIT, 2019. La brecha entre hombres y mujeres en América Latina: El camino hacia la igualdad salarial.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE. 2020. México: perspectivas económicas. Junio, 2020.



Osterwalder, A., Pigneur, Y. y Tucci, C. L. 2010. Clarifying Business Models: Origins, Present, and Future of the Concept. Communications of the Association for Information Systems 16.

Pearce, D. y Warford, J. 1993. World Without End: Economics, Environment and Sustainable Development. Oxford: Oxford University Press.

Pearce, D. y Turner, R. K. 1990. Economics of natural resources and the environment. The John Hopkins University Press.

Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, PNPGIR. 2018.

Schroeder et al. 2018. The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.12732>

SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-040-SEMARNAT-2002 Protección ambiental – fabricación cemento hidráulico – Niveles máximos de emisión a la atmósfera. DOF 18-12-2002.

SEMARNAT. 2018. México: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 INEGYCEI.

SEMARNAT. 2019a. Informe de Medio Ambiente, Capítulo 7.

SEMARNAT. 2019b. México: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2017 INEGYCEI.

SEMARNAT. 2019c. Visión Nacional Hacia una Gestión Sustentable: Cero Residuos.

SEMARNAT. 2020a. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2018 INEGYCEI. 2020.

SEMARNAT. 2020b. Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos. Primera edición, mayo 2020. Disponible en <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/diagnostico-basico-para-la-gestion-integral-de-los-residuos-2020>

SEMARNAT. 2020c. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Disponible en <http://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-informacion-ambiental-y-de-recursos-naturales>

SENER. 2017. Hoja de Ruta en materia de eficiencia energética.

SENER. 2016. Prospectiva del sector eléctrico 2016-2030.

Stahel, W.R. 2010. The Performance Economy. Palgrave Macmillan.

Stahel, W.R. y Reday-Mulvey, G. 1981. Jobs for Tomorrow, the potential for substituting manpower for energy. New York: Vantage Press.

Zurita, A. 2016. Experiencia alemana en el aprovechamiento energético de residuos municipales. Agencia GIZ.



ESTE REPORTE ES CARBONO NEUTRO

Factor neutraliza su huella de carbono y se ha convertido en la primera empresa española en certificar la neutralidad de sus emisiones bajo la norma PAS 2060.



La organización está inscrita en el Registro de Proyectos de Huella, Compensación y Absorción de Carbono del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España



Como demostración de su compromiso, Factor calcula la huella de carbono de cada proyecto y la compensa con unidades de valor oficiales en virtud del Protocolo de Kioto.

Este proyecto será carbono neutro.