

Tecnologías digitales para acelerar la acción climática en México



Esta publicación se elaboró en el marco del proyecto global **“Digital Transformation Center”** en México, implementado por la **Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**, por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ, en sus siglas en Alemán) de Alemania.

Tecnologías digitales para acelerar la acción climática en México. Ciudad de México, 2023.



Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn, Deutschland
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5
65760 Eschborn, Deutschland
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

“Digital Transformation Center Mexico”

Agencia de la GIZ en México
Torre Hemicor, PH
Av. Insurgentes Sur No. 826
Col. Del Valle
C.P. 03100, Ciudad de México, México
T +52 55 5536 2344
F + 52 55 5536 2344
E giz-mexiko@giz.de
I www.giz.de/mexico

Versión

Digital, septiembre 2023

Elaboración y edición:

Constanza Gómez Mont, Regina Cervera Pacheco y Larissa Gus Brito (C Minds)

Supervisión y Coordinación:

Gabriela Brindis. Juan Carlos Mendoza Reyes.

Diseño editorial:

Ren.mt Creative Studio

Créditos de imágenes:

www.freepik.es

La GIZ es responsable del contenido de la presente publicación.

Por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania. Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente representan la opinión de la GIZ ni del BMZ.

Acerca del Digital Transformation Center en la GIZ México

El presente documento de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH se realizó bajo el marco del “Digital Transformation Center Mexico” el cual se implementa por encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ).

Los autores agradecen a todas las personas, **instituciones y emprendimientos** que participaron en el desarrollo del estudio. Sus contribuciones, comentarios y aportaciones permitieron documentar las perspectivas de los actores del ecosistema de innovación que brindó elementos para su conformación. **Agradecimientos especiales a:**

Yolanda Martínez Mancilla

Líder de Proyecto de la Iniciativa Global GovStack de Unión Internacional de Telecomunicaciones y parte del Brain Hive de C Minds.

Christopher Córdova

Fundador de Victoria Ecosystems y cofundador de AI for Climate por su valiosa revisión honoraria al documento.

Agradecemos también por su **valioso tiempo e insumos** a todas las personas expertas que fueron partícipes de este ejercicio a través de entrevistas a:

Gloria Cuevas Guillaumin

Directora de Análisis Ambiental en SEMARNAT y especialista en políticas de adaptación al cambio climático y coordinadora de Agenda Azul

Juana Itzchel Nieto Ruiz

Directora de Investigación para Estrategias Bajas en Carbono en INEC

Mario Arauz Abarca

Coordinador General de Innovación Gubernamental del Gobierno de Jalisco

Marissa Cuevas Flores

Fundadora de MicroTERRA

Mauro Accurso

Gerente Senior de Desarrollo de Negocio en South Pole

Salma Jalife Villalón

Fundadora de Centro México Digital

Sayda Rodríguez Gómez

Titular de la Secretaría de Desarrollo Sustentable de Yucatán.

Agradecimientos a **Daniel Solterbeck, Ofelia Schoedl y Erika Sanchez Herrera** de GIZ por sus contribuciones, y a **José Roberto Mejía Estrada, Lorena Díaz Córdoba, y Nicté Cabañas Segura**, de C Minds, por su apoyo.

Índice	5
Acerca de las instituciones	7
Acrónimos y abreviaturas	8
Lista de Tablas	9
Glosario	10
1. Resumen Ejecutivo	12
2. Introducción	17
3. Contexto	21
3.1 Una mirada al contexto climático global	22
3.2 Situación climática en México	24
<i>Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC)</i>	28
3.3 Twin transition o transición dual	32
3.4 La transformación digital sustentable y el cambio climático	36
<i>La transformación digital en México</i>	40
4. Tecnologías digitales emergentes	52
4.1 Macrodatos (comunmente conocidos como Big Data)	55
4.2 Inteligencia Artificial	57
4.3 Blockchain	59
4.4 Internet de las Cosas (IoT)	61
4.5 Otras tecnologías de frontera	63
<i>Consideraciones importantes</i>	66
5. Casos de estudio:	69
5.1 Big Data*	72
<i>Análisis inteligente para producción agrícola: Agricultura Específica Por Sitio (AEPS)</i>	72
<i>Gestión inteligente de riego para agricultura: Kilimo</i>	75
5.2 Inteligencia Artificial	78
<i>Monitoreo ambiental para conservación de biodiversidad a través de aprendizaje de máquina: Tech4Nature México</i>	78

<i>Cálculo de emisiones a escala para estrategias de descarbonización: Carbmee</i>	81
5.3 Blockchain	84
<i>Seguros contra riesgos climáticos para sector agrícola: Etherisc</i>	84
<i>Plataforma digital para comercialización de energías renovables verificadas: MERELEC</i>	87
5.4 Internet de las cosas (IoT)	89
<i>Sistema de alerta temprana para prevención de incendios forestales: MIMOS + UPM Reserva Forestal Raja Musa</i>	89
<i>Monitoreo de parámetros de cultivo 24/7 para productores pequeños y medianos: EcoRoof</i>	92
6. Observaciones	95
6.1 Áreas de aplicación de las tecnologías digitales para la acción climática	96
6.2 Retos	103
7. Oportunidades para México	106
7.1 Líneas de acción detalladas para las oportunidades identificadas	111
<i>Sector gubernamental</i>	111
<i>Sector privado</i>	117
<i>Ecosistema de financiamiento (fondos climáticos, bancos multilaterales de desarrollo, entre otros).</i>	119
<i>Sector académico</i>	120
<i>Sector social</i>	121
<i>Transversal a todos los sectores</i>	122
8. Conclusión	123
9. Referencias	126
10. Anexos	136

Acerca de las instituciones



El “Digital Transformation Center” en México, es un proyecto global implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ, en sus siglas en Alemán) de Alemania, desde noviembre 2021.

<https://www.bmz-digital.global/en/initiatives/digital-transformation-center-mexico/>



Por encargo del Gobierno Federal Alemán, la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable) asesora al gobierno mexicano y a otros tomadores de decisiones y contrapartes en diversos temas.

La GIZ implementa diversos programas y proyectos teniendo como su eje rector el desarrollo sustentable. Bajo este enfoque impulsa diversas agendas clave como la protección y el uso sostenible de la biodiversidad, la buena gobernanza y la protección del clima. El impulso a una transformación digital sustentable e incluyente es una línea de acción que la GIZ impulsa a nivel global de manera prioritaria.

<https://www.giz.de/en/worldwide/33041.html>



C Minds es una agencia de innovación dirigida por mujeres que promueve el desarrollo, uso e investigación responsable de tecnología pionera para el impacto en América Latina y el Caribe. A través de sus diversos Laboratorios, como el Laboratorio del Futuro del Planeta, se diseñan políticas digitales y marcos éticos, así como con iniciativas de despliegue que aprovechan las nuevas tecnologías, como Inteligencia Artificial (IA) y realidad virtual y aumentada (RV/RA), para avanzar en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Es una de las organizaciones líderes en Latinoamérica que ha impulsado importantes cambios en el campo de la tecnología durante los últimos 10 años.

www.cminds.co



AI for Climate es una iniciativa global fundada por C Minds y la Agencia Christopher Córdova que promueve y aprovecha el uso responsable de las tecnologías más avanzadas para mitigar los efectos de la crisis climática y la pérdida de la biodiversidad en el mundo, con especial énfasis en América Latina.

www.forclimate.ai

Acrónimos y abreviaturas

4RI_ Cuarta Revolución Industrial

AbC_ Adaptación basada en Comunidades

AbE_ Adaptación basada en Ecosistemas

AbRRD_ Adaptación basada en la Reducción del Riesgo de Desastres

ANPs_ Áreas Naturales Protegidas

APIs_ Interfaz de Programación de Aplicaciones

CEPAL_ Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CMNUCC_ Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático

CONANP_ Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas

COP (inglés)_ Conferencia de las Partes

DOF_ Diario Oficial de la Federación

GEI_ Gases de efecto invernadero

IA_ Inteligencia Artificial

IBA_ Informe Bienal de Actualización

INAFED_ Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal

INECC_ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

INEGI_ Instituto Nacional de Estadística y Geografía

IoT (inglés)_ Internet de las Cosas

IPCC (inglés)_ Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

LoRa (inglés)_ Tecnología Largo Alcance

MDB (inglés)_ Bancos Multilaterales de Desarrollo

NDC (inglés)_ Contribuciones Nacionales Determinadas

OCDE_ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

ODS_ Objetivos de Desarrollo Sostenible

ONG_ Organización No Gubernamental

ONU_ Organización de las Naciones Unidas

PNUD_ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PNUMA_ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

RA_ Realidad Aumentada

RV_ Realidad Virtual

SADER_ Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

SbN_ Soluciones basadas en Naturaleza

SE_ Secretaría de Economía

SEMARNAT_ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SENER_ Secretaría de Energía

SICT_ Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

SINACC_ Sistema Nacional de Cambio Climático

TICs_ Tecnologías de la Información y la Comunicación

UE_ Unión Europea

UNESCO (inglés)_ Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

Lista de Tablas

Tabla 1

Componente de Mitigación al cambio climático

Tabla 2

Componente de Adaptación al cambio climático

Tabla 3

Resumen de casos de estudio y su alineación a las NDC de México

Tabla 4

Algunos retos destacables identificados y los factores asociados que los determinan

Calentamiento Global

Aumento estimado de la temperatura media global en superficie, promediada durante un período de 30 años expresado en relación con los niveles preindustriales.

Acción climática

Cualquier política, medida o programa con miras a reducir los gases de efecto invernadero, construir resiliencia al cambio climático o apoyar y financiar esos objetivos. La acción climática es, por lo tanto, muy diversa. Incluye desde compromisos de ciudades con patrones de construcción más eficientes, empresas que ponen precio al carbono en sus decisiones de inversión o cooperativas de agricultores que implementan modelos de agricultura climáticamente inteligente.

Acuerdo de París

Tratado internacional jurídicamente vinculante sobre el cambio climático adoptado por 196 Partes en la COP 21 de París, el 12 de diciembre de 2015. Su objetivo es limitar el calentamiento global por debajo de 2 °C, preferiblemente a 1.5°C, en comparación con los niveles preindustriales.

Mitigación

Aplicación de políticas y acciones destinadas a reducir las emisiones de las fuentes, o mejorar los sumideros de gases y compuestos de efecto invernadero (Art. 3, fracción XXVIII).

Adaptación (al cambio climático)

Medidas y ajustes en sistemas humanos o naturales, como respuesta a estímulos climáticos, proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño, o aprovechar sus aspectos beneficiosos.

Justicia Climática

La justicia climática vincula los derechos humanos y el desarrollo para lograr un enfoque centrado en el ser humano, salvaguardando los derechos de los más vulnerables y compartiendo las cargas y los beneficios del cambio climático y su resolución de forma equitativa y justa.

Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

Un plan de acción internacional aprobado por los Estados miembros de la Naciones Unidas a favor de las personas, el planeta y la prosperidad.

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Conjunto de objetivos globales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Los ODS cuentan con 169 metas que deberán alcanzarse hacia el año 2030.

Energías renovables

Aquellas que utilizan energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, como el viento, la radiación solar, el movimiento del agua en cauces naturales o artificiales, entre otras.

Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación infrarroja.

Gobernanza de datos

La gobernanza de datos describe los roles, los procesos y las políticas que las organizaciones promulgan para garantizar la exactitud, calidad y seguridad de los datos. Sus políticas dictan los métodos que las personas pueden usar para acceder a los datos y aprovecharlos.

Huella ecológica

Es un indicador agregado que busca evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y, consecuentemente, su grado de sostenibilidad.

Huella digital ambiental

Impacto numérico, en CO₂ u otros indicadores equivalentes, que los activos digitales provocan sobre el planeta.

Ciclo de vida de las tecnologías

Según el Hype Cyle de Gartner, existen cinco fases clave en el ciclo de vida de una tecnología: 1) El detonante de la innovación: Un posible avance tecnológico da el impulso de arranque, 2) Máxima expectativa: La difusión inicial produce una serie de casos de éxito, 3) Momento de desilusión: El interés disminuye a medida que los pilotos y las aplicaciones fracasan, 4) Fase de iluminación: Empiezan a aparecer más ejemplos de cómo la tecnología puede beneficiar a las sociedades y a comprenderse mejor, 5) Punto alto de la productividad: La adopción generalizada empieza a despegar. La amplia aplicabilidad y trascendencia de la tecnología en el mercado está dando resultados.

Cuarta Revolución Industrial (4RI)

Término que se acuña en el año 2011 en donde convergen cantidades voluminosas de datos, acumuladas durante las décadas pasadas, velocidades de procesamiento más rápidas y capacidades de almacenamiento sin precedentes para dar vida a nuevas tecnologías digitales en la que se fusionan los mundos físicos, digitales y biológicos.

Tecnología digital

Todos aquellos recursos y sistemas que están relacionados con el universo de Internet y la ciencia de datos. La tecnología digital engloba la digitalización, la automatización y el manejo de amplios volúmenes de información de interés. Algunos de los ejemplos de estas tecnologías son big data, Inteligencia Artificial, blockchain e Internet de las cosas (IoT), entre otras.

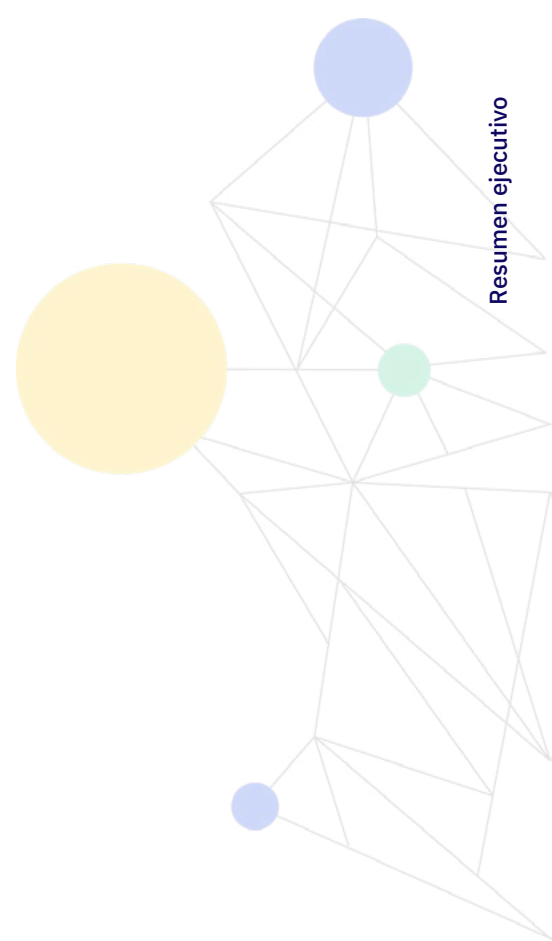
Tecnologías climáticas

Tecnologías avanzadas que se están diseñando y desarrollando para contribuir a descarbonizar la economía mundial. Estas incluyen tecnologías de energía renovable, eficiencia energética, captura y almacenamiento de carbono, entre otras.

1. Resumen Ejecutivo

La crisis climática y el desarrollo tecnológico digital exponencial son dos fenómenos que caracterizan a nuestra época y que impactan el presente y el futuro de las sociedades y las economías. Combatir los numerosos impactos de la crisis climática requiere la búsqueda e integración de soluciones innovadoras a través del uso de tecnologías digitales emergentes que estén asociadas a la estimación de potenciales de reducción de emisiones basadas en ciencia, y a procesos de toma de decisión en múltiples niveles del ámbito público y privado en materia de adaptación al cambio climático. A su vez, se requiere la colaboración interdisciplinaria a nivel global, soluciones de financiamiento rápidamente escalables y el uso y adopción de tecnologías emergentes en todos los sectores de la sociedad.

La acelerada transformación digital ha abierto un panorama de posibilidades para aprovechar la ola tecnológica para fines de acción climática, particularmente de mitigación y adaptación. Entre ellas está el monitoreo de condiciones meteorológicas y emisión de sistemas de alerta temprana para la prevención de desastres; el desarrollo de herramientas para agricultura de precisión a través del análisis de datos provenientes de sensores; mejora del sector transporte a través de la optimización rutas y calendarización del transporte de mercancías, así como aumentar el uso de opciones con bajas emisiones de carbono; el monitoreo en tiempo real de especies protegidas para reducir las amenazas que enfrentan, entre muchas otras. En este sentido, un informe del Foro Económico Mundial (2022) estima que las tecnologías digitales podrían reducir el 20% de las emisiones en 2050, si su uso se extiende a los sectores de energía, materiales y transporte. Asimismo, de acuerdo con BCG, el uso de sistemas de IA puede ayudar a reducir las emisiones de GEI entre un 5% y un 10% de la



huella de carbono de una organización. Si bien el potencial que el uso de las tecnologías digitales presenta para acelerar acciones climáticas positivas, como la reducción de emisiones de GEI, está creciendo, es importante destacar que el desarrollo y la adopción de estas tecnologías debe tener en cuenta un enfoque ético y basado en los derechos humanos. Para ello, es necesario el desarrollo de estructuras de gobernanza integradoras y el desarrollo de modelos de mitigación de potenciales riesgos e impacto ambiental asociado.

México es uno de los países más vulnerables a los impactos del cambio climático y a la pérdida de la biodiversidad, por lo que requiere acciones puntuales para disminuir sus emisiones de GEI, así como el desarrollo de soluciones efectivas que reduzcan la vulnerabilidad ante los impactos actuales y futuros del cambio climático.

Para explorar el potencial de la transformación digital en el aceleramiento de la acción climática en México, en este reporte se analizan diversas tecnologías digitales (big data, Inteligencia Artificial, blockchain, IoT y sus usos en robótica, realidad virtual y realidad aumentada, gemelos digitales y el metaverso) con aplicaciones claras y existentes en este ámbito. A la par, se exploran ejemplos innovadores que han demostrado tener un impacto positivo en el ambiente, en las personas y en acelerar la acción climática alrededor del mundo.

Asimismo, como propuesta a posibles estrategias que se pueden impulsar en el país, el documento presenta diversas áreas de oportunidad a tomar en cuenta para su aplicación [**Caja 1**]; por ejemplo, la importancia de la acción de los múltiples



sectores involucrados (gubernamental, privado, ecosistema de financiamiento, académico y social) y la importancia de cuantificar el impacto de cada una de estas tecnologías en el cumplimiento de las metas climáticas de México. La suma de esfuerzos es fundamental para el contexto climático actual y el impulso de estrategias a través de tecnologías digitales emergentes puede contribuir a un cambio de paradigma en México y el mundo.

Caja 1. Resumen de las áreas de oportunidad identificadas

De forma resumida, las oportunidades identificadas para acelerar el aprovechamiento de las tecnologías digitales hacia la acción climática en diversos sectores son:

Sector gubernamental:

- Diseñar una política pública que responda a las oportunidades que brindan el uso de las tecnologías digitales para la acción climática en un punto de armonía con el desarrollo sustentable (transición dual).
- Crear una comisión o grupo de trabajo enfocado al desarrollo, investigación y aprovechamiento de tecnologías digitales para la acción climática en México.
- Acelerar la adopción y el uso estratégico de tecnologías digitales emergentes para eficientar la implementación de la política pública en materia de cambio climático de SEMARNAT y sus organismos.

- Diseñar una estrategia para la identificación, mitigación y manejo de impactos sociales y ambientales del uso de las tecnologías digitales aplicadas a la acción climática.
- Desarrollar y/o fortalecer estrategias para la educación y la creación de habilidades digitales de forma inclusiva que favorezcan las acciones para contrarrestar los impactos de la crisis climática.

Sector privado:

- Visibilizar la existencia y la posibilidad de creación de herramientas y estrategias basadas en tecnologías digitales para la acción climática así como acelerar su adopción.
- Llevar a cabo evaluaciones de impacto periódicas y sistemáticas para medir los impactos del despliegue de las soluciones digitales en las personas y en el ambiente.

Ecosistema de financiamiento:

- Identificar fondos de financiamiento sostenible especializados en modelos de negocio que coadyuven a las acciones de mitigación y adaptación a través de modelos de gobernanza inclusivos con los grupos de interés.
- Diseñar mecanismos para la fusión del financiamiento del sector público y privado; así como fortalecer el papel de los bancos multilaterales de desarrollo.
- Colaborar con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, y Nacional Financiera para dar continuidad a la emisión de bonos verdes/climáticos

Sector académico:

- Aprovechar las tecnologías digitales para apoyar las acciones contra el cambio climático y la conservación de la biodiversidad en proyectos de investigación para su aplicación y contribución a las necesidades de la población, del sector privado y gubernamental.
- Fortalecer y diseñar programas académicos y hubs de investigación para la creación de proyectos interdisciplinarios con enfoque en la transición dual.

Sector social:

- Crear y facilitar espacios colaborativos y descentralizados que acerquen a todas las personas a mecanismos de acceso libre a la información, capacitación y herramientas sobre las más recientes tecnologías.
- Propiciar espacios de diálogo y divulgación mediática transparente sobre las oportunidades de una transición dual para la mayor implicación de la sociedad civil.
- Acelerar la adopción de tecnologías para acción climática en proyectos de la sociedad civil a través de la implementación de estrategias de difusión para la aceleración y escalabilidad de proyectos ambientales.
- Diseñar material orientativo para el uso responsable de tecnologías digitales en todos los sectores con potencial para contribuir a la acción climática en México.



2. Introducción

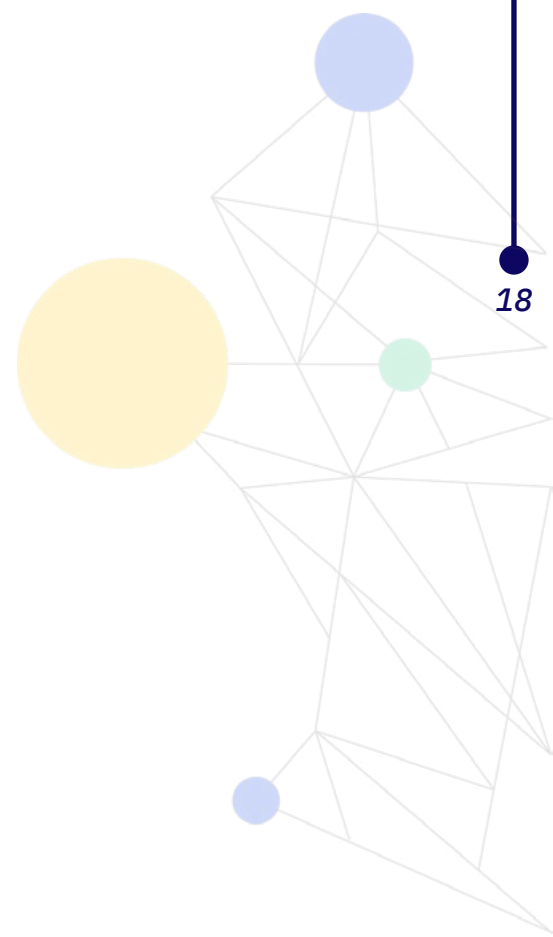
La crisis climática es uno de los retos más apremiantes de nuestro tiempo. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2022a) sus impactos ya son peores de lo que se esperaba, con riesgos generalizados que afectan la integridad de más de la mitad de la población mundial. La mitigación y la adaptación al cambio climático requieren un enfoque de justicia climática, una gobernanza inclusiva, el acceso a la tecnología adecuada, un financiamiento rápidamente ampliado y una colaboración transversal entre los gobiernos, la industria, el mundo académico, la sociedad, entre otros factores.

En este contexto, las tecnologías digitales pueden aprovecharse para fomentar economías con bajas emisiones de carbono y menor vulnerabilidad a los riesgos de la emergencia climática, como mencionan los más recientes informes del Grupo de trabajo II y III (mitigación y adaptación) del IPCC (2022a, 2022b). Por tecnologías digitales, se entienden todos aquellos recursos asociados al uso de internet y a la ciencia de datos¹ que utilizan dispositivos electrónicos, computadoras y medios digitales para procesar, almacenar y transmitir información. A diferencia de las tecnologías climáticas², las tecnologías digitales aplicadas a la acción climática utilizan bases de datos e internet para crear, por ejemplo, estimaciones que permiten la realización de monitoreos para la reducción de emisiones de GEI, entre otras aplicaciones. En este estudio los tipos de tecnologías digitales emergentes que se analizan como herramientas para acelerar la acción climática son: *big data*, *Inteligencia artificial (IA)* y *aprendizaje automático (machine learning en inglés)*, *blockchain* e *Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés)*. De igual manera se exploran los usos de algunas otras tecnologías digitales emergentes que están en una fase temprana de desarrollo y aplicación pero tienen el potencial de tener un impacto significativo, como de la realidad virtual y aumentada (RV/RA), los gemelos digitales y el metaverso.

El potencial de implementar las tecnologías digitales para este campo es profundo y puede ir desde el lanzamiento de aplicaciones móviles hasta funciones más complejas, como el análisis predictivo y la modelización de patrones meteorológicos. En este sentido, es estratégico incrementar la comprensión del potencial de aprovechar las tecnologías digitales emergentes en la acción climática.

1 La ciencia de datos es el proceso de utilizar datos para entender patrones y tomar decisiones informadas.

2 Tecnologías diseñadas para mitigar o adaptarse a los efectos del cambio climático, independientemente de si utilizan tecnología digital o no, por ejemplo, tecnologías solares, eólicas, geotérmicas, de captura y almacenamiento de carbono, sistemas de gestión de agua, sistemas de transporte sostenibles, etc.



No obstante, la tecnología no ofrece soluciones únicas o one-size-fits-all al problema. Su uso e impacto depende del contexto de cada país. Se debe tener en cuenta la importante brecha existente entre los impactos que el cambio climático tiene en los países más susceptibles y los países con más recursos económicos y tecnológicos.

Actualmente existe una vasta cantidad de bibliografía, conocimientos y cada vez más casos de uso sobre el potencial que tiene el aprovechamiento de las tecnologías digitales para hacer frente a la crisis climática y acelerar la toma de decisiones para reducir las emisiones en sectores de importancia para la mitigación en México, como el sector transporte³. Sin embargo, sigue siendo necesario profundizar en el análisis y recopilación de la información existente, tanto sobre su posible impacto positivo, como sobre las consideraciones a tomar en cuenta para una implementación responsable.

Este estudio presenta de forma general, y a través de casos de estudio de México e internacionales, posibles aplicaciones de tecnologías digitales en sectores específicos en los que se busca impulsar una reducción de emisiones o una adaptación al cambio climático. Con ello, se busca documentar y presentar los avances existentes en la estimación de potenciales y en la implementación de acciones que permitan vincular el desarrollo tecnológico con la acción climática.

Es así como este estudio expone que el desarrollo, aprovechamiento y la adopción de tecnologías digitales emergentes tiene la capacidad de contribuir de manera importante a abordar múltiples retos para mitigar el calentamiento global y adaptarnos a los impactos del cambio climático; por ejemplo, pueden utilizarse para impulsar la reducción de emisiones asociadas al consumo energético a través de la modelización de la demanda y la generación de modelos de almacenamiento energético sustentable; para mejorar la gestión de recursos naturales en actividades productivas y disminuir impactos ecológicos asociados; entre otros. Asimismo, su aprovechamiento responsable puede mitigar los riesgos asociados a la vulnerabilidad generada por el cambio climático y crear oportunidades económicas. El papel que juega el sector de investigación y desarrollo es fundamental para impulsar un cambio tecnológico (IPCC, 2022b) que considere no

3 Por ejemplo, las plataformas de movilidad como servicio (Mobility-as-a-Service, MaaS) se están convirtiendo cada vez más en herramientas avanzadas de planificación de la movilidad para las personas, fomentando opciones con menos emisiones de carbono, como las bicicletas eléctricas. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920921004235>

solo dichas brechas tecnológicas, sino las condiciones de gobernanza, mercado y cambio social que éstas pueden impulsar.

A su vez, se tiene como objetivo informar a los sectores público, privado, académico, social y ecosistemas de financiamiento, de las oportunidades que existen en este campo con el fin de acelerar la colaboración entre los mismos e impulsar la adopción tecnológica responsable, así como introducir a las personas lectoras al estado del arte del aprovechamiento de tecnologías digitales emergentes para acciones climáticas.

Este reporte ha sido desarrollado a través de una colaboración entre el Digital Transformation Center en México (DTC) de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, (Cooperación Técnica Alemana) en México por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ, por sus siglas en alemán) y C Minds, la agencia de innovación Latinoamericana, a través de su Laboratorio del Futuro del Planeta y su iniciativa AI for Climate. Se basa en investigación de escritorio, entre diciembre de 2022 y enero de 2023, conocimiento propio, insumos de personas colaboradoras, revisiones de pares y una serie de entrevistas con personas expertas.

El documento no busca ser exhaustivo dado su naturaleza, su alcance y límite de extensión. A su vez, como en cualquier otra investigación y conversación que implique la comprensión de las nuevas tecnologías y su aplicación, se recomienda a las personas lectoras su actualización constante con publicaciones complementarias que se desarrollen sobre la evolución del aprovechamiento de tecnologías digitales para impulsar la acción climática.

Los esfuerzos por generar una vinculación clara entre la acelerada transformación digital y las acciones de mitigación y adaptación climática aún son nacientes y necesitan de una clara comunicación entre las partes interesadas de ambos mundos (tecnológico y climático) y de todos los sectores para una efectiva armonización de esfuerzos y avanzar hacia una transición dual justa, sostenible y eficaz.





3. Contexto

3.1 Una mirada al contexto climático global

La crisis climática está causando impactos frecuentes y visibles en todo el mundo y provocando problemas como la pérdida de bosques, el deshielo de glaciares, fenómenos meteorológicos extremos, inseguridad alimentaria, recesión económica, conflictos sociales, sequías, aumento del nivel del mar y acidificación de los océanos (IPCC, 2022a). Los esfuerzos del IPCC y de instituciones mexicanas como el INECC se centran en mitigar los GEI y adaptarse a los impactos sobre los ecosistemas y la sociedad⁴.

Para ello, es fundamental reconocer que la crisis climática afecta diferenciadamente a las personas debido a desigualdades sistémicas, dependiendo de la localización geográfica [Caja 2], el género, el sector socioeconómico, la etnia, la edad y la situación de discapacidad de las personas, entre otros aspectos sociales. Además, la intersección entre factores de desigualdad puede agravar la susceptibilidad a los efectos de la crisis climática (IPCC 2022a).

El desarrollo de tecnologías digitales emergentes adaptadas a las necesidades específicas de los impactos climáticos, así como de los diferentes grupos vulnerables, puede contribuir a la implementación de estrategias para contrarrestar los efectos de la crisis climática (IPCC 2022a), pues se considera que los avances tecnológicos pueden ser positivos como complemento a las acciones de adaptación y mitigación (IPCC 2022a, IPCC 2022b).

En el ámbito internacional, las medidas para enfrentar las consecuencias de la crisis climática son las dirigidas a la mitigación y adaptación. En este sentido, de acuerdo con el Acuerdo de París, y como se reafirmó en la última COP 27⁵, al trabajar por la acción climática, se deberán priorizar los derechos humanos de las personas más vulneradas por la crisis climática, y trabajar por el fortalecimiento del desarrollo resiliente al clima⁶.

4 La crisis climática no tiene únicamente efectos en los ecosistemas, sino que también los tiene en las personas [ver caja 2]. Principalmente en aquellas que no cuentan con los recursos necesarios para contrarrestar los efectos del cambio climático e implementar medidas apropiadas para responder ante ella (IPCC, 2022a).

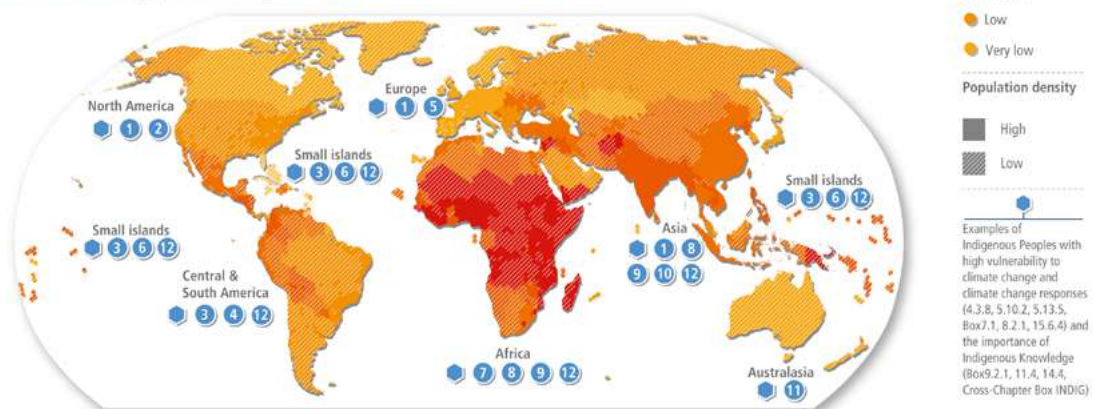
5 La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2022, más comúnmente conocida como COP27, fue la 27ª Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático celebrada del 6 de noviembre al 20 de noviembre de 2022 en Sharm El Sheikh, Egipto.

6 Con el fin de abordar los peores impactos de la crisis climática que han experimentado las comunidades más vulnerables, durante la COP 27 los gobiernos decidieron establecer acuerdos de financiamiento y la creación de un fondo específico para responder a las “pérdidas y daños” de dichas regiones.

Caja 2. Resumen de las áreas de IPCC: La vulnerabilidad humana observada difiere entre los países y dentro de ellos, y determina en gran medida el modo en que los riesgos climáticos afectan a las personas y a la sociedad.

Observed human vulnerability differs between and within countries and strongly determines how climate hazards impact people and society

(a) Map of observed human vulnerability based on two comprehensive global indicator-systems using national data, plus examples of selected local vulnerable populations and Indigenous Peoples



Examples of local vulnerable populations | Examples of some aspects of vulnerability | Chapter references

Fuente de la imagen: (IPCC, 2022a)

Con el objetivo de identificar qué poblaciones son más susceptibles a la crisis climática, la IPCC creó un mapeo que visibiliza los niveles de vulnerabilidad humana a nivel global, para así proponer acciones concretas que se adapten a los posibles impactos. Como se observa en el mapa, según indicadores de inestabilidad gubernamental, falta de infraestructura, inseguridad alimentaria e hídrica y exposición a riesgos climáticos, gran parte de los países del continente africano son altamente susceptibles. Esto es seguido por países centroamericanos y un considerable sector del territorio asiático. Por el contrario, con muy bajos niveles de vulnerabilidad se encuentran países de economías consolidadas con mejor preparación, acceso a tecnologías y capital para enfrentar esta crisis. Sin embargo, las comunidades indígenas y poblaciones marginalizadas que habitan estos territorios presentan igualmente altos niveles de vulnerabilidad debido a estructuras que potencian las desigualdades (IPCC, 2022a).

3.2 Situación climática en México

Los impactos ambientales de la crisis climática ya se manifiestan en distintas regiones de México. El país se encuentra entre los más vulnerables a la crisis climática a nivel mundial debido a factores como localización geográfica, condiciones climáticas y situación socioeconómica de la población (SEMARNAT-INECC, 2022). De acuerdo con el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (INECC, 2021a) estos efectos han ocasionado graves pérdidas humanas y altas implicaciones sociales, ocasionando que un aproximado del 68% de la población mexicana está expuesta a los efectos globales de la crisis climática, de acuerdo con el Tercer Informe Bienal de Actualización (IBA)⁷ (Gobierno de México, 2022b).

Estos impactos se ven potencialmente agravados por inequidades sociales (acceso desigual a recursos vitales como atención médica, agua potable, aire limpio, alimentos y vivienda segura) y a las consecuencias derivadas de la degradación ambiental (pérdida de cobertura forestal, de biodiversidad, de cuerpos de agua dulce, entre muchos otros) que aumenta la vulnerabilidad (INECC, 2021a).

Por otro lado, los sectores más vulnerables y marginalizados de la población (como personas racializadas, mujeres y niñez en contextos descentralizados, personas con discapacidad, personas de la tercera edad, comunidad LGBT+, entre otras) no son únicamente las más afectadas, sino las que cuentan con menos recursos para enfrentarse a los impactos negativos a los que son propensas⁸ [Caja 3].

⁷ Documento que reitera a la sociedad mexicana y la comunidad internacional el respaldo al Acuerdo de París y refleja transparencia en las acciones realizadas por México para reducir las emisiones de GEI. En este IBA (2022) se actualiza el contexto mexicano, incluyendo las presentes necesidades de financiamiento, tecnología y creación de capacidades para afrontar los compromisos de mitigación. Además incluye la actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero al año 2019 y las tendencias de las emisiones nacionales de 1990 a 2019. Asimismo se despliegan las acciones de mitigación en sus tres niveles de gobierno, tanto en el sector público como privado. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Mexico_3er_BUR.pdf

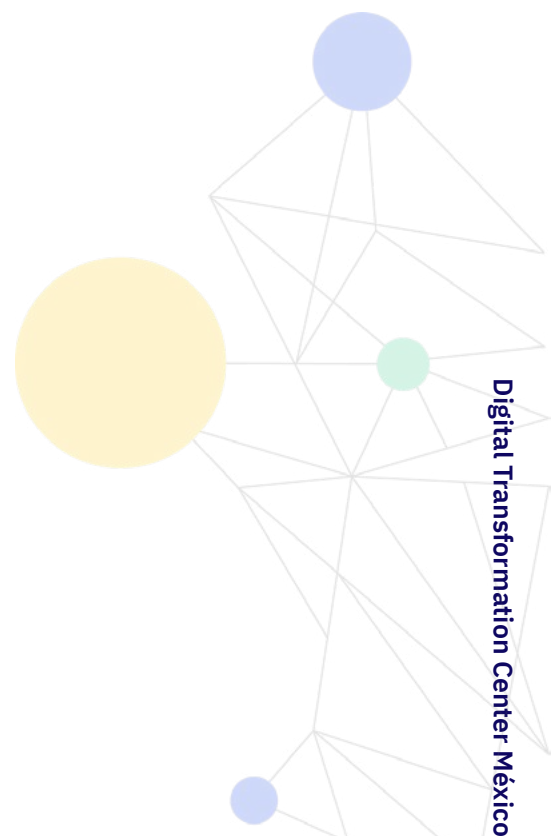
⁸ Son diversos los factores económicos y sociales que incrementan estas desigualdades como la discriminación étnica y etaria, roles de género y marginalidad geográfica que exponen la inestabilidad y fragilidad de la vida de las personas.

Caja 3. Estructuras sociales potencializan la vulnerabilidad de las mujeres ante la crisis climática

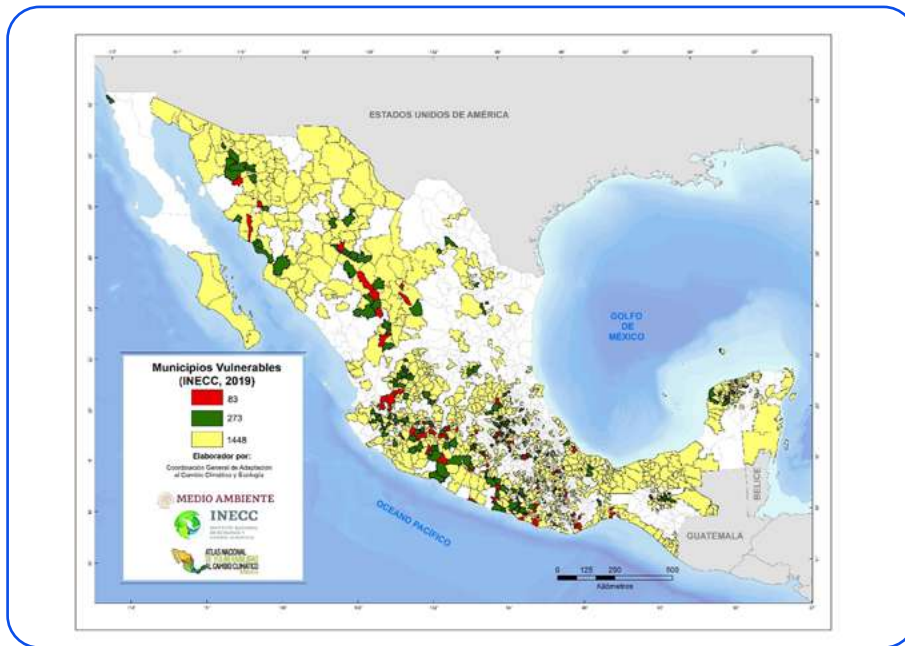
Una de las interconexiones entre la desigualdad de género y la crisis climática es la división sexual del trabajo y su relación con la escasez de recursos naturales. Según el reporte “La Igualdad de Género ante el Cambio Climático de la CEPAL” (2021a), en América Latina y el Caribe existe una “persistente y desequilibrada división sexual del trabajo y una injusta organización social del cuidado”. Según las encuestas realizadas respecto al tiempo invertido en labores, el trabajo no remunerado de las mujeres ocupa dos tercios de su tiempo, mientras que el trabajo remunerado ocupa sólo un tercio. En el caso de los hombres la tendencia está invertida.

Por lo tanto, las graves consecuencias que tiene la crisis climática sobre el abasto de recursos naturales utilizados en la vida cotidiana, afecta diferenciadamente a las mujeres, especialmente mujeres y niñas rurales, indígenas y campesinas. Esto se debe a que suelen ser las principales responsables de recolectar recursos básicos para proveer alimentos a su familia y estas consecuencias climáticas obstaculizan la recolecta de recursos, limitando el tiempo restante que las mujeres pueden dedicar a trabajos remunerados. De esta forma se mantiene la dependencia económica que refuerza estructuras de desigualdad y que se puede traducir en múltiples violencias patriarcales.

Según el informe de Municipios Vulnerables al Cambio Climático realizado por INECC (2021) el 58.6% de los municipios presenta niveles de vulnerabilidad “alta o muy alta” a por lo menos seis vulnerabilidades específicas (deslaves, inundaciones, dengue, producción ganadera y forrajera vulnerable a la falta de agua) y Yucatán es el más vulnerable a inundación de las zonas costeras [**Caja 4**]. De este porcentaje, los estados de Oaxaca, Michoacán, Veracruz, Sonora e Hidalgo presentan los niveles más altos de vulnerabilidad (**Figura 1**).



Caja 4. ¿Dónde hay mayor riesgo de inundación en el país?



Yucatán es el estado con mayor riesgo por inundación costera del país: se proyecta que el costo del daño anual puede aumentar hasta 4 mil millones de dólares a 2100 (INECC, 2018a). Respecto a las inundaciones costeras, en 2018 el costo anual del daño esperado era cercano a 130 millones de dólares.

Figura 1. Grupo de los 1448 municipios vulnerables al cambio climático

Aunado a estas vulnerabilidades, el INECC estima que entre 2015 y 2039, el promedio de la temperatura anual del país aumentará entre 1.5°C y 2°C en el norte del territorio [Caja 5]. Algunos de los impactos de este calentamiento global en México se pueden presentar en forma de:

- **Lluvias torrenciales:** sus impactos incluyen el desbordamiento de ríos e inundaciones como ha sucedido en Chihuahua, Estado de México, Hidalgo, Jalisco, Tabasco, entre otros (SEMARNAT-INECC 2022).
- **Sequías:** se prevé una disminución en el rendimiento de cultivos como maíz, café, caña de azúcar, sorgo, trigo, arroz y soya. Esto produce cosechas insuficientes, inseguridad alimentaria, afectaciones a la salud, al igual que desplazamientos forzados masivos (CEDRSSA, 2019) y sus costos serían comparables a perder cerca del valor de dos años de la producción agrícola en México (INECC, 2018a).

A pesar de ser México uno de los países más expuestos a los impactos del cambio climático, es igualmente uno de los 15 mayores emisores de GEI, aportando 1.3% (Gobierno de México, 2022a) del total global debido, principalmente, a la quema de combustibles fósiles para energía, transporte y la agricultura extensiva⁹. Los costos acumulados del cambio climático para México durante este siglo serían comparables a perder entre el 50% y hasta más de 2 veces el PIB de México de 2010 (INECC, 2018a).

Estas condiciones posiciona a México en el lugar 54 (de 76 naciones y territorios) a nivel internacional en cuanto a la capacidad de desarrollar un futuro sustentable y bajo en carbono, de acuerdo con el Green Future Index 2022¹⁰.

9 Otras actividades que contribuyen a aumentar la concentración de CO₂ en la atmósfera son la deforestación, la destrucción de ecosistemas marinos, la explotación de la industria ganadera y la alta producción de residuos que aumentan la concentración de GEI como metano, óxido nitroso y ozono.

10 Green Future Index mide el grado en que la economía de cada país está orientándose hacia la energía limpia, la industria, la agricultura y la sociedad a través de la inversión en energías renovables, la innovación y la política verde (MIT, 2022). <https://www.technologyreview.com/2022/03/24/1048253/the-green-future-index-2022/>

Caja 5. ¿Cómo se ven los impactos del cambio climático en México? Algunos ejemplos

Impactos de las sequías a producciones pequeñas

De acuerdo con el estudio realizado por la Organización Connectas y Científico Digital MX, Chiapas, el principal productor de café en el país, es uno de los estados que tiene más municipios vulnerables a los efectos de la crisis climática. Las alteraciones al temporal de lluvias alteran el ciclo de floración y maduración del fruto. Las pequeñas productoras de café del sur-sureste de México están aún más expuestas debido a una serie de factores como la inestabilidad y los bajos precios del café (IPCC 2022a).

Comunidad del Bosque en Tabasco

La Comunidad del Bosque en Tabasco es uno de los casos más tangibles respecto al aumento del nivel del mar en México, donde se han perdido alrededor de 30 viviendas y el resto de las construcciones del poblado corren peligro de desaparecer debido a la erosión costera.

Pérdida de arrecifes de coral

Los arrecifes de coral del Golfo de México y de la Península de Yucatán se enfrentan a un riesgo creciente de blanqueamiento y mortalidad llamado el Síndrome Blanco. La pérdida del hábitat coralino conlleva la pérdida de la estructura del ecosistema, del hábitat de los peces, de los alimentos para las comunidades costeras y afecta las oportunidades turísticas (IPCC, 2022a) de las cuales dependen fuertemente la economía de esta zona del país.

Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC)

En 2022 México actualizó sus Contribuciones Determinadas a nivel Nacional¹¹ ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)¹². En 2022, México reportó que aún tiene ciertas limitantes para alcanzar el compromiso de reducir sus emisiones de GEI, para evitar que el aumento de temperatura pase de los 2°C y conseguir la resiliencia climática a través de mecanismos de acción coordinada de los grandes emisores del mundo.

No obstante, el cumplimiento de las NDC implicaría una disminución del 23% de las pérdidas económicas para el país resultantes de los impactos negativos del cambio climático. Según reporta el INECC, el costo bruto de operación, mantenimiento e implementación de las medidas de mitigación suma 137.6 mil millones de USD hasta 2030, cantidad que podría verse reducida a partir de la integración de soluciones con base digital. De poner en marcha estas acciones, los beneficios brutos están calculados en 294.9 mil millones de USD a 2030 (INECC, 2021b).

Con base en las metas globales, las NDC de México tienen los componentes de mitigación y adaptación (Tablas 1 y 2). El componente adaptación integra elementos transversales como las Soluciones basadas en Naturaleza (SbN), y los enfoques de Adaptación basada en Comunidades (AbC), Adaptación basada en Ecosistemas (AbE), y Adaptación basada en la Reducción del Riesgo de Desastres (AbRRD). Este componente está estructurado por 5 ejes y 27 líneas de acción que reflejan el compromiso de adaptación al cambio climático de México, además reconoce el desarrollo y transferencia de tecnología para la adaptación como un elemento necesario para el proceso de adaptación, en el que las tecnologías climáticas, el fomento a la investigación, la educación, la formación, la sensibilización social, el acceso a la información y la participación ciudadana son el marco para innovación tecnológica constante (SEMARNAT, 2020).

11 Las NDC son el núcleo del Acuerdo de París y de la materialización de sus objetivos a largo plazo. Las NDC encarnan los esfuerzos de cada país para reducir sus emisiones nacionales y adaptarse a los impactos del cambio climático.

12 Para lograr esto, el gobierno federal se basó en los datos de la actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de 2013. Asimismo, alinearon los compromisos asumidos por el país a los objetivos y prioridades establecidas en la Ley General de Cambio Climático (2022) y en los acuerdos asumidos en la CMNUCC.

Tabla 1. Componente de Mitigación al cambio climático (Más información en Anexo 1)







<p>1.</p>  <p>Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura</p>	<p>2.</p>  <p>Transporte</p>	<p>3.</p>  <p>Generación Eléctrica</p>	<p>4.</p>  <p>Industria</p>
<p>5.</p>  <p>Petróleo y gas</p>	<p>6.</p>  <p>Agricultura y ganadería</p>	<p>7.</p>  <p>Residencial y comercial</p>	<p>8.</p>  <p>Residuos</p>

Tabla 2. Componente de Adaptación al cambio climático (Más información en Anexo 2)

<p>Eje A.</p> <p>Prevención y Atención de Impactos Negativos en la Población Humana y en el Territorio.</p> 	<p>Eje D.</p> <p>Gestión integrada de los recursos hídricos con enfoque de cambio climático.</p> 
<p>Eje B.</p> <p>Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria.</p> 	<p>Eje E.</p> <p>Protección de infraestructura estratégica y patrimonio cultural tangible.</p> 
<p>Eje C.</p> <p>Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos.</p> 	

Caja 6. Compromisos de México en la COP 27 (2022)

De los principales retos que fueron analizados durante la COP 27 fue el desarrollo de mecanismos de financiamiento para que las economías emergentes puedan implementar medidas de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático.

En esta conferencia, México anunció los siguientes compromisos climáticos:

- Aumentar la reducción del **22% al 35%** de emisiones de GEI en los próximos 8 años.
- Inversión de **48 mil mdd** en estrategias y acciones para impulsar la acción climática.
- Compromiso para reducción de emisiones en **52 millones** de toneladas de carbono.
- Generación del doble de la emisión actual de energía limpia para el 2030: **40GW más** (tal como proponen en el NDC del país).
- Plan en colaboración con Estados Unidos:
 - Desplegar más de 30 gigawatts adicionales de capacidad eólica, solar, geotérmica e hidroeléctrica combinada para el año 2030, alcanzando así

una producción de más de 40 gigawatts de energía eólica y solar combinadas.

Lograr que para el 2030,

el 50% de las ventas sean de vehículos de emisiones netas cero.

(Gobierno de México, 2022b)

Asimismo, en el 2022 México anunció nuevos compromisos para incrementar las acciones de mitigación, con especial énfasis en la reducción de emisiones en diversos sectores durante la COP 27 [Caja 6].

Durante la COP 27 se generó el Plan de Implementación Sharm el Sheikh. Entre sus objetivos principales está el de instar a los países a reducir progresivamente la generación de energías producidas con carbón así como la necesaria implicación de las Partes en el apoyo financiero a países más vulnerables y el intercambio de herramientas y nuevas tecnologías para lograrlo [Caja 7]. El financiamiento que reciban países de ingreso medio-bajo es clave para la suma de esfuerzos para la acción climática, incluida la transformación digital sustentable.

Caja 7. ¿Qué dice el Plan de Implementación de la COP 27 sobre las estrategias de adaptación y el desarrollo tecnológico?

Plan de Implementación Sharm el Sheikh (2022)

Sección V. Adaptación (Punto 19).

Insta a las Partes que son países de economías de altos ingresos a que aumenten de forma urgente y significativa su provisión de financiación para el clima, la transferencia de tecnología y la creación de capacidad para la adaptación. A través de estas acciones, se alcanza el fin de responder a las necesidades de las Partes que son países con economías de ingreso medio-bajo como parte de un esfuerzo global, incluso para la formulación y aplicación de planes nacionales de adaptación.

3.3 Twin transition o transición dual

El enfoque de twin transition o transición dual es una estrategia en donde se enlazan las agendas de la 4RI y las agendas climáticas. En específico, busca combinar la transformación digital con la transformación verde¹³, es decir, con los esfuerzos globales de descarbonización de las economías con el fin de desbloquear beneficios económicos sustentables y sociales. Es ese punto de armonía en donde ambos desarrollos se intersectan, avanzan en conjunto y se crea un punto óptimo (o ‘sweet spot’ en inglés) para que las acciones ecológicas sean amplificadas e intensificadas por la digitalización. Para ello, los países necesitan adoptar y aplicar políticas y normativas que puedan crear un entorno propicio para aprovechar todo el potencial de las tecnologías nuevas y emergentes.

Los gobiernos son clave en la planificación para alcanzar esta transición y avanzar hacia modelos sostenibles y circulares a través del impulso de la 4RI y la transformación digital sustentable, con tecnologías emergentes como IA, robótica, IoT, blockchain, entre otras. Ya que esta transición busca fortalecer las acciones climáticas aprovechando la transformación digital, necesita políticas que faciliten la innovación y la movilización de recursos para este fin. Esto debe complementarse con medidas nacionales e internacionales adecuadas para facilitar el acceso a las tecnologías y a financiamiento para su desarrollo y adopción de forma inclusiva. Asimismo, se debe promover la transferencia de conocimientos y tecnología, en particular para las regiones más vulnerables.

13 La transformación verde, vinculada a los esfuerzos globales de descarbonización, se refiere a la transformación de los modelos de producción y consumo respetuosos con el clima y los procesos ambientales para vivir dentro de los límites para el uso y la explotación de los recursos naturales del planeta Tierra, sin poner en peligro la vida humana y los ecosistemas, abordando la pérdida de la biodiversidad, sus múltiples servicios ecosistémicos y sus impactos en las personas. Aun con los desafíos evidentes en esta transición, se requiere de impulsos políticos, sociales, económicos y tecnológicos para alcanzar sus objetivos rápidamente.

“Es necesario integrar los conocimientos tradicionales y tecnologías propias en los procesos de transferencia y desarrollo de tecnologías para la adaptación al cambio climático y la mitigación de GEI en conjunto con las comunidades, considerando también, la adecuación de las tecnologías a contextos, problemáticas y soluciones locales que permitan su adopción y aplicación exitosa a largo plazo.”

— Gloria Cuevas Guillaumin
Directora de Análisis Ambiental, SEMARNAT

Existen grandes oportunidades para aprovechar las nuevas tecnologías a favor de los objetivos de acción climática y así transitar de forma justa hacia modelos más sustentables. De esta manera, es importante que la transformación digital y el aprovechamiento de las tecnologías digitales emergentes actúen como herramientas clave para impulsar la transformación verde justa y equitativa¹⁴ (Muench, et al. 2022). Sin embargo, la creciente y constante demanda de dispositivos digitales, incluidos los servidores, aumentan la presión sobre el ambiente debido al alto consumo de metales y materiales para manufactura, recursos energéticos, la generación de emisiones asociadas [Caja 8], y la disposición al final de su vida útil¹⁵.

Para mantener el calentamiento global por debajo de los 1.5° C, los gobiernos nacionales y locales juegan un papel decisivo para lograr una transición dual efectiva y para cumplir los compromisos internacionales destinados a reducir las emisiones de GEI (un ejemplo regional destacado es la ciudad de Medellín [Caja 9]).

14 Más información en <https://www.twintransition.org/>

15 La ausencia de una gobernanza adecuada de estos procesos puede dar lugar a duras condiciones de trabajo y a una eliminación no regulada de los residuos electrónicos, los cuales podrían alcanzar los 75 millones de toneladas de aquí a 2030, de acuerdo con el Monitoreo Global de Basura Electrónica 2020 (Global E-waste Monitor en inglés) (Forti et al., 2020).

Caja 8. Costo energético e impacto ambiental de servicios informáticos

Los sensores de IoT y la robótica, así como la IA y blockchain, pueden optimizar la gestión de la energía en todos los sectores, generar mejores previsiones de demanda de energía, aumentar la eficiencia energética y promover la adopción de muchas tecnologías de bajas emisiones. Paradójicamente, algunos de estos beneficios en la reducción de emisiones del cambio climático pueden verse contrarrestadas por el aumento de la huella de carbono. Por ello, es de suma importancia medir el potencial de reducción de emisiones de GEI resultantes de la era digital y diseñar estrategias de mitigación y adaptación a los impactos.

La demanda de servicios informáticos y plataformas digitales aumentó un 550% entre 2010 y 2018 y ahora se estima en el 1% del consumo mundial de electricidad. Sin embargo, debido a las mejoras en la eficiencia desde los servicios públicos para optimizar el suministro de energía con el uso de tecnologías digitales, la demanda de energía aumentó únicamente cerca de 6% entre 2000 y 2018 (Data Centers, 2020).

Caja 9. Medellín: camino a la transición dual¹⁷

Medellín está posicionada como una de las ciudades inteligentes más avanzadas de América Latina (ACI, 2022), así como una ciudad con programas de sustentabilidad y protección del ambiente reconocidos a nivel internacional. Esta ciudad es reconocida como un hub de innovación regional, además de contar con un Distrito de Innovación y ser nombrada como Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación los cuales han implementado grandes avances tecnológicos en el funcionamiento de la urbe.

Asimismo, la ciudad es parte del Programa del Gobierno Nacional “Biodiversidades”, liderado por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible; actuando como un centro urbano que reconoce, prioriza e integra la biodiversidad y sus beneficios hacia un desarrollo urbano-regional sustentable. Se desenvuelve a partir de economía sostenible, planificación territorial y educación ambiental. Estos dos sectores en los que Medellín se está posicionando, indican un fuerte potencial de impulsar un desarrollo basado en la transición dual, sirviendo como ejemplo en la región.

¹⁷ ACI Medellín, 2022 <http://www.acimedellin.org/wp-content/uploads/2022/04/smart-cities-mde-ES-web.pdf>

Adoptar un enfoque integral para abordar los retos de lograr una transición dual es esencial para aprovechar las sinergias y mitigar los potenciales riesgos. Por tanto, es esencial optimizar nuestros esfuerzos¹⁶ para vincular los esfuerzos globales de descarbonización con los procesos de transformación digital sustentable de forma eficaz, cuantificable y basada en ciencia.

De esta manera, así como las empresas deben comenzar a tener planes de reducción de GEI, a medir sus huellas de carbono y los riesgos asociados, desde el sector público se deben generar incentivos para modelos de negocio bajos en emisiones (Accurso, 2022).

¹⁶ Un ejemplo de la colaboración para llevar a cabo recomendaciones de política pública con el fin de aprovechar nuevas tecnologías para la acción climática es el [Reporte de Recomendación](#) de Estudio de Caso para la implementación del primer Living Lab apoyado por sensores autónomos e Inteligencia Artificial en la Reserva Estatal Dzilam en Yucatán (2021). Este reporte fue elaborado por la iniciativa AI for Climate de C Minds, con el apoyo de la Delegación General de Québec en México, la Secretaría de Desarrollo Sustentable de Yucatán (SDS) y la Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior de Yucatán (SIIES).

3.4 La transformación digital sustentable y el cambio climático

Los productos y servicios digitales han transformado la economía y la sociedad desde la década de 1980, y la pandemia COVID-19 aceleró la transformación digital. La pandemia mostró el potencial de las herramientas digitales en situaciones de crisis, pero también puso de manifiesto las lagunas en la inclusión digital, con 2.9 millones de personas en todo el mundo sin acceso a Internet (PNUD, 2022).

Este desarrollo tecnológico se ve acelerado por el uso y crecimiento de las tecnologías digitales emergentes que son particulares del fenómeno conocido como la Cuarta Revolución Industrial (4RI). Dentro de estas tecnologías emergentes podemos identificar las redes móviles de quinta generación (5G), el análisis de datos masivos o big data, los sistemas de Inteligencia Artificial (IA), el cómputo en la nube, el Internet de las cosas (IoT), la robótica y sus aplicaciones en vehículos autónomos, entre otros. En un sentido amplio, el uso responsable de estas tecnologías presenta el potencial de contribuir a alcanzar cada uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) de las Naciones Unidas, desde reducir la pobreza extrema hasta acelerar la acción por el clima (ONU, 2020).

La transformación digital, más allá de limitarse a cuestiones de la digitación¹⁸ o a la digitalización,¹⁹ se refiere a un proceso integral centrado en las personas que provoca cambios significativos en las sociedades y economías a través del uso, desarrollo significativo, implementación y adopción de tecnologías digitales.

De acuerdo con el PNUD (2022) “el objetivo de la transformación digital centrada en las personas debe ser construir una sociedad más abierta, transparente y accesible que no deje a nadie atrás”. Esta transformación contempla los efectos económicos y sociales de la gestión y el procesamiento de información digital en las sociedades (OCDE, 2017) y es el resultado acumulado de aprovechar las ventajas de las tecnologías para transformar los procesos productivos y sociales.

18 Proceso de pasar de lo analógico a lo digital.

19 El modo en que muchos ámbitos de la vida social se reestructuran en torno a las infraestructuras digitales de comunicación y medios.

A medida que se entrelazan cada vez más la transformación digital con el desarrollo sustentable y la acción climática, se habla de una “transformación digital sustentable”. De acuerdo con la CEPAL (2022), este término se refiere al aprovechamiento de estas tecnologías para cumplir con los objetivos de sostenibilidad transitando hacia modelos productivos y de consumo sustentables, a la par que se mitigan los potenciales efectos negativos de la digitalización.

De acuerdo con la Estrategia “Década Digital Europea: objetivos digitales para 2030” (Comisión Europea, 2023), algunos de los pilares de acción más importantes para la transformación digital sustentable son: a) Desarrollo de habilidades digitales, b) Incremento de infraestructura digital, c) Transformación digital de los negocios, d) Fortalecimiento en la digitalización de servicios públicos, entre otros. Por lo tanto, es fundamental implementar líneas de acción que empujen hacia una transformación digital sustentable, tales como:

1. Fortalecimiento de un ente gubernamental con enfoque social, responsable y ético que diseñe y opere proyectos prioritarios y multisectoriales para la transformación digital sustentable.
2. Colaboración y financiamiento para organizaciones no gubernamentales que actualmente trabajan en el desarrollo de estrategias claves para la transformación digital sustentable.
3. Alianza estratégica multisectorial para el desarrollo de planes y programas que impulsen una transformación digital sustentable.

Sin embargo, el uso de las tecnologías digitales emergentes por sí solo no es suficiente para producir efectos de transformación digital sustentable, sino que depende del contexto de aplicación y las realidades socioeconómicas.



“Tenemos que hablar de habilitar cambios más tangibles de fácil adopción. Por ejemplo, las [soluciones de] SmartCities suelen no tener muchos problemas [de implementación] porque nadie se pone en contra de un software para gestionar bases de datos de edificios; o modelos de negocio de car sharing que son muy fáciles de utilizar.”

— Mauro Accurso
Director de Desarrollo de Negocio, SouthPole

Actualmente, las tecnologías digitales emergentes representan ya un mercado de 350,000 millones de dólares, que podría crecer hasta los 3.2 mil millones en 2025 (UNCTAD, 2021).

Muchos países, especialmente los que tienen una economía media-baja, no están preparados para utilizar, adoptar y adaptarse equitativamente a la revolución tecnológica en curso. La transformación digital sustentable está modificando todas las economías y sociedades de maneras muy diferentes y contextuales, en función del nivel de desarrollo de los países.

En un contexto de mitigación de la crisis climática, en la última década se ha observado una reducción continua de los costos de tecnologías bajas en emisiones, fenómeno potenciado por políticas de innovación y adopción de paquetes tecnológicos climáticos a nivel global. El aprovechamiento de las tecnologías digitales está avanzando hacia probar su aplicación para contribuir a la descarbonización y a alcanzar las metas cero netas. Esto se debe a su capacidad para aumentar la eficiencia energética (como para pronosticar tendencias de demanda y optimizar la oferta), potenciar el avance de las tecnologías limpias, la generación de nuevos materiales bajos en carbono, reducir el desperdicio de alimentos y optimizar la producción agrícola, entre otros [Caja 10 y Caja 11].

Caja 10. Importancia de la innovación digital en el sector alimentario

De acuerdo con un grupo de personas expertas del Banco Mundial (2020), las economías en desarrollo deben aumentar drásticamente la innovación en el sector primario (particularmente el agrícola). Esto se puede llevar a cabo mediante la adopción de tecnologías para reducir la pobreza, satisfacer la demanda futura de alimentos y hacer frente a los efectos adversos del calentamiento global.

Caja 11. Ejemplos del potencial que tiene el uso de las tecnologías digitales para la adaptación al cambio climático

Sistemas de alerta temprana basados en big data, IA y tecnologías satelitales para adaptación y resiliencia ante eventos climáticos extremos:

El número de catástrofes se ha quintuplicado en un periodo de 50 años, impulsado por el cambio climático. Sin embargo, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial, el número de muertes relacionadas con las catástrofes ha disminuido en dos tercios. Una de las razones es el aumento de los sistemas de vigilancia y alerta que permiten las tecnologías.

El uso de las tecnologías digitales se puede beneficiar de los servicios que los satélites pueden prestar para la

gestión del riesgo de catástrofes y la respuesta de emergencia. Algunos ejemplos son la predicción meteorológica, la teledetección, el geoposicionamiento, la navegación, la televisión y las telecomunicaciones.

De acuerdo con un estudio realizado por Inmarsat (2022), las tecnologías digitales habilitadas por satélites eliminan 1,500,000.000 toneladas (1.5 gigatoneladas) de dióxido de carbono al año en los sectores agrícola, de energía y transporte, que en conjunto, representan el 60% de todas las emisiones mundiales de carbono.

Caso de uso: *Sipremo* es una solución impulsada por IA, desarrollada en Brasil y EUA, para modelar dónde, cuándo y qué tipos de fenómenos climáticos se producirán, permitiendo la toma de decisiones inteligentes para hacer frente al cambio climático en empresas y gobiernos.

Monitoreo en tiempo real de ecosistemas de manglar con IoT y TICs:

La deforestación de grandes extensiones de manglares en zonas costeras alrededor del mundo ha provocado la erosión de las playas y las riberas de los ríos. Esto ha acelerado la falta de protección natural frente a catástrofes naturales como inundaciones, tsunamis, tormentas y huracanes. El uso de tecnologías digitales alimentadas por datos de IoT y percepción remota (tecnologías satelitales) puede ofrecer a la comunidad local herramientas para conocer el estado actual de los ecosistemas en tiempo real.

Caso de uso: *Connected mangroves* (manglares conectados en español), implementado en Malasia, es un proyecto de siembra de árboles de manglar equipados con sensores que pueden monitorear en tiempo real información sobre las condiciones del sustrato y el clima. Los datos se recopilan y se envían directamente a un sistema en la nube al que pueden acceder personas agricultoras, investigadoras, ONG y autoridades.

La transformación digital en México

De acuerdo con la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH, 2021), se estima que 72.8 millones de personas en áreas urbanas y 15.8 millones personas en áreas rurales son usuarias de Internet. En México, una distinción importante en temas de conectividad y potencial para digitalización, es que mientras el 18.4% de personas en zonas urbanas no utilizan internet, en las zonas rurales la cifra asciende al 43.5%. En cuanto a acceso a servicios de comunicación, se estima que en el país hay 5.4 millones de habitantes sin cobertura de Internet (SICT, 2023), centrándose en los estados con más limitación de recursos²⁰. Además, alrededor de 2.0 millones de personas viven en lugares donde no hay cobertura de banda ancha móvil en zonas que se consideran de atención prioritaria (SICT, 2023).

²⁰ Los estados con menos recursos del país son los que tienen el menor número de personas usuarias de internet (IFT, 2019), acrecentando la brecha digital interna del país.



“México es un país polarizado en donde aún hay mucha gente sin acceso a internet. En zonas agrícolas la conectividad es un reto que nos impide trabajar con datos en tiempo real.”

— Marissa Cuevas
Fundadora, MicroTERRA

Abordar esta desigualdad es una prioridad para avanzar en soluciones climáticas, ya que uno de los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas es reducir la brecha digital²¹ para garantizar un acceso equitativo a la información y el conocimiento ya que la tecnología digital puede ser una herramienta clave para acceder a información oportuna para la prevención de riesgos asociados a la crisis climática, fortaleciendo acciones de adaptación.

En relación al sector privado mexicano, un estudio de CEPAL (2021b) encontró que, si bien las pequeñas y medianas empresas mexicanas cuentan en general con acceso a internet, “el uso que hacen del mismo parece ser de baja sofisticación”. Es decir, que a medida que el análisis se enfoca en tecnologías y en niveles de uso más avanzado, los indicadores de uso se reducen considerablemente (Gráfico 1), especialmente si se toma en cuenta que en el ecosistema mexicano de las pequeñas y medianas empresas la adopción de nuevas tecnologías se aceleró a partir de la pandemia²².

De acuerdo con el Índice Mundial de Innovación 2022²³, México es la tercera economía de innovación en América Latina y El Caribe (en cuanto a desarrollo y adopción de tecnologías); sin embargo, a nivel global, se posiciona en el lugar 58 de 132 países mapeados.

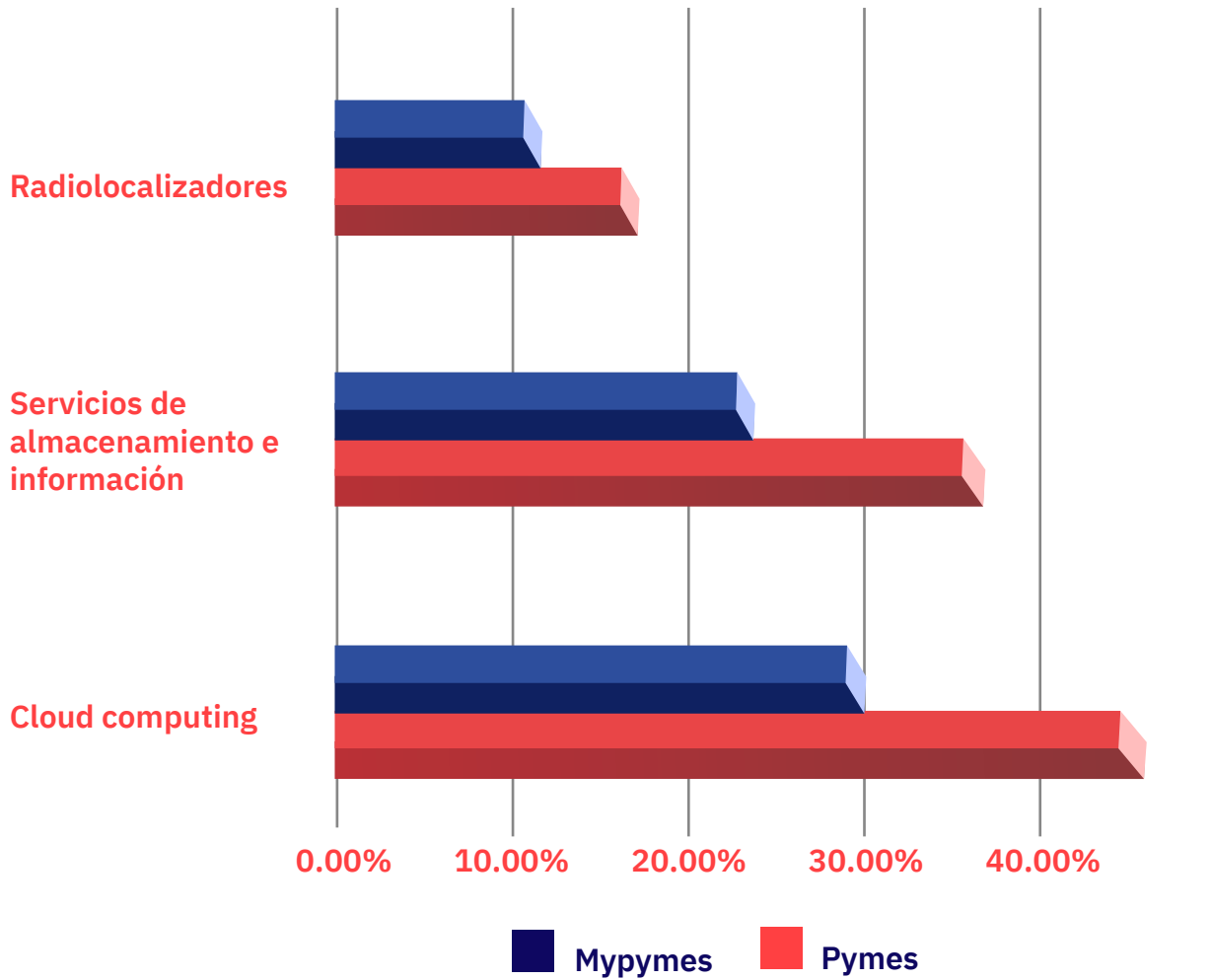
21 La brecha digital (definida como “la diferencia entre individuos, hogares, empresas y áreas geográficas de diferentes niveles socioeconómicos en cuanto a sus oportunidades de acceso y uso de las TICs para una amplia variedad de actividades, según la OCDE (2020), se ha hecho más evidente en México en los últimos años con la llegada de la pandemia del COVID-19.

22 70% de las PyMES en México adoptaron nuevas tecnologías a partir de la pandemia de COVID-19

23 El Índice Mundial de Innovación 2022 sigue las tendencias de la innovación mundial en el contexto de una pandemia, una ralentización del crecimiento de la productividad y otros retos cambiantes. crecimiento de la productividad y otros retos cambiantes.



Gráfico 1. Usos avanzados de internet en microempresas y pymes en porcentajes



Adaptado de: Transformación digital de las mipymes. Elementos para el diseño de políticas. (CEPAL, 2021b)

Según un estudio de la OCDE (2019b), el 39% de la población adulta mexicana carece de habilidades digitales básicas o tiene una experiencia insuficiente. Además, hay “un bajo nivel de competencia en aprendizaje del lenguaje digital, matemáticas y resolución de problemas en entornos ricos en tecnología en comparación con otros países”. Mejorar los sistemas educativos en general y las competencias digitales en México podría impulsar la adopción de las herramientas digitales avanzadas para el beneficio de la sociedad²⁴.

Asimismo, de acuerdo con el reporte sobre Brecha Digital por Centro México Digital (2022a), los hombres cuentan con más competencias digitales que las mujeres, desde las más básicas (mandar un correo electrónico), hasta las más complejas (programar en lenguaje especializado). Estas brechas son más pronunciadas en mujeres de 36 años en adelante.

24 De acuerdo con la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa), la falta de conocimiento sobre el uso de las tecnologías más apropiadas y la ausencia de capacitación son los principales problemas en relación con el acceso a las tecnologías, especialmente para pequeñas empresas y personas productoras. Para mitigar esta brecha, Embrapa lanzó en el año 2011 una plataforma abierta llamada “The Agricultural Technological Information Service (Infoteca-e)” que colecta y provee acceso

abierto a materiales como libros, programas de radio o televisión con lenguaje apropiado para personas que trabajan en producción agrícola, con el fin de mitigar la brecha de conocimiento de tecnologías y fortalecer el acceso justo a estos recursos.

<https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/45/agricultural-technological-information-service---infoteca-e>

“En México existen muchas brechas en el mundo digital, pero una de las principales es la de género. Por ello, es importante medir estas desigualdades y trabajar por que todas las estadísticas se desagreguen por género, para que los datos nos indiquen en dónde están estas brechas.”

— **Salma Jalife**
Fundadora, Centro México Digital

Lo anterior también se refleja en otros sectores debido a que la innovación digital en el sector gubernamental en México muestra un rezago de los países de América Latina. De acuerdo con un reporte elaborado por C Minds, la GIZ y la Secretaría de Relaciones Exteriores (2022), la inclusión de herramientas tecnológicas digitales en diferentes niveles de gobierno, presenta la oportunidad de acelerar procesos de implementación de política pública, con enfoques de sustentabilidad e inclusión social. Sin embargo, México se encuentra en el séptimo puesto regional en la preparación institucional para aprovechar e implementar sistemas de IA en la prestación de servicios públicos (Oxford Insights, 2022). A pesar de tener un buen desempeño en el sector de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), aún hay oportunidad para mejorar la visión, gobernanza y ética en el uso de la IA a través de una estrategia nacional y principios éticos claros²⁵.

25 Las redes 5G son otro tipo de tecnologías relevantes para la transformación digital sustentable en el país. Actualmente en México existen dos empresas tecnológicas, con penetración en 40 ciudades, liderando la expansión de la red 5G en el país (Forbes, 2022).

“La tecnología es un gran aliado que permite aumentar el conocimiento y brindar soluciones efectivas en beneficio de las áreas de conservación y comunidades locales.”

— **Sayda Rodríguez Gómez**
Titular, Secretaría de Desarrollo Sustentable
de Yucatán

Caja 12. ¿Qué factores podrían ser habilitadores del fortalecimiento de la transformación digital en México?

Conectividad

Fomentar la creación de redes y sistemas que permitan la transferencia de tecnologías, información y recursos para reducir las emisiones de GEI y promover la adopción de prácticas sustentables en todo el mundo²⁶

Habilidades digitales inclusivas

Muchas pequeñas empresas, especialmente en zonas rurales, tienen que hacer frente a los efectos del calentamiento global. El uso de tecnologías y competencias digitales pueden apoyar las actividades de monitoreo del clima y del sustrato.

Interoperabilidad de datos abiertos

La interoperabilidad de datos es la capacidad de sistemas diferentes para compartir y utilizar datos de manera efectiva y sin problemas técnicos. Su aplicación entre distintas instituciones puede ser una herramienta muy útil para que todos los sectores comprendan las tendencias climáticas y los riesgos²⁷.

26 La Unión Europea (UE) calcula que para cumplir sus objetivos de reducir al menos el 40% de emisiones entre 2017 y 2030, se requerirá directamente la disponibilidad de redes de comunicaciones y conectividad para análisis inteligente de datos, optimización de consumo energético, entre otros (Ericsson, 2021).

27 La Carta Internacional de Datos Abiertos publicó en el año 2020 la Guía de Apertura: la utilización de datos abiertos para favorecer la acción climática, cuya imple-

Marcos jurídicos armonizados

Cuanto más rápida sea la transformación digital con equidad en todos los sectores, más rápido se alcanzarán los objetivos climáticos y de sostenibilidad de cada país, lo que depende en gran medida de la sinergia entre políticas digitales y climáticas²⁸.

mentación debe ser parte de la política nacional de datos abiertos. Guía de Apertura: la utilización de datos abiertos para favorecer la acción climática:

<https://drive.google.com/file/d/1Dy4x-NOOyiPCe65UqH1JfzD4siZA04wQk/view>

28 Se estima que el uso de tecnologías digitales podría ayudar a países como Alemania a alcanzar la mitad de sus metas climáticas para 2030 (Bitkom & Accenture, 2020).

Digitalización de servicios de gobierno

La digitalización de servicios de gobierno²⁹, reduce tiempos de traslados de millones de personas que todos los días acuden a oficinas gubernamentales para acceder a servicios, y con ello el número de emisiones asociadas a dichos traslados.

29 El uso de componentes de software en código abierto basados en especificaciones tecnológicamente neutrales como las desarrolladas en la iniciativa global GovStack, habilitan mecanismos comunes a todos los servicios de gobierno, como la autenticación de usuarios, la gestión de registros digitales, los pagos, el intercambio de información en otros requieren inversión para implementarse una vez y reutilizarse las veces que sea necesario acelerando la digitalización de servicios públicos (Martínez, 2022).

Para abordar los retos que el país enfrenta y poder adoptar una transformación digital sustentable y con equidad, se destacan siete habilitadores que pueden fortalecer esta transición de forma justa: i) conectividad; ii) habilidades digitales inclusivas; iii) interoperabilidad de datos abiertos; iv) marcos jurídicos armonizados; v) digitalización de servicios de gobierno; vi) canasta básica digital y vii) protocolo de respuesta digital a emergencias [Caja 12].

Canasta básica digital

Incorporar elementos como el desarrollo de habilidades digitales, el pago de servicios básicos de internet, y esquemas de acceso a dispositivos como parte de los programas de apoyo a los sectores más vulnerables de la población pueden formar parte de una canasta básica digital que promueva un acceso y uso significativo con equidad³⁰.

Protocolo de respuesta digital a emergencias

La tecnología digital ayuda en emergencias naturales, permitiendo alertas tempranas, acceso a bases de datos, y campañas de información³¹.

Compras públicas de TIC Sustentables

La Contratación Pública Verde es un proceso en el que el gobierno compra bienes y servicios con un impacto ambiental reducido. Las compras gubernamentales tienen un impacto significativo en la economía y permiten estimular la oferta de bienes y servicios sostenibles.

30 Una de las principales brechas de acceso y uso significativo en México está asociada a la falta de habilidades digitales de la población (41.6%), el costo de los servicios (25.6%), la falta de interés (16%), y la falta de dispositivo (11.1%) (Cluster Industrial, 2022).

31 En el terremoto de 2017 en CDMX, la sociedad civil, el sector privado y el gobierno colaboraron para crear Protocolo Digital de Emergencias. La continua actualización del protocolo es clave para su replicación en gobiernos locales con especial énfasis en zonas de mayor vulnerabilidad climática (Gobierno de México, 2018).



“Los servicios digitales diseñados con base en las necesidades democratizan el acceso a servicios gubernamentales que están disponibles 24/7 desde cualquier lugar y dispositivo con acceso a Internet. La aplicación del Estándar de Servicios Digitales Publicado en el Diario Oficial de México en el año 2016 (Gobierno de México, 2016) al 100% de los servicios de gobierno permitiría reducir 95% de los costos asociados a la prestación de servicios de forma presencial.”

— Yolanda Martínez
Iniciativa GovStack, Unión
Internacional de Telecomunicaciones

Marcos jurídicos ambientales:

Existe una oportunidad para incluir líneas de acción para lograr una transición dual en las siguientes leyes mexicanas que abordan la temática de cambio climático. Actualmente no se menciona ni se hace referencia específica al uso de las tecnologías digitales en estos documentos: documentos:

a) Ley General de Cambio Climático: esta ley mandata los instrumentos y directrices generales de la política de cambio climático en México. Uno de sus principales objetivos es “Fomentar la investigación científica y desarrollo de tecnologías en la materia” (Artículo 2 fracción V) (Gobierno de México, 2022d).

b) Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable: tiene como objetivo fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas con vocación forestal del país y sus recursos.

c) Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente: busca regular la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

d) Ley de Transición Energética: tiene como objetivo regular el aprovechamiento sustentable de la energía así como las obligaciones en materia de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la industria eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

e) Hoja de ruta para la economía circular (en proceso de diseño).

Entre otras.

Es fundamental que México armonice los marcos jurídicos actuales que regulan los aspectos ambientales y los que regulan el desarrollo tecnológico para abordar integralmente los aspectos que requiere una transformación digital sustentable e impulsar la transición dual en el país [Caja 13]. Las políticas públicas destinadas a este fin tienen el poder de aprovechar el impulso de la transformación digital a través del aprovechamiento de tecnologías digitales emergentes y TICs, para caminar hacia un futuro sustentable y disminuir el 20% de las emisiones globales (BID, 2018b). De acuerdo con BCG (2021)³², tan solo el uso de sistemas de IA podría apoyar la reducción del 5% al 10% de las 418 millones de toneladas de emisiones de México.

Marcos jurídicos de desarrollo tecnológico:

- Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de Particulares (LFPDPPP).
- Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados (LGPDPPSO).
- Dentro de la constitución: artículos 6, fracciones I y II, y artículos 16 y el 73.
- [Ley de Propiedad Industrial](#)
- [Ley de Seguridad Nacional](#)
- [Ley de Comercio Electrónico](#)
- También existen regulaciones y directrices emitidas por organismos como el [Instituto Federal de Acceso a la Información y Protección de Datos \(IFAI\)](#) y el [Instituto Federal de Telecomunicaciones \(IFT\)](#)

Entre otros.

32 Estos porcentajes son obtenidos con base en la experiencia de BCG con sus clientes.

A pesar de que México no cuenta con un marco jurídico que favorezca una transición dual, el país ha incluido dentro de sus acciones de gobierno la creación de una Estrategia Digital Nacional que prioriza el uso de las TICs para la reducción de brechas existentes en materia de accesibilidad y conectividad (DOF, 2021) y como catalizadores de bienestar social. En cuanto a la disponibilidad de datos abiertos, el país cuenta con una Plataforma de Datos Abiertos³³ que agrega 40,727 datos de 280 instituciones, de los cuales, 754 corresponden a Energía y Medio Ambiente. Para fortalecer este tipo de iniciativas y el acceso a la información oportuna y relevante sobre el estado de los sectores de energía, ambiente y digitalización en el país, es importante la participación y comunicación sistemática entre los distintos niveles de gobierno, desde el municipal y estatal³⁴ **[Caja 14]** hasta el federal, y los demás sectores de la cuádruple hélice (social, académico y privado) para fortalecer el intercambio y compartición de datos entre instituciones para un objetivo en común.

En el ámbito de colaboración internacional, México es parte de diversas iniciativas en donde se buscan alinear agendas y acciones gubernamentales con temas de digitalización para otorgar un enfoque integral y sistemático en la implementación de tecnologías digitales para el beneficio social, por ejemplo:

- México, junto con Uruguay, son los únicos países latinoamericanos que forman parte de la red Digital 9 (AGESIC, 2019), una red intergubernamental que agrupa a nueve países para discutir avances de prácticas digitales en servicios gubernamentales en beneficio de la ciudadanía.
- México participa de la agenda de trabajo de países miembros de la OCDE en gobierno digital y datos abiertos, y en el 2017 lideró el grupo temático de servicios digitales desarrollando una serie de publicaciones asociadas a principios de diseño de servicio.

Caja 14. ¿Cómo pueden los gobiernos estatales, en colaboración con gobiernos municipales, abordar las brechas digitales?

Caso de estudio: Red Jalisco - Red Estatal Digital

En el estado de Jalisco, se busca contribuir a la disminución de la brecha digital que existe actualmente en el estado acercando la conectividad a las personas.

El proyecto Red Jalisco tiene el objetivo de empujar el desarrollo económico de las telecomunicaciones a través del desarrollo de infraestructura propia para ofrecer un servicio de conectividad de alta velocidad en todos los municipios de Jalisco. En alianza con el sector privado, el proyecto actualmente cuenta con 13,500 sitios conectados que equivale a todos los municipios del estado y tiene beneficios importantes en el sector salud, educación, gubernamental, transporte, seguridad e innovación.

33 <https://datos.gob.mx/>

34 Los gobiernos estatales y municipales juegan un papel fundamental en el desarrollo de soluciones basadas en tecnologías digitales que se adapten a necesidades puntuales de la ciudadanía bajo un contexto local.

4. Tecnologías digitales emergentes

Una tecnología emergente o tecnología de frontera es aquella que “remodela la industria y las comunicaciones y proporciona soluciones urgentemente necesarias para los desafíos globales como el cambio climático y tiene el potencial de desplazar los procesos existentes” (OCDE, 2019). De acuerdo con Rotolo, et al. (2022), las características que diferencian a las tecnologías de frontera de otras tecnologías son:

- 1. Novedad radical.** Puede aparecer tanto en el método como en la función de la tecnología.
- 2. Crecimiento relativamente rápido.** El crecimiento puede observarse en varias dimensiones, como el número de partes implicadas, financiamiento, productos, servicios, entre otros.
- 3. Coherencia.** Comunidad (usuaria/practicantes/adoptantes) y convergencia entre sectores.
- 4. Impacto prominente.** Impactos en diversos sectores sociales y económicos y potencial de proporcionar soluciones a necesidades.
- 5. Incertidumbre y ambigüedad.** Tecnología aún en desarrollo y madurez (impactos esperados en el futuro y ambiguos).

Las aplicaciones de las tecnologías digitales emergentes para acciones de mitigación son crecientes. De acuerdo con Accenture y el Foro Económico Mundial (2022), las tecnologías digitales podrían reducir el 20% de las emisiones en 2050, si su uso se extiende a los sectores de energía, materiales y transporte. En la actualidad, estas industrias ya pueden reducir las emisiones entre un 4% y un 10% adoptando rápidamente tecnologías digitales.

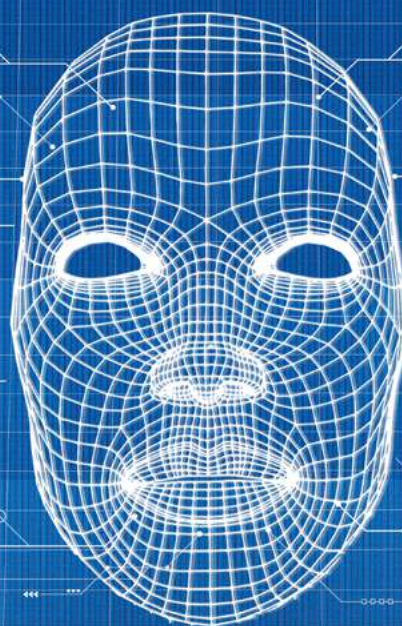
De acuerdo con el Foro Económico Mundial (2022) el uso de tecnologías digitales emergentes en el sector energético puede aportar hasta un 8% de reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) de aquí a 2050³⁵, mientras que en el sector transporte, el uso de tecnologías digitales emergentes podría reducir hasta un 5% las emisiones de gases de efecto invernadero para 2050³⁶.

35 Esta potencial reducción surgiría, por ejemplo, a partir de la optimizar la eficiencia energética en ciudades, edificios y en procesos industriales intensivos en carbono, a partir de la integración de sistemas de IA, IoT y cómputo en la nube.

36 A partir del aprovechamiento de sistemas basados en IoT para recopilar datos en tiempo real para la toma de decisiones del sistema.

En las siguientes páginas se describen algunas de las tecnologías digitales emergentes principales que han probado tener aplicaciones directas para la acción climática en sectores relevantes para las NDC de México. Estas son:

- Macrodatos (big data)
- Inteligencia Artificial (IA)
- Blockchain
- Internet de las Cosas (IoT) y Robótica
- Otras tecnologías de frontera como Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (RA); Metaverso; y Gemelos Digitales



4.1 Macrodatos (comunmente conocidos como Big Data)

¿Qué son?

Características³⁸

Los macrodatos (big data en inglés) hacen referencia a datos que comprenden tres características principales: 1) contienen variedad, 2) se presentan en volúmenes crecientes y 3) son accesados a una velocidad superior (AWS, s.f.). A esto se le conoce como “las tres V”. Son un conjunto de herramientas relacionadas con la recolección, almacenamiento, organización, procesamiento y análisis de grandes conjuntos de datos³⁷.

La variedad, velocidad, volumen, veracidad y valor son características importantes de los macrodatos. La variedad se refiere a la estructura de los datos, la velocidad a la rapidez de recopilación, el volumen a la cantidad de información, la veracidad a la realidad de los datos y el valor a su relevancia. Los macrodatos permiten procesar grandes volúmenes de datos semiestructurados, pero es importante considerar la veracidad y el valor de los datos para una toma de decisiones efectiva. Las herramientas de macrodatos incluyen la recolección, almacenamiento, organización, procesamiento y análisis de grandes conjuntos de datos³⁹.

37 Es importante mencionar que una cantidad grande de datos no es lo mismo a big data, ya que el nombre no hace referencia solamente al tamaño de la información, sino a otras características que complejizan al dato mismo. Adicionalmente, se reserva para volúmenes de datos que son prácticamente imposibles de procesar con software de manejo de datos convencional, debido a la dificultad de su gestión. Su valor radica justamente, en que permiten abordar problemas con un alcance y complejidad que era imposible atender en el pasado.

38 Más información disponible en: SAS. Big data, ¿Qué es y por qué es importante? https://www.sas.com/es_es/insights/big-data/what-is-big-data.html

39 Es importante mencionar que una cantidad grande de datos no es lo mismo a big data, ya que el nombre no hace referencia solamente al tamaño de la información, sino a otras características que complejizan al dato mismo. Adicionalmente, se reserva para volúmenes de datos que son prácticamente imposibles de procesar con software de manejo de datos convencional, debido a la dificultad de su gestión. Su valor radica justamente, en que permiten abordar problemas con un alcance y complejidad que era imposible atender en el pasado.



Utilidad

Permiten responder a preguntas complejas con mayor fiabilidad en los datos y mejoran la toma de decisiones basada en evidencia. De esta manera, algunas aplicaciones importantes de big data para la adaptación climática radica en la capacidad para realizar modelados y el monitoreo de fenómenos extremos del cambio climático para fortalecer la toma de decisiones y reducción de desastres (Oracle y IE Foundation, 2014); para la mitigación y reducción de emisiones, en el sector del transporte, los macrodatos pueden utilizarse para optimizar las rutas y los horarios de los vehículos, para recorrer menos kilómetros y reducir el consumo de combustible y las emisiones.

Ejemplos del potencial de reducción de emisiones:

- El Laboratorio Nacional de Energías Renovables del Departamento de Energía de Estados Unidos, desarrolló una plataforma de big data capaz de predecir fallos en los equipos de los aerogeneradores. Esto tiene el potencial de aumentar la disponibilidad y la eficiencia de la energía eólica (2017).
- Un caso de estudio en los Países Bajos concluyó que el uso de big data para optimizar el funcionamiento de los parques eólicos permitió aumentar la generación de energía renovable hasta un 20% (R. van den Hoed, et al. 2017).

Tendencia global:

Tendencia global: Se prevé que el mercado mundial de análisis de macrodatos crezca de 271 millones de dólares en 2022 a 655 millones de dólares en 2029 (Fortune Business Insights, 2022).

Ejemplos del estado en México:

Ejemplos del estado en México: La inversión en big data y analítica de datos alrededor del mundo alcanzó el año pasado los 215.7 mil millones de USD. Se prevé un crecimiento aproximado del 19% del mercado de big data en México para el 2025 (IDC, 2022).

¿Qué es?

Si bien no hay una sola definición de IA, la OCDE (2019) la describe como: “Una máquina que puede, con base en una serie de objetivos definidos por humanos, hacer predicciones, recomendaciones o tomar decisiones que tienen una influencia en ecosistemas virtuales o reales. Están diseñados para operar con diferentes niveles de autonomía”.

Características⁴⁰ (Deloitte, 2018):

- Capacidad de procesar cantidades masivas de datos estructurados y no estructurados que pueden cambiar constantemente.
- Capacidad de razonamiento (deductivo o inductivo) y de realizar inferencias en función de la situación.
- Capacidad de aprendizaje automático basado en patrones históricos, aportaciones de expertos y circuito de retroalimentación.
- Capacidad de analizar y resolver problemas complejos en cuestiones tanto específicas como generales.
- Capacidad para tomar decisiones y realizar tareas sin intervención humana.

Utilidad:

En el caso del uso de sistemas de IA para potenciar soluciones climáticas, estos pueden ser aprovechados para generar una mayor aproximación sobre los impactos del cambio climático en diversas ubicaciones geográficas mediante la modelación y el uso de grandes volúmenes de datos. Es decir, se pueden utilizar algoritmos para interpretar los datos climáticos y aproximar futuros fenómenos meteorológicos como sequías, inundaciones, incendios, y los posibles impactos socioeconómicos que estos eventos pueden traer. También puede analizar el origen y el volumen de las emisiones de GEI y utilizarse para crear modelos sobre el impacto en la atmósfera, entre muchas otras aplicaciones valiosas.

40 Tanto la definición como las características que definen a la IA han sido debatidas a lo largo de los años, porque es una tecnología que continúa en evolución. Sin embargo, ahora se puede acordar en las capacidades que la definen.



Ejemplos del potencial de reducción de emisiones:

- De acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía (AIE) calculan que, utilizando tecnologías digitales como la IA, podríamos mejorar la eficiencia del de una cuarta parte del consumo mundial de electricidad en 2040 (2021).
- Un estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) señala que el uso de sistemas de IA en agricultura de precisión puede efficientizar el uso de fertilizantes y pesticidas, evitando su uso indiscriminado y reduciendo las emisiones asociadas (Ceccarelli, et al. 2022)

Tendencia global:

Los sistemas de IA son una tecnología en crecimiento con un aumento en su adopción en diversos sectores de la industria. Su impacto es tal, que según un informe de PwC de 2019, la IA podría añadir hasta 15.7 billones de dólares a la economía mundial para 2030⁴¹.

Ejemplos del estado en México:

De acuerdo con Oxford Insights (2022) México se sitúa en el lugar 62 de 181 países en adopción de sistemas de IA para la prestación de servicios públicos y en el lugar 7 de América Latina y el Caribe.

⁴¹ Es importante señalar que estas proyecciones se basan en estimaciones e hipótesis, y que los resultados reales pueden variar. Además, el impacto de la IA en la economía dependerá de diversos factores, como el ritmo de adopción, la disponibilidad de datos y la capacidad de desarrollar e implantar tecnologías relacionadas con la IA.

¿Qué es?

Una cadena de bloques (blockchain en inglés) en términos generales es un registro digital descentralizado e inmutable (BID, 2018a). Es descentralizada porque cada participante puede tener un nodo, que es un dispositivo (normalmente un ordenador) que tiene una copia completa de todo el historial de registros. Los participantes también pueden utilizar sus nodos o aplicaciones conectadas a los nodos para interactuar con la red directamente.

Las redes blockchain pueden utilizarse para crear criptoactivos⁴², registrar datos y automatizar procesos mediante contratos inteligentes, entre otras cosas. A finales del año 2022, ya existían miles de redes blockchain que se basan en diferentes protocolos que determinan el rendimiento, las reglas y mecanismos para empaquetar las transacciones en bloques a través de un proceso denominado protocolo de consenso.

Características

El consenso distribuido, el anonimato y la trazabilidad son características importantes de la tecnología blockchain. Tiene el potencial de permitir que cada una de las transacciones en línea, pasadas y presentes, que involucran activos digitales pueden ser verificadas y rastreadas en cualquier momento en el futuro. No se compromete la privacidad de los activos digitales o de las partes involucradas y se evita que bloques con información no veraz sean añadidos a la cadena de bloques, garantizando la confianza en la información.

Utilidad:

Estas capacidades le confieren a la tecnología *blockchain* **características que permiten aprovecharla para la acción climática**, por ejemplo:

- Garantizar transparencia, seguimiento, seguridad y descentralización de mercados de bonos de carbono, biodiversidad, entre otros.
- Fortalecer los mecanismos de financiamiento descentralizado para acciones climáticas y soluciones basadas en naturaleza.
- Registrar las transacciones de emisiones de diversos sectores.

42 Activo digital que emplea un cifrado criptográfico para garantizar su titularidad y asegurar la integridad de las transacciones, y controlar la creación de unidades adicionales. <https://economipedia.com/definiciones/criptoactivo.html>



Ejemplos del potencial de reducción de emisiones:

- *Powerledger*, una plataforma basada en blockchain para el comercio de energía P2P, ha realizado un registro de las transacciones de energía solar entre 18 hogares de Fremantle y ha procesado casi 50,000 transacciones al mes en su plataforma. La plataforma ha dado a los residentes la posibilidad de comerciar con la energía solar generada en sus techos con vecinos que no tienen energía solar, desbloqueando el potencial para que los clientes tengan más opciones sobre cómo gestionar su uso de la energía y acceder a energía local y baja en carbono⁴³.

Tendencia global:

Se espera que el mercado mundial de blockchain se expanda de 3,000 millones de dólares en 2020, a aproximadamente 40,000 millones de dólares en 2025 (BID, 2018a).

Ejemplos del estado en México:

México tiene los mayores porcentajes de empresas basadas en blockchain en América Latina (Hootsuite, 2019). Asimismo, personas expertas del sector energético en México consideran que es la tecnología de mayor relevancia para ayudar al sector energético a superar sus retos (GIZ, 2020).

⁴³ <https://www.powerledger.io/media/power-ledgers-peer-to-peer-energy-trading-trial-in-fremantle-extended>

4.4 Internet de las Cosas (IoT)

¿Qué es?

De acuerdo con la AWS (s.f.), el internet de las cosas (abreviado IoT por su nombre en inglés) se refiere a los dispositivos electrónicos que pueden conectarse a la nube o a redes inalámbricas con el fin de la automatización o la captura y transmisión de datos en tiempo real para una mejor toma de decisiones. Al pensar en IoT, lo más simple es hacer referencia a todas las cosas que tenemos en casa que podemos controlar desde nuestros asistentes digitales, desde la luz de la sala, hasta el refrigerador en la cocina. Sin embargo, sus aplicaciones están dispersas en casi todas las industrias y son una realidad de la 4RI.

Características:

Los dispositivos IoT son parte de un sistema que debe tener los siguientes tres componentes:

1. El dispositivo inteligente, que se refiere al dispositivo electrónico que recopila los datos y los comunica a través de internet.
2. La aplicación, que son un conjunto de servicios y software que integra los datos recibidos, y que utiliza tecnología de manejo y análisis de datos para tomar decisiones.
3. La interfaz de usuario gráfica, o la plataforma de interacción que permite la administración de los dispositivos.

Utilidad:

En particular, los sensores con IoT (y con machine learning y robótica en muchas ocasiones) pueden aportar muchas ventajas en la realización de tareas repetitivas y en la respuesta y trabajo en zonas afectadas por catástrofes donde es inaccesible, riesgoso y costoso que una persona trabaje adecuadamente. Asimismo, algunos de los usos principales del IoT los podemos encontrar en la industria de los automóviles, en los hogares, edificios y ciudades inteligentes, que usan sensores para la toma de decisiones y automatización. Mientras que en la industria podemos encontrarlo en la fabricación, en logística y transporte, en el marketing e incluso en la venta minorista.



Ejemplos de la intersección de IoT (con machine learning y robótica en muchas ocasiones) y acción climática:

- » Los drones autónomos de patrullaje de seguridad, o de mapeo de territorios predeterminados para fines agropecuarios.
- » El uso de robots para el suministro inteligente de órdenes en las instalaciones de paquetería es auxiliar en la reducción de emisiones.
- » Los coches autónomos son una de las culminaciones más populares de ambos campos, donde el robot es el auto que aprovecha los sensores que toman decisiones en tiempo real para conducir de forma segura y eficiente.
- » Despliegue de medidores inteligentes basados en big data y IoT para monitorear sistemas que permiten el funcionamiento inteligente de edificios y ciudades (monitoreo del suministro de agua y energía, entre otras)
- » Uso de sensores para acelerar agricultura de precisión y un mejor aprovechamiento de recursos para optimizar la producción generando menor desperdicio.

Ejemplos del potencial de reducción de emisiones:

- Los sistemas de gestión de la energía de los edificios basados en IoT podrían reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hasta en un 20% (Accenture, 2021).
- De acuerdo con un informe publicado por Ericsson, el uso de TICs y IoT tienen el potencial de reducir las emisiones hasta en 63.5 gigatoneladas para el año 2030 (Malmodin, 2015)

Ejemplos del potencial de reducción de emisiones:

Se estima que para 2030 las tecnologías basadas en IoT podrían generar entre \$5.5 billones y \$12.6 billones de dólares de valor en todo el mundo (McKinsey & Company, 2021).

Ejemplos del estado en México:

En México, alrededor del 30% de las compañías mexicanas comprenden el valor que aporta el IoT. Sin embargo, en un país de 126 millones de personas, el volumen de objetos conectados (considerados como IoT) equivale a poco más de 8 millones (Deloitte, 2022).

4.5 Otras tecnologías de frontera

En esta sección nos enfocaremos en tecnologías digitales que permiten trasladar el mundo real al mundo digital con aplicaciones desde visualización y análisis de datos hasta una completa inmersión en entornos digitales, en particular: la realidad virtual (RV), la realidad aumentada (RA), los gemelos digitales y el metaverso⁴⁴. En su desarrollo se integran otras tecnologías digitales, como big data, IA, blockchain e IoT.

.A continuación, se presenta más información sobre estas tecnologías:

4.5.1 Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (RA)

La Realidad Aumentada (RA) es una tecnología que utiliza dispositivos digitales para modificar la percepción de la realidad visual para el usuario. Por otro lado, la Realidad Virtual (RV) es más inmersiva y se apoya en tecnologías complementarias para ofrecer una experiencia virtual completa al usuario. Los ejemplos incluyen filtros en redes sociales para modificar imágenes captadas y visores de RV para videojuegos o visitas remotas a museos, ciudades o ecosistemas virtuales a través del tiempo [ver ejemplos en Caja 15].

De acuerdo con Meta (2022), México y Brasil son los países que más aplicaciones de RA generan en el mundo y con más desarrolladores que tienen Spark AR⁴⁵.

Caja 15. Ejemplos de aplicación de RV y RA para la concientización ambiental

Realidad aumentada:

- Exhibición interactiva sobre cambio climático del Museo Arcadia Earth (Estados Unidos / Arabia Saudita)

Realidad virtual:

- Viaje virtual a través de tres bosques emblemáticos del PNUMA (Asia y América del Sur)

En México, la Comisión Nacional de Biodiversidad (CONABIO) fue galardonada con el premio Latin America Geospatial World Excellence Award por su herramienta "México virtual - Arrecife".

44 Los conceptos de realidad aumentada y realidad virtual son mucho más antiguos que el de gemelo digital, sin embargo, la idea de aumento es bastante limitada, pues únicamente implican incorporar el mundo virtual a la realidad y experiencias inmersivas. Un gemelo digital se basa totalmente en una simulación virtual que recoge datos del mundo real y se ajusta a sí misma en función de los cambios.

45 Spark AR permite a tu empresa crear y compartir experiencias de realidad aumentada que llegan a las miles de millones de personas que utilizan Facebook, Messenger e Instagram. Es posible crear experiencias de realidad aumentada intuitivas y personalizables con este software de creación insignia y la orientación de expertos en cada paso del camino.



4.5.2 Gemelos digitales

Los gemelos digitales⁴⁶, son una representación virtual de un activo físico, una persona o un proceso, que combinan datos recogidos de múltiples fuentes con una capa de información sobre su comportamiento. Son capaces de simular escenarios para entender mejor las dinámicas de los espacios reales y el impacto de posibles cambios, y se pueden utilizar para mejorar la conservación ambiental y los modelos productivos. Un proyecto innovador busca desarrollar un gemelo digital a escala planetaria para modelar los impactos del cambio climático. En la **Caja 17** se muestra un ejemplo de un proyecto innovador que busca desarrollar un gemelo digital a escala planetaria para modelar los impactos del cambio climático y generar planes adecuados de respuesta.

Los gemelos digitales son la construcción de un puente entre el mundo real y el mundo virtual que permite hacer un análisis muy preciso para

46 Según el libro “Hora de una victoria épica: protegiendo la naturaleza con tecnologías exponenciales” (Córdova, 2022), los Gemelos Digitales son “copias digitales muy robustas y completas de algo. Comenzaron en fábricas e industrias, donde la digitalización de procesos y líneas de producción llevó a algunas compañías a crear representaciones digitales

precisas de sistemas de producción enteros. [...] son muy útiles para manejar un espacio de una manera más eficiente, y son particularmente poderosos si están constantemente actualizados por grandes cantidades de datos, y apoyados por Machine Learning, para que el sistema ‘aprenda’ por sí mismo y mejore su respuesta a retos”.

Caja 16. Ejemplos de aplicación para la acción climática

Realidad aumentada:

El proyecto Destination Earth (DestinE) (Unión Europea) está desarrollando gemelos digitales integrales de la Tierra de muy alta precisión que sirvan para monitorear y simular la actividad natural y la humana a fin de crear soluciones orientadas a combatir el cambio climático. El objetivo a largo plazo es integrar gemelos digitales adicionales para obtener un gemelo digital completo de la Tierra.

Los gemelos digitales de DestinE proporcionarán un acceso personalizado a conocimientos de alta calidad para el desarrollo de escenarios específicos de apoyo a la toma de decisiones. Los gemelos digitales serán desarrollados por el Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Medio Plazo (ECMWF).

En México, Siemens está desarrollando un gemelo digital enfocado en el sector industrial, con el fin de comprobar el funcionamiento y eficiencia de los productos de manera virtual, antes de entrar a la cadena de producción y optimizar los flujos de materiales y energía.

mitigar problemas que pudieran ocurrir sin dañar el medio físico, [...] y juegan un papel muy importante en la proyección de lo que pudiera suceder (Jalife, 2022).

Entre las claves para gemelos digitales confiables se encuentran: i) Ingreso de datos suficientes y de calidad; y ii) la arquitectura de datos y la programación del gemelo digital, incluyendo los algoritmos y las reglas con las que debe funcionar (Córdova, 2022).

4.5.3 Metaverso

El metaverso es la unión de varias tecnologías de frontera (IA, blockchain, RV/RA y realidad extendida), al generar espacios digitales que crean una conexión entre el mundo físico y el virtual. A través de una experiencia inmersiva, busca transportar más allá de lo puramente visual hacia una herramienta más que ofrece nuevas formas de interacción, de impulso de nuevos mercados y desarrollo, así como de innovación e impacto social. Si bien hoy en día no existe el metaverso, ya que todavía se encuentra en desarrollo la interconexión para lograr esta red de redes, sí podemos hablar de mundos digitales o proto-metaversos que nos acercan a un posible metaverso (C Minds, 2022). Entre ellos podemos incluir desde plataformas de videojuegos, hasta esfuerzos de grandes compañías tecnológicas para generar sus propios espacios virtuales. Actualmente se comienzan a idear alternativas en el metaverso para salvaguardar el patrimonio cultural en riesgo por la devastación causada por los efectos de la crisis climática [Ver Caja 18].

Caja 17. Cómo un país afectado por la crisis climática puede rescatar su cultura en el metaverso

Realidad aumentada:

Tuvalu es un país en medio del Océano Pacífico que está en peligro de desaparecer por el acelerado aumento del nivel del mar. Debido a esta situación, han decidido convertirse en la primera nación en digitalizarse completamente en el metaverso. A través de este proceso de digitalización, se pretende recrear la belleza natural del territorio, conservar su lengua, normas y costumbres, así como tener soberanía sobre la tierra virtual.

De acuerdo con The Guardian (2022), Simon Kofe, Ministro de Relaciones Exteriores, estuvo presente en la COP 27 haciendo un llamado a la acción para tener la posibilidad de contrarrestar los efectos devastadores que está viviendo la isla. *“Hace tiempo que es hora de actuar, pero todavía no hemos aceptado el reto. Debemos empezar a hacerlo hoy. De lo contrario, dentro de una generación, Tuvalu sólo existirá en el metaverso.”*



En los primeros 5 meses del 2022, más de 120 mil millones de USD se han invertido en crear tecnologías del metaverso e infraestructura (McKinsey & Company, 2022a), siendo más del doble de lo invertido en 2021 (57 mil millones de USD). En México, durante 2022, más de 13,000 inversionistas compraron acciones de empresas que tienen iniciativas relacionadas con el metaverso a través de la startup Flink⁴⁷.

⁴⁷ <https://miflink.com/>

Consideraciones importantes

El potencial de aprovechar estas tecnologías digitales emergentes para llevar a cabo acciones de mitigación, reducción de emisiones y tomar decisiones para incrementar la adaptación al cambio climático está creciendo. Sin embargo, la generación de impactos positivos dependen de muchos factores, como el uso específico, la eficiencia de la tecnología utilizada, el nivel de preparación, implantación y adopción de estas tecnologías, y las necesidades de los sectores que las aprovechan.

Es importante resaltar que el uso de tecnologías no es una única solución para los numerosos retos de la acción climática y que su uso irresponsable puede suponer consecuencias negativas y efectos de rebote **[Caja 18]**.

Informes como el IPCC WGIII (2022) y la Recomendación sobre la ética de la Inteligencia Artificial de UNESCO (2022) destacan los siguientes riesgos potenciales:

- La digitalización puede implicar consecuencias negativas para el cumplimiento de varios ODS, por ejemplo, el aumento de los residuos electrónicos, las repercusiones negativas en los mercados de trabajo y el agravamiento de la brecha digital existente.
 - » Posibles daños y repercusiones negativas en el medio ambiente y los ecosistemas debido a altos niveles de impacto ambiental en el ciclo de vida de las tecnologías digitales, desde su extracción, infraestructura hasta la disposición final de los residuos electrónicos.
 - » Significativa huella de carbono derivada del uso de herramientas digitales.
 - » Sesgos de información que puede derivar en discriminación, desigualdad, brechas digitales y exclusión. Esto puede suponer la vulneración de la diversidad cultural, social y biológica, generando divisiones sociales y/o económicas.
 - » Modelos potencialmente sesgados o no representativos con datos colectados únicamente de la red, dejando de lado los datos relevantes para el ambiente que no están conectados, por ejem, Comprensión limitada de los impactos directos e indirectos de la digitalización sobre el uso de la energía, las emisiones de carbono y la mitigación potencial.
- Descuido de conocimientos locales, culturales y sistemas de valores de grupos vulnerables que han estado insuficientemente representados en el desarrollo de políticas digitales y ambientales.
- Brechas en cuanto a las capacidades humanas e institucionales para aprovechar las tecnologías digitales en favor de la acción climática.

Para mitigar estos riesgos, la UNESCO se establece que los estados deben:

- Garantizar la fiabilidad y la integridad del ciclo de vida de los sistemas de IA para que el uso de estas tecnologías estén al servicio de las personas, el medio ambiente y los ecosistemas. Un requisito esencial para la fiabilidad es que, a lo largo de su ciclo de vida, los sistemas de IA estén sujetos a un seguimiento exhaustivo por las partes interesadas pertinentes.
- Antes de decidir si una tecnología digital es adecuada para resolver un problema ambiental determinado, es necesario hacer una evaluación que considere: i) evaluación de las necesidades tecnológicas; ii) los entornos habilitadores; iii) información de las tecnologías y iv) mecanismos de fortalecimiento de capacidades y transferencia de tecnología.
- Generar mecanismos adecuados de supervisión, evaluación de los múltiples impactos, auditoría y diligencia debida que garanticen la rendición de cuentas y conocimiento de su impacto a lo largo de su ciclo de vida.
- Entre otros.

Existen diversas herramientas, marcos y buenas prácticas para prever, identificar y mitigar los riesgos que presenta el uso de las tecnologías digitales para el medio ambiente y la sociedad. Algunos ejemplos incluyen:

Los procesos de innovación digital no deberían ser obstaculizados por estos riesgos sino más bien ofrecer áreas de oportunidad e investigación para impulsar que se realice de manera ética y responsable (UNESCO, 2021).

- [Autoevaluación ética de IA para actores del ecosistema emprendedor: Guía de aplicación](#)
- [COMEST concept note on ethical implications of the Internet of Things \(IoT\) \(UNESCO\)](#)
- [Composite Ethical Frameworks for the Internet of Things and Other Emerging Technologies \(Cambridge\)](#)
- [Ética de la IA para América Latina - C Minds](#)
- [Ethical framework for IoT deployment in SMEs: individual perspective \(Emerald Insights\)](#)
- [Ethics of Artificial Intelligence and Robotics \(Stanford\)](#)
- [General Data Protection Regulation](#)
- IEEE Blockchain eLearning Modules:
 - » [Responsible Research and Innovation of Blockchain Technology](#)
 - » [Case Studies of Social and Ethical Impacts of Blockchain Technology](#)
 - » [Blockchain Governance and Human Rights](#)
- [ICT Impact Assessment Guidelines](#)
- [Marco de la OCDE para la clasificación de los sistemas de IA](#)
- [Recomendación de ética de la IA de la UNESCO](#)
- [Report of COMEST on robotics ethics \(UNESCO\)](#)
- [The Blockchain Ethical Design Framework for Social Impact \(Georgetown\)](#)
- [The Ethics of Realism in Virtual and Augmented Reality \(Frontiers\)](#)
- Una exploración de los Tokens Digitales para la Acción Climática del BID Lab y C Minds⁴⁸
- Entre otros.

5. Casos de estudio:

Casos de Estudio

La revisión documental realizada en el estudio permitió identificar algunos casos de implementación de tecnologías digitales orientadas a la acción climática que buscan dar muestra de su aplicabilidad. Los aprendizajes y el tipo de aplicación de los siguientes casos de estudio se pueden contextualizar y alinear a las necesidades y metas de México. Esta sección se enfoca en presentar ejemplos innovadores para poder detonar conversaciones para la ideación de casos similares en el país. En este sentido, en la descripción de cada caso de uso se pueden encontrar ejemplos de posible alineación a las NDC de México.

48 Próximo a publicarse en <https://es.cminds.co/future-of-earth>

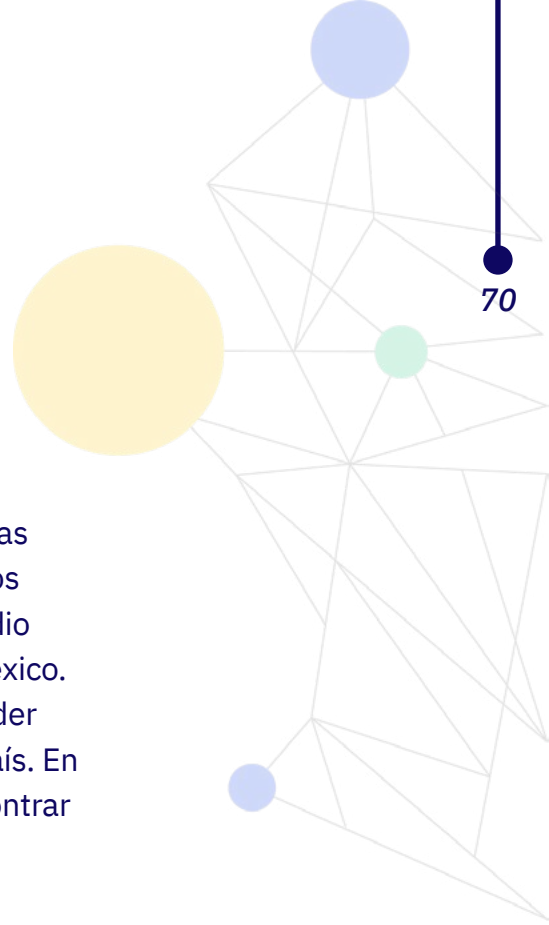
















Tabla 3. Resumen de casos de estudio y su alineación a las NDC de México

Tecnología	Caso de estudio	Descripción	País	NDC Mitigación	NDC Adaptación
Big Data	Agricultura Específica Por Sitio (AEPS)	Recolección, análisis y generación de información para el sector agrícola	Colombia y Nicaragua	6 	Eje B 
Big Data / IA	Kilimo	Gestión inteligente para riego en agricultura	México, Argentina	6 	Eje B, Eje D 
IA	Tech4Nature México	Monitoreo y conservación de biodiversidad	México	1 	Eje C 
IA	Carbmee	Cálculo de emisiones a escala para estrategias de descarbonización	Alemania	2, 4, 5, 7 	N/A
Blockchain	Etherisc	Seguros contra riesgos climáticos para sector agrícola	Kenia	6 	Eje A, Eje B 
Blockchain	MERELEC	Plataforma digital para comercialización de energías renovables verificadas	El Salvador	3 	N/A
IoT	MIMOS + UPM Raja Musa Forest Reserve	Sistema de alerta temprana para prevención de incendios forestales con IoT	Malasia	1 	Eje A, Eje C, Eje E 
IoT	EcoRoof	Monitoreo de parámetros de cultivo 24/7 para productores pequeños y medianos	México	6 	Eje B 

***Componente Adaptación:** Eje A Prevención y Atención de Impactos Negativos en la Población Humana y en el Territorio, Eje B Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria, Eje C Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos, Eje D Gestión integrada de los recursos hídricos con enfoque de cambio climático, Eje E Protección de infraestructura estratégica y patrimonio cultural tangible.

***Componente Mitigación:** 1. Silvicultura, 2. Transporte, 3. Generación eléctrica, 4. Industria, 5. Petróleo y gas, 6. Agricultura y ganadería, 7. Residencial y comercial, 8. Residuos.

5.1 Big Data*49

Análisis inteligente para producción agrícola: Agricultura Específica Por Sitio (AEPS)

Organización / Empresa	Centro Internacional de Agricultura Tropical, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y CGIAR
Sector	Gubernamental / Académico
País	Colombia y Nicaragua
Tecnología	Big Data
Posible alineación con NDC Mitigación	6. Agricultura y ganadería
Posible alineación con NDC Adaptación	Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria.

Descripción del proyecto

Conjunto de métodos y herramientas que permiten recolectar información de experiencias productivas comerciales, analizar datos con métodos innovadores y generar información que servirá a producción, asistencia técnica y entidades del sector agrícola a tomar mejores decisiones sobre dónde, cuándo sembrar, cómo y qué sembrar, en relación con las condiciones de clima y suelo.

49 *Nota: Algunos de los casos que aprovechan macrodatos también integran algoritmos y sistemas de IA para análisis complejos a sus operaciones.



Tecnología digital implementada

- Uso de herramientas de acceso abierto para la recopilación, análisis e integración de datos biofísicos y socioeconómicos de todos los sectores agrícolas y profesionales del sector.
- Métodos y tecnologías que utilizan sensores, (TICs, IoT, IA, teledetección⁵⁰, métodos estadísticos, y aprendizaje automático, entre otros) para modelar escenarios y sus resultados, con el fin de emitir recomendaciones a las personas agricultoras para prácticas sustentables que conduzcan a rendimientos óptimos bajo escenarios del cambio climático.

Logros destacados

- Co-creación de herramientas con perspectiva centrada en agricultoras y agricultores que generan recomendaciones que se adaptan a sus necesidades para las mejores prácticas sustentables y soluciones innovadoras.
- Desarrollo de servicios de extensión digital, o servicios de asesoramiento que capacitan a agricultoras y agricultores en el uso de datos para la toma de decisiones.

⁵⁰ Técnica de adquisición de datos acerca de objetos tomando y analizando datos sin que los instrumentos empleados para adquirir los datos estén en contacto directo con el objeto (ESA Eduspace, s.f.)

Algunos factores innovadores

- Formación de personas agricultoras/técnicas en minería y otros métodos de análisis de datos para la toma de decisiones con base en recomendaciones.
- Desarrollo de plataformas de información que facilitan la toma de decisiones, material educativo sobre agricultura digital y prácticas para el área técnica y de investigación.
- Capacitación para modelos de design thinking para la creación de herramientas de Agricultura Digital para sistemas agroalimentarios sustentables.

Posible alineación con las NDC de México

- **Componente Mitigación:**
 - » 6. Agricultura y ganadería
 - Potencial para desarrollar soluciones basadas en datos enfocadas a la sustitución de fertilizantes, aplicación de bioinsumos y disminución de quemas agrícolas, desarrollo de sistemas agrosilvopastoriles y medidas para la captura y manejo del biogás de residuos pecuarios como la composta, biodigestión y tratamiento diario para evitar generación de gas metano.
- **Componente Adaptación:**
 - » Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria.
 - Posibilidad de contribuir al mantenimiento de los ecosistemas y fortalecer la capacidad de adaptación, del conocimiento científico y tradicional.
 - Posible aplicación para la reducción de brechas de desigualdad.



Gestión inteligente de riego para agricultura: Kilimo

Organización / Empresa	Kilimo
Sector	Privado
País	Argentina, México, Brasil, Chile, Estados Unidos, Perú, Paraguay, Uruguay, Colombia y Ecuador.
Tecnología	Big Data / IA
Posible alineación con NDC Mitigación	6. Agricultura y ganadería
Posible alineación con NDC Adaptación	Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria. Eje D. Gestión integrada de los recursos hídricos con enfoque de cambio climático.

Descripción del proyecto

Plataforma simple e intuitiva que monitorea los cultivos desde cualquier lugar y momento y gestiona el riego permitiendo medir y reducir el uso de agua. La plataforma funciona en función de un balance hídrico automático que se alimenta de datos satelitales, climáticos y del suelo.

Tecnología digital implementada

Big Data de información climática y satelital para poder emitir recomendaciones de riego específicas. Primero, analiza el suelo y luego, recoge información climática proveniente de estaciones meteorológicas para modelar la evapotranspiración potencial específica para cada caso. Con cinco satélites monitorea cada sector para riego y a través del índice de NDVI⁵¹ genera un coeficiente de cultivo con características espacio-temporales específicas para cada área. Finalmente, junto a datos recopilados directamente del campo, la plataforma emite recomendaciones de riego semanales que, a través de machine learning, son generadas de manera automática y personalizada según las necesidades de cada campo.

Logros destacados

- Impulso a la democratización de la gestión inteligente del riego a partir de una herramienta que permite a cualquier agricultor del mundo que posea un smartphone, recibir y ejecutar recomendaciones que generan, en promedio, un 20% de ahorro del recurso hídrico.
- Certificación en Huella Hídrica⁵², primera herramienta certificada en Latinoamérica que acompaña y capacita a personas usuarias durante el proceso de riego para calcular y gestionar su huella hídrica.

51 El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) mide el verdor y la densidad de la vegetación captados en una imagen de satélite.

52 Certificación en Huella Hídrica <https://kilimo.com/descubre-huella-hidrica/>



Algunos factores innovadores

- Monitoreo remoto y automático del estado hídrico de cultivos, desde cualquier lugar y en cualquier momento para el control de operaciones y diseño de planes de riego basados en datos.
- Eficientización del uso de recursos y reducción en los costos de producción a través de ahorro en agua, fertilizantes y energía.
- Creación de Academia de Riego⁵³, un espacio virtual y gratuito de intercambio de conocimiento, prácticas con especialistas en riego y producción, que tiene como objetivo crear conciencia del uso del agua, informar y aprovechar la digitalización y las nuevas tecnologías para hacer la agricultura más eficiente.

53 Academia de Riego <https://academieriego.kilimoagtech.com/>

Alineación con las NDC de México

- **Componente Mitigación:**
 - » 6. Agricultura y ganadería
 - Potencial para aumentar la aplicación de bioinsumos de forma inteligente y la disminución de quemas agrícolas.
- **Componente Adaptación:**

Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria.

 - Contribución al mantenimiento de los ecosistemas y fortalecimiento de la capacidad de adaptación inteligente.

Eje D. Gestión integrada de los recursos hídricos con enfoque de cambio climático.

 - Uso eficiente de los recursos hídricos, sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce ante la escasez.
 - Fomento de la gestión integrada de los recursos hídricos y la mejora en la provisión de servicios desde el enfoque de cambio climático.

5.2 Inteligencia Artificial

Monitoreo ambiental para conservación de biodiversidad a través de aprendizaje de máquina: [Tech4Nature México](#)

Organización / Empresa	C Minds, Gobierno de Yucatán, Huawei, Universidad Politécnica de Yucatán, Rainforest Connection
Sector	Social
País	México
Tecnología	IA
NDC Mitigación	1. Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura
NDC Adaptación	Eje C. Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos.

Descripción del proyecto

La iniciativa multisectorial mexicana, Tech4Nature México, tiene el objetivo de monitorear la conservación y la comprensión de los efectos del cambio climático en los ecosistemas y las especies prioritarias. Este proyecto se lleva a cabo en un área protegida en la zona costera del sureste de México, a través del aprendizaje automático entrenado con datos de monitoreo eco-acústico y de imágenes de cámaras trampa. Además, esta iniciativa aprovecha el poder y el potencial de las colaboraciones entre todos los sectores y de los enfoques centrados en la comunidad para acelerar la conservación de la biodiversidad y el apropiamiento del uso de las tecnologías.



Tecnología digital implementada

Desarrollo de algoritmos de IA que, a través del entrenamiento con datos en forma de imágenes y grabaciones de audio, pueden detectar e identificar automáticamente especies prioritarias como el jaguar, así como sus presas y sus amenazas, para fortalecer la toma de decisiones y mecanismos de política pública para ampliar la conservación de estas especies y mitigar sus amenazas.

Logros destacados

- Más de 60 especies prioritarias detectadas.
- Desarrollo de algoritmos de detección de jaguares con más de 90% de efectividad.
- Fortalecimiento de mecanismos de participación comunitaria para acciones de conservación en la zona.

Algunos factores innovadores

- La solución combina actores de la cuádruple hélice e integra a personas de la comunidad local en las acciones de monitoreo y conservación de la reserva natural.
- Los algoritmos son desarrollados por estudiantes de una universidad local y fomenta la formación de capacidades de IA para conservación en la región.

Alineación con las NDC de México

- **Componente Mitigación:**

- » 1. Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura.

- Aporta a las metas planteadas de incremento a las Áreas Naturales Protegidas (ANPs).

- **Componente Adaptación:**

Eje C. Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos.

- Contribuye a la reducción de la degradación de los hábitats naturales, la pérdida de diversidad biológica y la protección de especies amenazadas.

- Integra temas prioritarios para el país basados en la conservación y restauración de los ecosistemas de carbono azul, mares y océanos, bosques y especies prioritarias, entre otros.

- Fortalece el manejo y aumento de la conectividad de las Áreas Naturales Protegidas y otros esquemas de conservación bajo escenarios de cambio climático respetando los derechos colectivos y bienes comunes de las comunidades que habitan en ellas.

Cálculo de emisiones a escala para estrategias de descarbonización: Carbmee

Organización / Empresa	Carbmee
Sector	Privado
País	Alemania
Tecnología	IA
NDC Mitigación	4. Industria 7. Residencial y comercial
NDC Adaptación	N/A

Descripción del proyecto

Soluciones automatizadas basadas en la nube para auxiliar a las empresas a medir los niveles de carbono y gestionar la reducción de emisiones para los objetivos de emisiones netas cero. Auxiliar de la industria manufacturera y de producción a lo largo de extensas cadenas de valor para comparar alternativas de producción y alinear las partes interesadas internas y externas de la cadena de suministro.

Tecnología digital implementada

- Cálculo de emisiones a escala de las cadenas de suministro y análisis de puntos conflictivos en las cadenas de producción con tecnología IA.



- Tecnología de automatización que mide con precisión las emisiones de cadenas de valor en tiempo real y permite analizar los puntos conflictivos desde distintos puntos de vista.
- Contabilidad automatizada del carbono basada en actividades, producto, proveedor, unidades de negocio y más.

Logros destacados

- Impacto en distintos sectores de las industrias de manufactura, logística y automotriz.
- Apoyo a profundidad a la recopilación de datos de emisiones primarias y enfoque de cálculos colaborativos que son retroalimentados por propietarios de datos y expertos.

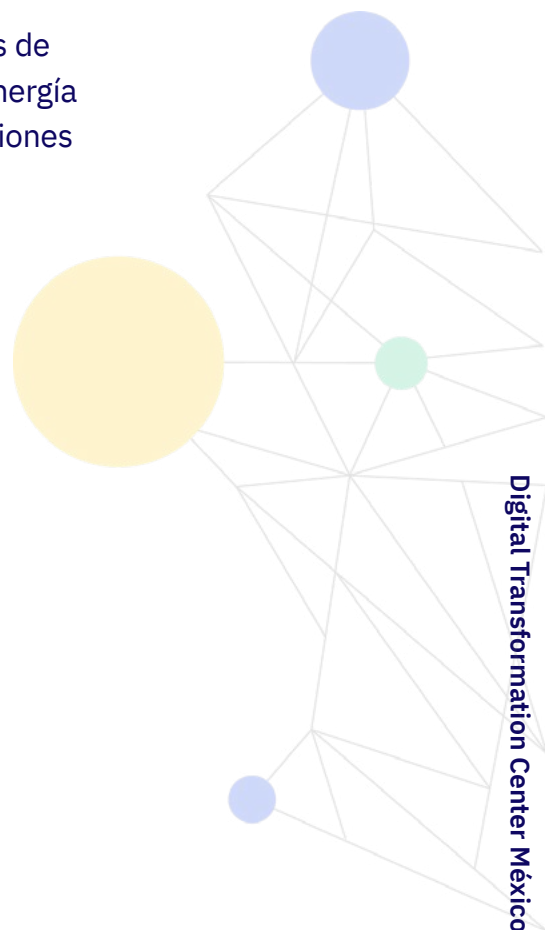
Algunos factores innovadores

- Solución de gestión del carbono EIS™⁵⁴ diseñada para empresas con cadenas de valor complejas y en sectores con emisiones elevadas. Se realiza gestión del carbono a través de la medición automática de emisiones con precisión para lograr una reducción dentro de los plazos establecidos e integrar métricas de carbono en decisiones empresariales cotidianas.
- Evaluación automatizada de proveedores con emisiones netas cero para fomento en la colaboración con proveedores mediante la evaluación de los proveedores con base en datos.

54 Sistema de inteligencia ambiental (por sus siglas en inglés).

Algunos factores innovadores

- **Componente Mitigación:**
 - » 4. Industria
 - Potencial para informar mecanismos que regulan las emisiones de las grandes fuentes industriales del país a través de instrumentos innovadores tales como el establecimiento del precio de carbono.
 - Se persiguen colaboraciones e innovaciones de alcance internacional para generar mayor competitividad y un uso más sustentable de materiales, agua y energía con beneficios en la reducción de emisiones.
 - » 7. Residencial y comercial
 - Potencial para la toma de decisiones para reducción de las emisiones de GEI en este sector para reducir la factura eléctrica en hogares y comercios.
 - Diseño de programas en diversos órdenes de gobierno para optimizar el consumo de energía mediante mejores prácticas en construcciones nuevas.



5.3 Blockchain

Seguros contra riesgos climáticos para sector agrícola: Etherisc

Organización / Empresa	Etherisc / Acre Africa
Sector	Privado
	Kenia
Tecnología	Blockchain
NDC Mitigación País	6. Agricultura y ganadería
NDC Adaptación	Eje A. Prevención y Atención de Impactos Negativos en la Población Humana y en el Territorio Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria

Descripción del proyecto

Solución integral totalmente automatizada para procesar Bima Pima⁵⁵, producto de microseguros climáticos accesibles y transparentes de ACRE África. Ofrece un seguro basado en índices meteorológicos que les protege frente a los riesgos relacionados con el clima para los cultivos. Objetivo de mitigar posibles impactos climáticos para el sector agrícola.

55 “Al comienzo de la temporada agrícola, se compra una tarjeta Bima Pima con un saco de semillas o fertilizante, activa la tarjeta a través de su teléfono, paga una prima inicial de 50 KES (0,50 céntimos de dólar) y puede recargarse a través de SMS para aumentar el nivel de cobertura del seguro. A continuación, ACRE África geoetiqueta la explotación mediante el servicio de localización móvil” World Bank Group <https://foodforafrika.com/2022/06/20/kenyan-farmers-embrace-new-weather-insurance-product/>

Tecnología digital implementada

- Las agricultoras y agricultores compran una tarjeta válida por un saco de semillas o fertilizantes al principio de la temporada de cultivo. Se registran y activan su seguro con su teléfono a través de un código. Una vez que se hace el registro, las condiciones meteorológicas asociadas a su área de cultivo se monitorizan con datos meteorológicos del satélite ARC2.
- El pago se realiza directamente en el teléfono móvil de la agricultora o agricultor a través de una API que conecta la solución informática de Etherisc con la plataforma de pagos móviles de M-PESA⁵⁶. Todos los pagos se registran y certifican utilizando blockchain para aumentar la transparencia y la auditabilidad de ambas partes.

Logros destacados

- El ciclo de vida de los seguros ofrecidos por Etherisc y ACRE África se respaldan por un conjunto de contratos inteligentes en el Marco Genérico de Seguros⁵⁷ (GIF por sus siglas en inglés) de Etherisc.
- Se incorporaron más de 17,000 pequeños agricultores y agricultoras de 17 regiones de Kenia en la primera temporada de 2021.

⁵⁶ Servicio de banca móvil de África que permite a nivel nacional e internacional almacenar y transferir dinero a través de teléfonos móviles. <https://www.investopedia.com/terms/m/mpesa.asp>

⁵⁷ Consiste en una colección de contratos inteligentes de código abierto que implementan funciones básicas del ciclo de vida de los productos y pólizas de seguros. Permite modelar una amplia variedad de tipos de seguros. <https://blog.etherisc.com/basics-about-the-gif-framework-68127be1ce2a>

Algunos factores innovadores

- Si se sufren impactos por condiciones meteorológicas adversas (exceso de lluvia o sequía), el contrato de seguro inteligente basado en blockchain puede emitir un pago a través de una red de pago móvil.
- La tecnología de Etherisc demuestra que ya es posible realizar pagos directos a clientes habituales mediante un conjunto de contratos inteligentes basados en blockchain a gran escala. Ayuda a superar los principales desafíos de los seguros de cosechas tradicionales: retrasos en los pagos, altos costos de las primas y falta de transparencia y confianza, con el potencial de mejorar la vida de cientos de miles de personas agricultoras.

Posible alineación con las NDC de México

- **Componente Mitigación:**
 - » 6. Agricultura y ganadería.
 - Innovación en prácticas agroecológicas y agricultura de conservación.
- **Componente Adaptación:**
 - » Eje A. Prevención y Atención de Impactos Negativos en la Población Humana y en el Territorio
 - Toma en cuenta las brechas de desigualdad social por vulnerabilidad geográfica, étnica, etaria y de género
 - Se orienta a reducir los impactos asociados al cambio climático: sensibilización de la población, acceso a la información y desarrollo de herramientas e instrumentos para la toma de decisiones bajo un enfoque preventivo y una visión a largo plazo.
 - » Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria
 - Favorece la reducción de brechas de desigualdad, colocando los derechos, necesidades y realidades de todas las personas en situación de vulnerabilidad en el centro de los procesos de la transición de adaptación ante el cambio climático.
 - Contribuye a la adecuación de las cadenas de valor y planes de inversión que integren criterios de cambio climático y desarrollo tecnológico sustentable.

Plataforma digital para la comercialización de energías renovables verificadas: MERELEC

Organización / Empresa	ECO
Sector	Privado
País	EUA, México, Guatemala, El Salvador, Panamá y Colombia
Tecnología	Blockchain
Posible alineación con NDC Mitigación	3. Generación eléctrica
Posible alineación con NDC Adaptación	N/A

Descripción del proyecto

Mercados Eléctricos (MERELEC) es una empresa dedicada a la comercialización de energía e implementación de soluciones digitales para el sector eléctrico, con operaciones en México y Centroamérica y con sede en El Salvador. En El Salvador, instalaron un proyecto regional basado en blockchain para un mercado virtual y descentralizado de certificaciones energéticas I-REC⁵⁸ junto con Energy Web (EW)⁵⁹.

58 Los I-REC son el certificado de atributos energéticos reconocido para las compras voluntarias de energía renovable en la mayor parte de América Latina, donde un I-REC equivale a un megavatio-hora (MWh) de electricidad generada por medio de fuentes renovable. <https://www.irecstandard.org/>

59 <https://www.energyweb.org/>



Tecnología digital implementada

- Plataforma digital basada en tecnología blockchain para el intercambio comercial transparente y seguro de energía renovable en los mercados I-REC de Centroamérica.

Logros destacados

- Incorporación de 20 sistemas de energía renovable en El Salvador en la plataforma para comercializar certificados I-REC de fuentes de energía renovable verificadas.
- MERELEC lideró el establecimiento del estándar I-REC en El Salvador.

Algunos factores innovadores

- La plataforma pretende convertirse en una fuente única para las empresas multinacionales con presencia en toda Centroamérica.
- Se espera añadir más de 200 dispositivos de El Salvador, con una capacidad total de más de 1.3 GW. Estos activos comprenden desde sistemas solares fotovoltaicos y microhidráulicos a pequeña escala hasta instalaciones renovables a gran escala.

Alineación con las NDC de México

- **Componente Mitigación:**
 - » 3. Generación eléctrica
 - Impulsa la energía limpia para acelerar el acceso universal a la energía
 - Integración de proyectos certificados de generación de energías renovables en generación eléctrica
 - Potencia la reducción de pérdidas técnicas en red eléctrica al ser una red descentralizada

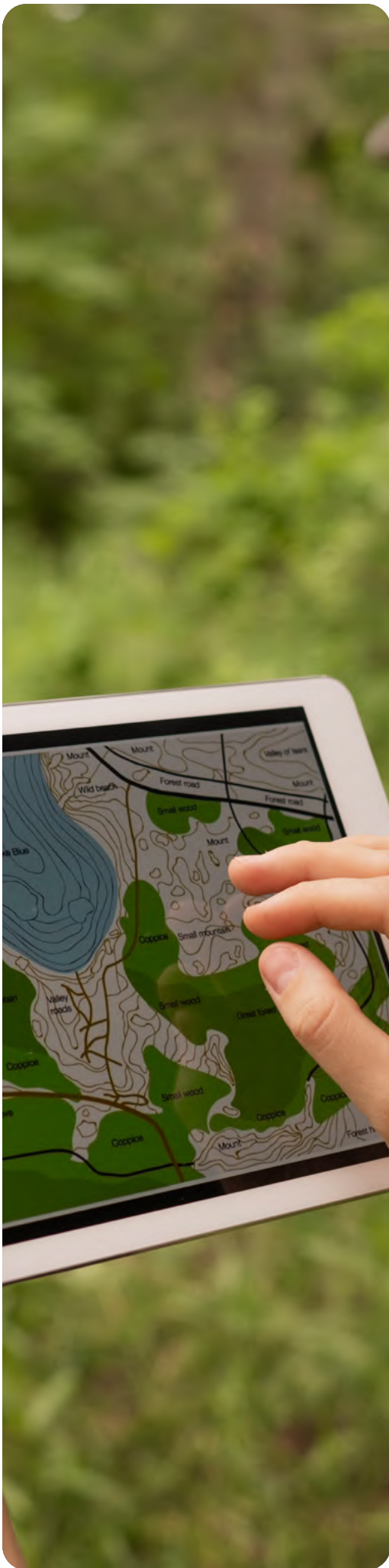
5.4 Internet de las cosas (IoT)

Sistema de alerta temprana para prevención de incendios forestales: MIMOS + UPM Reserva Forestal Raja Musa

Organización / Empresa	MIMOS + Universiti Putra Malaysia
Sector	Académico / Privado
País	Malasia
Tecnología	IoT
Posible alineación con NDC Mitigación	1. Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura
Posible alineación con NDC Adaptación	Eje A. Prevención y Atención de Impactos Negativos en la Población Humana y en el Territorio Eje C. Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos. Eje E. Protección de infraestructura estratégica y patrimonio cultural tangible.

Descripción del proyecto

Sistema basado en IoT de vigilancia continua para la emisión de alertas tempranas con el fin de prevenir incendios en la Reserva Forestal Raja Musa (RMFR), que proporciona datos en tiempo real sobre la temperatura y el nivel de las aguas subterráneas.



Tecnología digital implementada

Se instalaron sensores en una de las zonas de alto riesgo de RMFR, que recaban información del entorno (temperatura, la humedad y la presión del aire; la intensidad de las precipitaciones, el índice ultravioleta, la iluminación y potencia de la radiación, la potencia de la radiación solar, la dirección y la velocidad del viento) y de la materia orgánica en el sustrato o turba (temperatura y humedad). Se instaló una red inalámbrica en una torre de vigilancia cercana para recoger todos los datos de sensores mediante tecnología LoRa (largo alcance). La red conectada transmite los datos a la plataforma MIMOS Internet Services of Things (MiMIST).

Logros destacados

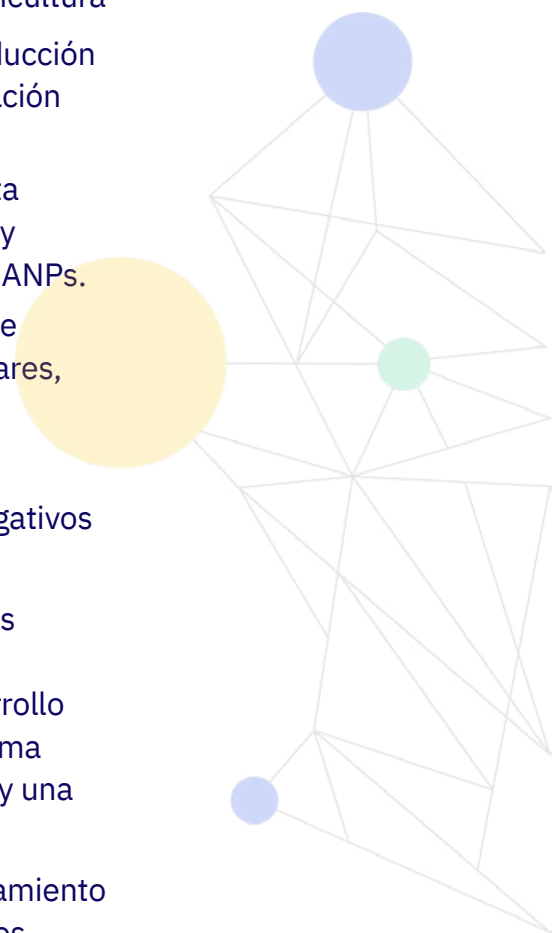
- El sistema recopila datos microclimáticos sobre los bosques de turba que crean una base de datos útil para que las áreas de investigación y toma de decisión conozcan el riesgo de desarrollo de incendios y se generen planes de acción adecuados.

Algunos factores innovadores

- Los datos sobre temperatura, humedad, humedad del suelo y nivel de agua se enviarán a una aplicación móvil desde para los guardaparques.
- Los parámetros pueden observarse en computadoras en cualquier momento y lugar. Si el sistema detecta que la temperatura es demasiado alta y el nivel de agua ha descendido drásticamente, el sistema enviará inmediatamente una alerta para que intervenga el personal.

Posible alineación con las NDC de México

- **Componente Mitigación:**
 - » 1. Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura
 - Contribuye a la Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (ENAREDD+)
 - Aporta al compromiso para lograr una meta de emisiones netas cero de deforestación y contribuir a las metas de incremento a las ANPs.
 - Potencial aporte a la Estrategia Nacional de Carbono Azul para la protección de manglares, pastos marinos y marismas nacionales.
- **Componente Adaptación:**
 - » Eje A. Prevención y Atención de Impactos Negativos en la Población Humana y en el Territorio
 - Se orienta a reducir los impactos asociados al cambio climático: sensibilización de la población, acceso a la información y desarrollo de herramientas e instrumentos para la toma de decisiones bajo un enfoque preventivo y una visión a largo plazo.
 - » Eje C. Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos.
 - Contribuye a la reducción de la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de diversidad biológica y la protección de especies amenazadas.
 - Fortalece la conservación y restauración de los ecosistemas de carbono como bosques y especies prioritarias, entre otros.
 - Implementa acciones para fortalecer el manejo y aumento de la conectividad de las Áreas Naturales Protegidas.
 - » Eje E. Protección de infraestructura estratégica y patrimonio cultural tangible.
 - Contribuye a fortalecer la resiliencia de la infraestructura nueva y existente.



Monitoreo de parámetros de cultivo 24/7 para productores pequeños y medianos: EcoRoof

Organización / Empresa	EcoRoof
Sector	Privado
País	México
Tecnología	IoT
NDC Mitigación	6. Agricultura y ganadería
NDC Adaptación	Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria

Descripción del proyecto

Sensores de bajo costo que utilizan IoT para monitorear los parámetros más importantes en el cultivo 24/7 y ofrece una plataforma fácil de usar para visualizarlos.

Tecnología digital implementada

- Tecnología plug & play que, al conectar los sensores basados en IoT a la electricidad, comienza a monitorear los parámetros y transmitir datos a la plataforma de visualización.

Logros destacados

- Han sido premiados por “Re-diseña Jalisco”, “Entrenando Ideas”, “Innovate Entrepreneurship Programme 2022”, “MC Challenge”, “Las 100 PRO de Google Cloud”, “Reto Zapopan” y “Aceleradora Tech”.



Algunos factores innovadores

- Monitoreo de múltiples parámetros en un sólo dispositivo compatible con productores agrícolas desde pequeños hasta grandes.
- El monitoreo constante prevé condiciones para enfermedades de los cultivos y optimiza recursos como agua y fertilizante.

Alineación con las NDC de México

- **Componente Mitigación:**
 - » 6. Agricultura y ganadería.
 - Implementa prácticas agroecológicas y agricultura de conservación
- **Componente Adaptación:**
 - » Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria
 - Contribuye al mantenimiento de los ecosistemas y al fortalecimiento de la capacidad de adaptación, del conocimiento científico y tradicional.
 - Aporta a la adecuación de las cadenas de valor y planes de inversión que integren criterios de cambio climático y desarrollo tecnológico sustentable.

Otros casos de estudio con potencial de escalar y generar mayores impactos con la adopción o fortalecimiento de tecnologías digitales en sus operaciones se presentan en la **Caja 20**.

Caja 19. Ejemplos de proyectos mexicanos que se podrían escalar con el uso de tecnologías digitales emergentes

En esta sección se destacan proyectos mexicanos con potencial de escalar sus operaciones, alcance e impacto en las metas climáticas del país a través del uso de tecnologías digitales emergentes. Por ejemplo:

- **SinCarbono** Plataforma climática empresarial para medir, reportar y reducir emisiones.
- **SistemaBio** Sistema de biodigestores que transforma residuos orgánicos en biogás renovable y fertilizante orgánico.
- **Iluméxico** Servicio de energía solar para viviendas rurales.
- **Isla Urbana** Servicio de captación de agua pluvial.
- **Sommos** Servicio de supermercado sustentable con productos locales y sin residuos.
- **MicroTERRA** Proteína vegetal de bajo costo para alimentar a los peces reduciendo la contaminación por nutrientes en el agua.

6. Observaciones

6.1 Áreas de aplicación de las tecnologías digitales para la acción climática

Los beneficios concretos de estas tecnologías se vuelven tangibles, entendibles y replicables por la variedad e impacto de numerosos casos de éxito alrededor del mundo y su potencial interacción con los componentes de las NDC de México.

¿Cómo aporta cada una de estas tecnologías digitales emergentes a la acción climática, a la mitigación de los impactos de la crisis climática y a la adaptación? De forma general:

Es un hecho que las posibilidades que otorga el uso de tecnologías digitales están transformando la forma en la que abordamos las problemáticas climáticas en la actualidad. Los estudios de caso expuestos en este reporte presentan evidencias de ello, y tienen el potencial de interactuar con metas y necesidades tangibles de México, a partir de la identificación posibles aplicaciones de las tecnologías identificadas que se alineen a componentes de las NDC. A través de estos ejemplos se pueden observar aportes específicos como la agilización en monitoreo de parámetros agrícolas a través de sensores, el cálculo de emisiones para la reducción de las mismas, la recolección de datos ambientales para la toma de decisiones de conservación, entre muchas otras alternativas de gran impacto.

Muchas soluciones tecnológicas aplicadas a la acción climática aprovechan los medios digitales, lo que facilita la exposición de resultados capaces de inspirar en procesos creativos, identificar qué tecnologías digitales ofrecen mayores oportunidades para desarrollar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático y desencadenar ideas innovadoras que atiendan necesidades locales y generen impactos positivos importantes. Cada una de las tecnologías tiene aportes específicos que, a su vez, se fortalecen al usarse en conjunto. Es así que, algunas de las más destacadas aplicaciones de las tecnologías digitales emergentes para la acción climática son:

1. Big Data:

1.1 Aporta capacidades analíticas de grandes volúmenes de datos que permiten el monitoreo de parámetros ambientales desde un nivel local (como datos agrícolas) hasta una escala planetaria (datos climáticos).

1.2 Permite agregar información y fortalecer el entendimiento de patrones climáticos, sentar las bases para modelos de IA y emitir recomendaciones para análisis científicos de gran escala, entre otros.

1.3 Permite el desarrollo de herramientas para agricultura de precisión a través del análisis de datos provenientes de sensores y drones que brindan datos en tiempo real (en combinación con IoT)⁶⁰.

1.4 Facilita el mapeo de políticas y leyes climáticas a nivel internacional con el fin de brindar herramientas basadas en datos para procesos de monitoreo y evaluación.

1.5 Aporta capacidades para analizar datos provenientes de monitoreo forestal a través de plataformas digitales y sistemas satelitales. El uso de estas herramientas ha auxiliado notablemente a frenar la tala ilegal⁶¹.

1.6 Las plataformas de datos y análisis científicos como Google Earth Engine combinan datos geoespaciales y satelitales para identificar cambios en la superficie del planeta. Contribuyen al sector privado ofreciendo servicios para alcanzar sus objetivos de sustentabilidad. Asimismo facilitan el desarrollo de plataformas con base tecnológica y satelital para fortalecer la resiliencia ante eventos extremos en comunidades vulnerables.

60 Ukko Agro es una empresa líder en tecnología agrícola, dedicada a ofrecer información adaptable, integrada y procesable a partir de hectáreas digitalizadas a los minoristas agrícolas y a sus clientes agrícolas en Norteamérica. <https://ukko.ag/>

61 Monitoreo de bosques con tecnología big data <https://www.globalforestwatch.org/>

2. Inteligencia Artificial:

2.1 Esta tecnología permite el análisis de sistemas complejos basados en datos y la generación de estimaciones a diferentes niveles de implementación. Puede realizar análisis de macrodatos de cadenas productivas en sectores primarios de los principales recursos agrícolas del país.

2.2 A partir del entrenamiento con macrodatos de patrones climáticos, se acelera el monitoreo de condiciones meteorológicas y emisión de sistemas de alerta temprana para la prevención de desastres y toma de decisiones inteligentes.

2.3 Posibilita el desarrollo de sistemas de transporte inteligente y bajo en emisiones a través del análisis inteligente de tráfico.

2.4 En conjunto con otras tecnologías (imágenes satelitales, robótica, IoT) facilita la recolección, manejo y clasificación de residuos, facilitando los trabajos de economía circular, reciclaje y reutilización.

2.5 El reconocimiento de imagen y de habla han sido probados para detectar e identificar especies en peligro de extinción, permitiendo la toma de decisiones basadas en naturaleza y en datos para la conservación de la biodiversidad.

2.6 Aplicable en diversos sectores de sistemas eléctricos. Por ejemplo, optimización en el almacenamiento de electricidad y gestión de microrredes⁶² en zonas con sistemas descentralizados. Puede mejorar el funcionamiento de generadores de energías renovables como turbinas eólicas, paneles solares a partir del análisis inteligente de condiciones meteorológicas, y detectar fugas de metano en gasoductos de gas natural.

2.7 Puede contribuir al sector transporte optimizando rutas y calendarización del transporte de mercancías, así como aumentar el uso de opciones con bajas emisiones de carbono. Puede mejorar las estadísticas de uso del transporte, así como estimar sobre la demanda de transporte público y sus infraestructuras.

2.8 A través de esta tecnología se pueden localizar lugares vulnerables y afectados por la crisis climática y dirigir los esfuerzos para mejora de infraestructura y predicción de riesgos.

2.9 Puede contribuir a labores de rescate en caso de catástrofes como tormentas, inundaciones e incendios, fortaleciendo la generación de mapas⁶³.

62 Versión comprimida de la red eléctrica.

63 Adaptación de la sociedad. La IA puede ayudar a la sociedad a resistir los efectos del cambio climático (GPAI, 2021).

3. Blockchain:

3.1 Brinda herramientas para garantizar la transparencia, confianza y seguridad en las transacciones, permitiendo el seguimiento de la alocaación de recursos financieros destinados a conservación (bonos de carbono, biodiversidad, etc.). Esta tecnología permite crear un registro digital descentralizado, transparente, público y universal que puede servir como medio de intercambio para financiar los logros en la reducción de emisiones⁶⁴.

3.2 Permiten la trazabilidad de los productos en las cadenas productivas y asegurar la procedencia legal y sustentable de los productos primarios.

3.3 Son herramientas importantes para la adaptación a condiciones climáticas adversas mediante la emisión de seguros descentralizados y monitoreables, especialmente aquellas que se enfrentan a riesgos climáticos como el sector agrícola.

3.4 Tiene el potencial de fortalecer una transición digital sustentable del sector energético⁶⁵, en combinación también con IA y otras tecnologías como IoT, para una red más segura, transparente y eficiente (Comisión Europea, 2022)⁶⁶.

3.5 Su uso permite diversificar estrategias de economías autogestivas con tecnología blockchain para financiar proyectos de impacto comunitario de alta escalabilidad.

64 Blockchain for Climate Foundation creó la plataforma BITMO para permitir la emisión y el intercambio de “Resultados de Mitigación Transferidos Internacionalmente por Blockchain” (BITMO por sus siglas en inglés) como tokens no fungibles (NFT) ERC-1155 en la blockchain Ethereum. Cada ficha, equivalente a una tonelada de CO₂, contiene

todos los datos pertinentes sobre los créditos de carbono. Plataforma BITMO <https://www.blockchainforclimate.org/the-bitmo-platform>

65 Como recomienda también un estudio de la Alianza Energética entre México y Alemania (2020), la tecnología blockchain tiene el potencial de ser utilizada para eficientizar procesos del sector energético en México.

66 Como recomienda también el Informe de prospectiva estratégica 2022. Hermanamiento de las transiciones ecológica y digital en el nuevo contexto geopolítico. Bruselas.

4. IoT:

4.1 Permite la recolección de datos en condiciones reales que facilitan visualizar información, el monitoreo ambiental, las alertas tempranas ante riesgos, entre otros.

4.2 El despliegue de sensores conectados a la red en zonas prioritarias para la resiliencia y adaptación a eventos climáticos extremos tiene el potencial de prevenir desastres y generar alertas tempranas (como ecosistemas de manglar).

4.3 El monitoreo en tiempo real, brinda a las comunidades herramientas para tomar decisiones informadas que de otra manera no se podrían llevar a cabo (por ejemplo, condiciones de difícil acceso al terreno).

4.4 Puede contribuir, en conjunto con IA, a la ecologización de edificios para optimizar el consumo energético y reducir las emisiones a través de sistemas digitales y sensores de IoT desplegados para monitorear parámetros de relevancia.

4.5 Sensores que analizan los componentes bióticos y abióticos para la optimización de procesos y la reducción de desperdicios con el uso de IoT/robótica, IA y big data pueden aportar a la innovación en la agricultura de precisión.

4.6 Es posible utilizar sensores con IoT para el monitoreo y gestión de huertos urbanos, entre otras estrategias de vivienda ecológica.

5. Otras tecnologías emergentes:

5.1 RA/RV:

- 5.1.1 Facilitan la visualización de información y fortalece procesos de educación inmersiva para dar a conocer ecosistemas, interactuar con la biodiversidad y concientizar a la población sobre su valor y los posibles riesgos.

5.2 Gemelos digitales:

- 5.2.1 Brindan la capacidad para agregar grandes cantidades de información que permitan visualizar tanto el estado actual, como potenciales impactos futuros, sin necesidad de modificar el ecosistema o de recrear condiciones reales en espacios controlados. Permite la reducción de costos y de recursos humanos e institucionales.

5.3 Metaverso:

- 5.3.1 Tiene el potencial de conectar múltiples gemelos digitales en un solo espacio virtual y permite realizar conexiones entre patrones ambientales, climáticos, sociales y económicos, a la vez que facilita la participación comunitaria y la integración de diferentes perspectivas.

6.2 Retos

A lo largo de esta investigación se identificaron ciertos retos y riesgos que conlleva la transformación digital sustentable.

Algunos de los retos más apremiantes para que la transformación digital acelere acciones climáticas en México incluyen: la obsolescencia de los equipos y costos relacionados con la infraestructura, la generación de mecanismos de inversión en tecnologías digitales que brinde retornos, la sinergia de planes de trabajo y agendas gubernamentales digitales y climáticas, las habilidades y conocimientos digitales institucionales y, la capacidad de las instituciones de tener la independencia necesaria para administrar sus propios recursos a través del tiempo.

“Antes de intentar desarrollar una nueva herramienta digital desde cero, que va a tener costos y que va a llevar tiempo, es necesario identificar si existe otra que se pueda aprovechar, que esté operando y que pueda ser útil para esto. Es probable que cuando se termine de desarrollar una herramienta propia, pase el tiempo, se haga obsoleta y se tenga que abordar de otra manera.”

— **Itzchel Nieto**

Directora de Investigación para Estrategias Bajas en Carbono, INECC

Retos*

Marcos jurídicos y reglamentarios armonizados que se desarrollen de acuerdo a las necesidades nacionales

Brecha digital

Falta de suficientes conocimientos y habilidades para el uso de las tecnologías digitales, sensibilización, comprensión y experiencia de uso

Poca interoperabilidad y acceso a datos abiertos (Berliner, et al. 2022)

Necesidad de infraestructura digital baja en emisiones

Factores determinantes

- Necesidad de articulación entre la Estrategia Nacional Digital y otros marcos jurídicos de desarrollo tecnológico con los marcos jurídicos ambientales.
- Falta de marcos jurídicos que cuantifiquen el impacto ambiental de las tecnologías digitales emergentes en los diferentes sectores.

- Necesidad de fortalecer indicadores y datos desagregados (género, etaria, socioeconómica, geográfica) relacionados con el acceso, asequibilidad y usos de la banda ancha y dispositivos, así como de competencias digitales para el diseño de políticas públicas efectivas contextuales.
- Ausencia de protocolos para la colecta de datos continua en zonas vulnerables a los impactos del cambio climático que no cuentan con conectividad.
- Necesidad de fortalecer esquemas de justicia climática, confianza y equidad digital para que ninguna región y ninguna persona se queden atrás.

- Falta de planes educativos y de enseñanza mediática inclusiva para acelerar las capacidades digitales en las cinco dimensiones de las competencias digitales, adaptados a cada uno de los sectores (gobierno, privado, sociedad civil y academia).

- Disponibilidad insuficiente de información pública transparente y abierta sobre el cumplimiento de metas ambientales.
- Formatos diferenciados de agregación de la información que obstaculizan la interoperabilidad y la comunicación intersecretarías, así como el análisis de datos desde el sector académico, privado y civil⁶⁷.

- Déficit de infraestructura en general en las áreas rurales, telefonía rural, conectividad, Internet, baja calidad de los servicios
- Alto consumo de energía y costos medioambientales y falta de infraestructura para la transición dual (Centro México Digital, 2022b).

⁶⁷ En Estonia los componentes reutilizables como X-Road (<https://x-road.global/>) para el intercambio de datos son utilizados para habilitar servicios públicos y privados, y su financiación proviene de un consorcio multilateral formado por Estonia, Finlandia e Islandia (Martínez, 2022)

7. Oportunidades para México

En la siguiente sección se destacan oportunidades de alto nivel para acelerar las acciones de mitigación y adaptación para enfrentar la crisis climática a través del aprovechamiento responsable de las tecnologías digitales. Si bien éstas están dirigidas principalmente al sector gubernamental y privado, se incluyen algunas oportunidades valiosas para el sector académico, social y el ecosistema de financiamiento.

Estas oportunidades buscan transmitir un mensaje de porqué es fundamental vincular la tecnología de base digital a la acción climática, el desarrollo sustentable y desde luego, a “re-pensar” el desarrollo con un enfoque de justicia climática y en la mitigación de los potenciales efectos de rebote del despliegue tecnológico⁶⁸ con una aplicación ética, responsable, respetuosa y justa.

Se considera que esta reflexión abra las puertas hacia una investigación más profunda, incluso cuantitativa, que aporte al diseño de una Hoja de Ruta⁶⁹ que identifique y que exponga los primeros pasos para llevar a cabo acciones multisectoriales que procuren una transformación digital sustentable.

68 Estas oportunidades fueron enriquecidas por las personas expertas consultadas, así como reportes internacionales que se pueden consultar en las referencias de este documento.

69 Plan de acción a seguir que muestra una secuencia detallada de pasos a modo de cronograma temporal de tareas para lograr un fin específico. <https://economia.org/hoja-de-ruta.php>



“Existe una gran oportunidad para que México aproveche el potencial de las nuevas tecnologías para el cumplimiento de sus metas sociales y ambientales de forma integral. Sin embargo, hay una necesidad apremiante para que esta transformación digital sustentable se lleve a cabo de forma ética, inclusiva y justa. Para esto, es fundamental crear una estrategia ambiciosa y pragmática a la vez que tenga en el centro a las personas, principios de gobernanza inclusiva y beneficios equitativos”.

— Constanza Gómez Mont
Fundadora y Presidenta, C Minds

A continuación se presenta un resumen de las oportunidades identificadas por sector. En la sección 7.1 se enlistan líneas de acción específicas para cada una de las oportunidades.

Sector gubernamental

- Diseñar una política pública que responda a las oportunidades que brindan el uso de las tecnologías digitales para la acción climática en un punto de armonía con el desarrollo sustentable (transición dual).
- Crear una comisión o grupo de trabajo enfocado al desarrollo, investigación y aprovechamiento de tecnologías digitales para la acción climática en México.
- Acelerar la adopción y el uso estratégico de tecnologías digitales emergentes para eficientar la implementación de la política pública en materia de cambio climático de SEMARNAT y sus organismos.
- Diseñar una estrategia para la identificación, mitigación y manejo de impactos sociales y ambientales del uso de las tecnologías digitales aplicadas a la acción climática.
- Desarrollar y/o fortalecer estrategias para la educación y la creación de habilidades digitales de forma inclusiva que favorezcan las acciones para contrarrestar los impactos de la crisis climática.

Sector privado

- Visibilizar la existencia y la posibilidad de creación de herramientas y estrategias basadas en tecnologías digitales para la acción climática así como acelerar su adopción.
- Llevar a cabo evaluaciones de impacto periódicas y sistemáticas para medir los impactos del despliegue de las soluciones digitales en las personas y en el ambiente.

Ecosistema de financiamiento

- Identificar fondos de financiamiento sostenible especializados en modelos de negocio que coadyuven a las acciones de mitigación y adaptación a través de modelos de gobernanza inclusivos con los grupos de interés.
- Diseñar mecanismos para la fusión del financiamiento del sector público y privado; así como fortalecer el papel de los bancos multilaterales de desarrollo.
- Colaborar con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, y Nacional Financiera para dar continuidad a la emisión de bonos verdes/climáticos.

Sector académico

- Aprovechar las tecnologías digitales para apoyar las acciones contra el cambio climático y la conservación de la biodiversidad en proyectos de investigación para su aplicación y contribución a las necesidades de la población, del sector privado y gubernamental.
- Fortalecer y diseñar programas académicos y hubs de investigación para la creación de proyectos interdisciplinarios con enfoque en la transición dual.

Sector social

- Crear y facilitar espacios colaborativos y descentralizados que acerquen a todas las personas a mecanismos de acceso libre a la información, capacitación y herramientas sobre las más recientes tecnologías para fomentar el involucramiento en el diseño de políticas públicas, seguimiento a iniciativas, fomento a la transparencia de acciones de todos los sectores, y/o creación de proyectos que contribuyan a la acción climática con base en los NDC de México, entre otro tipo de acciones.
- Informar e incidir en la mitigación de los retos de la brecha digital, con especial énfasis en grupos vulnerables y comunidades indígenas de manera transversal a un enfoque de género.
- Propiciar espacios de diálogo y divulgación mediática transparente sobre las oportunidades de una transición dual para la mayor implicación de la sociedad civil.
- Acelerar la adopción de tecnologías para acción climática en proyectos de la sociedad civil a través de la implementación de estrategias de difusión para la aceleración y escalabilidad de proyectos ambientales⁷⁰.
- Diseñar material orientativo para el uso responsable de tecnologías digitales en todos los sectores con potencial para contribuir a la acción climática en México.

⁷⁰ Ejemplos concretos de estas aplicaciones se destacan en la sección 6.1.

7.1 Líneas de acción detalladas para las oportunidades identificadas

En la siguiente sección se detallan líneas de acción para cada oportunidad identificada por sector:

Sector gubernamental

1. Diseñar una política pública que responda a las oportunidades que brindan el uso de las tecnologías digitales para la acción climática en un punto de armonía con el desarrollo sustentable (transición dual).

- 1.1. Guiar la aplicación del uso de las tecnologías considerando las prioridades de acción climática de México, el contexto nacional, así como la viabilidad técnica, económica, social e institucional; identificando los puntos fuertes y las áreas de oportunidad que tiene México por región y por sector en términos de innovación digital y sustentabilidad.
- 1.2. Generar estrategias de despliegue y adopción que sean inclusivas y equitativas que reflejen las necesidades, prácticas locales y capacidades, incluyendo a las personas afectadas por todo el ciclo de vida de las tecnologías.
- 1.3. Diseñar políticas públicas y normas regionales para una transición dual justa, inclusiva, asequible y sustentable que beneficie a todas las personas.
- 1.4. Trabajar de la mano con la Presidencia de la República y los Gobiernos
- Municipales para el fortalecimiento de las estrategias nacionales y locales de digitalización y aprovechamiento tecnológico. En este sentido, es necesario fortalecer la conectividad, y las habilidades digitales inclusivas, con especial énfasis en comunidades vulnerables a los impactos del cambio climático, la interoperabilidad

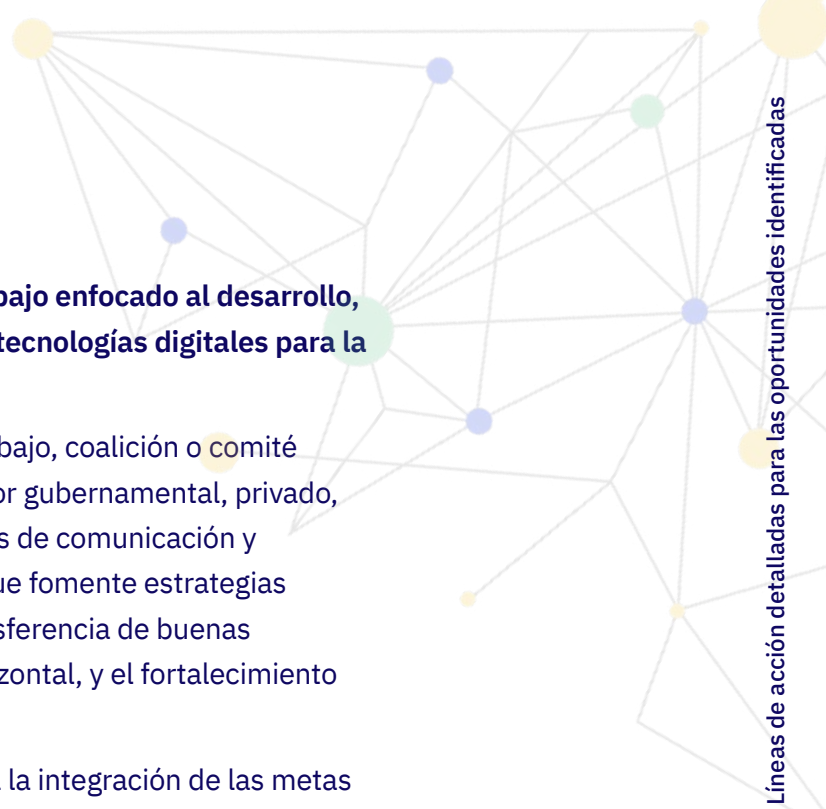


de datos abiertos e interconectados y la intersección de las agendas digitales y climáticas; entre otros, como habilitadores para un aprovechamiento de estas tecnologías aplicadas a la acción climática.

- 1.5. Trabajar de la mano en el fortalecimiento de los habilitadores de para la transformación digital en México, enfatizando factores como i) Conectividad, ii) Habilidades digitales inclusivas, iii) Interoperabilidad de datos abiertos, iv) Marcos jurídicos armonizados, v) Digitalización de servicios de gobierno, vi) Canasta básica digital, vii) Protocolo de respuesta digital a emergencias, viii) Compras públicas de TICs Sustentables, como puntos clave.
- 1.6. Ampliar a otras instituciones relacionadas con SEMARNAT e INECC el uso de la infraestructura digital del INAFED, como lo lleva a cabo el INECC, para fortalecer la vinculación con las entidades municipales del país y facilitar el acceso a información, capacitaciones en material digital y ambiental.
- 1.7. Crear mecanismos de financiamiento sustentable e incentivos para el sector privado y el sector social para impulsar la transición dual. Fomentar la participación de los organismos multilaterales y las instituciones de banca de desarrollo para este fin.
- 1.8. Brindar herramientas, capacitación y recursos a proyectos ambientales escalables con potencial de digitalizarse y aprovechar las nuevas tecnologías para ampliar su impacto.
- 1.9. Diseñar e impulsar líneas de acción para una transición dual en los sectores prioritarios para la acción climática en México⁷¹.
- 1.10. Promover estrategias en materia de ciberseguridad para garantizar la protección de los datos de todas las personas, especialmente las más vulnerables ante el cambio climático.

⁷¹ Ejemplos concretos de estas aplicaciones se destacan en la sección 4.1 “Áreas de aplicación de las tecnologías digitales para la acción climática”.





2. Crear una comisión o grupo de trabajo enfocado al desarrollo, investigación y aprovechamiento de tecnologías digitales para la acción climática en México.

- 2.1. Generar un grupo de trabajo, coalición o comité con representantes del sector gubernamental, privado, académico, social, de medios de comunicación y organismos multilaterales que fomente estrategias multisectoriales para la transferencia de buenas prácticas, la vinculación horizontal, y el fortalecimiento de políticas públicas.
- 2.2. Diseñar estrategias para la integración de las metas climáticas en las líneas de acción de la Estrategia Digital Nacional a través del marco del Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC). Se sugiere que se incluyan representantes del INAFED y de CONANP, entre otras instituciones clave, en la misma.
- 2.3. Monitorear y evaluar el desempeño de las tecnologías digitales aplicadas para la acción climática a través del análisis de datos, encuestas, evaluaciones, modelos de simulación, entre otras herramientas, que contribuyan a determinar los impactos ambientales y sociales.
- 2.4. A partir de este nuevo conocimiento, la creación del sugerido grupo de trabajo y una vez realizada la cuantificación del impacto de las tecnologías digitales para la mitigación y adaptación, realizar una evaluación de qué programas estratégicos gubernamentales de cambio climático pudieran beneficiarse en el corto y mediano plazo de la adopción de tecnologías digitales emergentes.
- 2.5. Crear una hoja de ruta para acelerar la transformación digital sustentable con puntos de acción concretos y metas medibles para el grupo interagencial, considerando los insumos del grupo de trabajo multisectorial.

3. Acelerar la adopción y el uso estratégico de tecnologías digitales emergentes para eficientar la implementación de la política pública en materia de cambio climático de SEMARNAT y sus organismos⁷².

- 3.1. Fomentar la diversificación de los perfiles que integran los proyectos de la SEMARNAT con enfoque digital y/o fortalecer las habilidades técnicas digitales del equipo⁷³.
- 3.2. Fomentar las decisiones basadas en datos y la generación de sistemas autónomos e inteligentes que sirvan como herramientas para la aceleración y amplificación de soluciones climáticas⁷⁴.
- 3.3. Aprovechar las tecnologías de IoT y satelitales, entre otras, para priorizar la datificación de los sectores clave para la mitigación y adaptación del cambio climático y la publicación de macrodatos en formato abierto para su aprovechamiento (a través de procesos basados en big data e IA) por todos los grupos de interés.
- 3.4. Crear un lago de datos⁷⁵ abierto y con una gobernanza efectiva especializado en temáticas de interés climático para que los diferentes sectores puedan aportar bases de datos a la Plataforma de Datos Abiertos y al Sistema de Información de la Agenda de Transparencia de acciones climáticas a nivel subnacional (SIAT-Subnacional); así como desarrollar APIs⁷⁶ para un consumo de datos efectivo por parte de grupos de interés. Esto con el fin de fomentar el procesamiento de big data, el análisis en tiempo real y el aprendizaje automático para la toma de decisiones y generación de conocimiento nuevo⁷⁷.
- 3.5. Aprovechar la tecnología digital para escalar y eficientar el monitoreo, control y la evaluación de los impactos climáticos. Esto puede incluir el fortalecimiento del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (Gobierno de México, 2022) con la posibilidad de integrar sistemas inteligentes para el análisis y visualización de datos, así como para desagregar la información a nivel municipal.

72 Ejemplos concretos de estas aplicaciones se destacan en la sección 6.1.

73 Se pueden desarrollar retos de innovación# en donde empresas y personas interesadas puedan apoyar metas específicas de SEMARNAT en este campo. Ejemplo de reto de innovación: Code for America. <https://codeforamerica.org/>

74 Crear alianzas con universidades y centros de investigación de México especializados en IA para que desarrollen proyectos de investigación aplicada a partir de los datos del lago de datos (ver punto 3.4) con base en las NDC de México.

75 Un lago de datos es un repositorio centralizado que permite almacenar todos los datos estructurados y no estructurados a cualquier escala. Puede almacenar datos sin tener que estructurarlos primero, y ejecutar distintos tipos de análisis, desde cuadros de mando y visualizaciones hasta procesamiento de big data, análisis en tiempo real y aprendizaje automático para tomar mejores decisiones.

<https://aws.amazon.com/big-data/datalakes-and-analytics/what-is-a-data-lake/>

76 APIs: Mecanismos que permiten a dos componentes de software comunicarse entre sí mediante un conjunto de definiciones y protocolos. Por ejemplo, el sistema de software del instituto de meteorología contiene datos meteorológicos diarios. La aplicación meteorológica de su teléfono “habla” con este sistema a través de las API y le muestra las actualizaciones meteorológicas diarias en su teléfono. <https://aws.amazon.com/es/what-is-api/>

77 Documentar y darle visibilidad a casos de estudio aplicados en donde fueron aprovechados los datos con explicaciones claras de los aprendizajes y su impacto para incentivar el aprovechamiento de los datos para la agenda climática y hacer tangible los beneficios.

- 3.6. Aprovechar las tecnologías basadas en blockchain para garantizar procesos transparentes, traceables, medibles y transparentes en los despliegues de programas gubernamentales y cumplimiento de políticas climáticas⁷⁸.

78 Catalizar la innovación cívica en este campo generando espacios de participación de la comunidad de blockchain para proponer y desarrollar soluciones concretas que aprovechen estas tecnologías para las metas de innovación institucional y cumplimiento de las NCDs de México.

4. Diseñar una estrategia para la identificación, mitigación y manejo de impactos sociales y ambientales del uso de las tecnologías digitales aplicadas a la acción climática.

- 4.1. Crear mecanismos de evaluación de impacto previo al despliegue de nuevas tecnologías aplicadas a la acción climática⁷⁹.
- 4.2. Asegurar que esta estrategia se fundamenten en marcos jurídicos nacionales e internacionales⁸⁰ que procuren los derechos humanos y ambientales que protejan los territorios biodiversos y habitados por poblaciones, la ética, acceso a datos, información y conocimientos, libertad de innovación e investigación y bienestar.
- 4.3. Establecer mecanismos para regular la gestión de impactos y residuos del uso de las tecnologías digitales durante todo el ciclo de vida e implementar programas para el correcto manejo y disposición de residuos electrónicos⁸¹.
- 4.4. Desarrollar guías e incentivos para transicionar al desarrollo y uso de fuentes de energía renovables y limpias que den abasto a la alta demanda energética de la transformación digital, así como estrategias para compensar la huella de carbono a través de; por ejemplo, créditos de carbono auditados a través de tecnología blockchain, así como la integración de agendas de economía circular y producción y consumo responsables.
- 4.5. Considerar en la creación de proyectos de innovación digital sustentable y de adaptación al cambio climático, las vulnerabilidades desglosadas por sectores, género, etnia, situación socioeconómica, edad, situación de discapacidad y localización geográfica, entre otros factores de desigualdad.

79 Desarrollar una guía práctica de evaluación de impacto que ayude a los implementadores a identificar riesgos, mitigarlos y manejarlos. Se puede hacer esto a través de una página digital que automatice la evaluación y generación de recomendaciones de forma ágil. Se puede analizar el caso de la herramienta de autoevaluación del BID Lab de la iniciativa fAIr LAC: Autoevaluación ética de IA para actores del ecosistema emprendedor: Guía de aplicación.

80 Como el marco de transparencia la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico-y-su-protocolo-de-kioto-cmnucc#:~:text=La%20Convenci%C3%B3n%20Marco%20de%20las,de%20diciembre%20del%20mismo%20a%C3%B1o>.

81 Hacer visible, a través de campañas de comunicación en redes sociales por ejemplo, el impacto de la gestión inadecuada de residuos de las tecnologías digitales durante todo el ciclo de vida así como comunicar cómo se puede manejar correctamente.

- 4.6. Trabajar en conjunto con las comunidades indígenas y poblaciones vulnerables, impactadas por los proyectos en cuestión, durante el desarrollo de proyectos con base tecnológica para conocer y atender sus necesidades específicas. Respetar la cosmovisión y autogestión de las comunidades indígenas y poblaciones vulnerables.

5. Desarrollar y/o fortalecer estrategias para la educación y la creación de habilidades digitales de forma inclusiva que favorezcan las acciones para contrarrestar los impactos de la crisis climática.

- 5.1. Crear un programa de capacitación⁸² especializado para funcionarios públicos enfocado a conocer más sobre el potencial de aprovechar las tecnologías digitales emergentes desde el sector público para las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático⁸³.
- 5.2. Desarrollar programas que fortalezcan el aprendizaje del lenguaje digital⁸⁴, los potenciales beneficios del uso de las tecnologías digitales, y aumenten la participación de la población⁸⁵ en las políticas públicas y en los procesos de toma de decisiones para contribuir a estrategias inclusivas⁸⁶ y a un reparto justo de costos y beneficios.
- 5.3. Mitigar la brecha digital en las poblaciones más vulnerables a efectos de la crisis climática asegurando que todas las personas cuenten con acceso, asequibilidad y competencias digitales necesarias para participar en la transición dual, reconociendo factores de desigualdad⁸⁷.

82 Desde SEMARNAT y en colaboración con otras dependencias, crear un MOOC con organizaciones líderes en la temática en México para agilizar el desarrollo de conocimiento en la materia para el sector público.

83 Revisar herramienta de “Uso responsable de IA para política pública: manual de formulación de proyectos”

<https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Us-responsable-de-IA-para-politica-publica-manual-de-formulacion-de-proyectos.pdf>

84 A través de la priorización de programas para personas jóvenes que fortalezcan las competencias en tecnologías digitales emergentes.

85 Garantizar que todas las personas tengan acceso a la información y herramientas de formación, atendiendo las necesidades específicas de aprendizaje de cada sector de la población. En este sentido, generar contenidos asequibles de capacitación en formato de lectura fácil para personas con discapacidad, en lenguas indígenas para las comunidades monolingües y con estrategias de aprendizaje alternativas para personas neuro-divergentes, entre otras.

86 Promover una cultura en donde las habilidades y competencias digitales se consideran habilidades básicas para el mundo actual y son integradas en todos los niveles del sistema educativo, con potencial de enriquecer a la acción climática.

87 Conocer el estado del servicio de conectividad por localización geográfica y número de personas que tienen acceso. De ser un escenario poco favorable, identificar los factores clave.

Sector privado

1. Visibilizar la existencia y la posibilidad de creación de herramientas y estrategias basadas en tecnologías digitales para la acción climática así como acelerar su adopción.

- 1.1. Cuantificar los impactos del aprovechamiento de las tecnologías digitales emergentes en la intersección del modelo de negocio empresarial y las acciones por mitigación y adaptación climática (por ejemplo, optimización de cadenas productivas, mejora en la eficiencia energética en las operaciones, entre otros).
- 1.2. Fortalecer la capacidad institucional de las empresas para atender las oportunidades de mercado existentes, reforzar la investigación y desarrollo, incrementar su inversión y acelerar la adopción oportuna y responsable de tecnologías digitales.
- 1.3. Fortalecer la capacidad de adaptación climática de las empresas, de sus grupos de interés y cadenas de valor aprovechando las herramientas de la transformación digital,
- 1.4. Explorar el uso de tecnologías blockchain y otras tecnologías digitales para crear mecanismos innovadores para agilizar procesos, reducir las barreras de acceso a capital, descentralizar procesos de financiamiento, transparentar operaciones⁸⁸ y/o crear esquemas innovadores de distribución de beneficios.
- 1.5. Aprovechar las nuevas tecnologías para medir y comunicar métricas relacionadas al impacto ambiental (como compensación de huella de carbono, entre otros).
- 1.6. Diseñar esquemas de producción sustentable a través del uso de tecnologías digitales⁸⁹.
- 1.7. Trabajar en conjunto con el sector público para fortalecer cadenas de valor productivas sustentables que aprovechen las tecnologías digitales para alinearse con las NDC de México.
- 1.8. Desarrollar y difundir documentación de casos de estudio aplicados, así como los riesgos del cambio climático en una narrativa adecuada para el sector privado (enfocado en términos económicos, riesgo, captación de mercado, entre otros) con el fin de generar más conciencia en el sector y fomentar su desarrollo y fortalecimiento.

88 Por ejemplo, utilizar blockchain para fortalecer la transparencia en mercados de compra y venta de créditos de carbono.

89 Ello puede implicar analizar tendencias de consumo y desarrollar nuevos materiales bajos en emisiones. Participar en un diálogo público-privado sobre los beneficios y necesidades asociadas a la transformación digital.

2. Llevar a cabo evaluaciones de impacto periódicas y sistemáticas para medir los impactos del despliegue de las soluciones digitales en las personas y en el ambiente.

- 2.1. Aprovechar tecnologías digitales como big data, sistemas de IA y blockchain para adoptar mejores prácticas de marcos globales de rendición de cuentas⁹⁰ basados en derechos humanos⁹¹.
- 2.2. Establecer metodologías de evaluación sistemática del impacto ambiental directo e indirecto de las herramientas digitales a lo largo de todo el ciclo de vida (huella de carbono, consumo de energía y el impacto ambiental de la extracción de las materias primas), mediante el diseño de mecanismos de trazabilidad y seguimiento efectivos⁹² basados en blockchain y big data⁹³.
- 2.3. Aprovechar tecnologías digitales para diseñar estrategias de mitigación de impacto ambiental y comunicación transparente y entendible del impacto y esfuerzos.⁹⁴

90 Como los creados por el Grupo de trabajo sobre divulgación de información financiera relacionada con el clima (Task Force on Climate-related Financial Disclosures# en inglés) y el Grupo de trabajo sobre divulgación de información financiera relacionada con la naturaleza (Task Force on Nature-related Financial Disclosures# en inglés), los cuales incluyen que la pérdida de biodiversidad y de los servicios ecosistémicos representa para las industrias y las instituciones financieras, así como unos lineamientos para estimar y reconocer el valor de la naturaleza, así como para generar mecanismos transparentes para reportar información financiera de proyectos climáticos y relacionados con la naturaleza.

91 Aprovechar las tecnologías digitales como herramientas de observación y análisis para entender los retos, desigualdades y oportunidades sociales de su aprovechamiento

92 Esto con el fin de conocer los avances y definir si acciones implementadas para la mitigación de impacto ambiental están funcionando o si es necesario cambiar de estrategia. Aspectos de evaluación de impacto a tomar en cuenta: a) Infraestructura, b) Digitalización de las personas y la sociedad y c) Innovación y adopción tecnológica.

93 Por ejemplo, estrategias basadas en big data e IA para la consulta y la retribución a las poblaciones vulnerables donde se implemente infraestructura, así como atender y respetar sus necesidades relativas a recursos y sus territorios.

94 Ejemplos concretos de estas aplicaciones se destacan en la sección 6.1.



Ecosistema de financiamiento (fondos climáticos, bancos multilaterales de desarrollo, entre otros)

- 1. Identificar fondos de financiamiento sostenible⁹⁵ especializados en modelos de negocio que coadyuven a las acciones de mitigación y adaptación a través de modelos de gobernanza inclusivos con los grupos de interés⁹⁶.
- 2. Diseñar mecanismos para la fusión del financiamiento del sector público y privado; así como fortalecer el papel de los bancos multilaterales de desarrollo (MDBs por sus siglas en inglés) y organismos internacionales de cooperación y desarrollo, para la financiación climática y la mitigación de los riesgos de inversiones para capital privado a través de, por ejemplo, garantías de rendimiento.
- 3. Colaborar con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, y Nacional Financiera para dar continuidad a la emisión de bonos verdes/climáticos⁹⁷, actualizando constantemente el portafolio de proyectos a financiar con dichos recursos de acuerdo a la políticas públicas prioritarias para cumplir con las NDC y la transición dual.

95 Estos pueden venir provenir del sector público, privado, fondos de fideicomiso, bancos de desarrollo, entre otros.

96 Financiar capital de riesgo para modelos innovadores que reduzcan la barrera de acceso a emprendedores para la creación de nuevas empresas de base tecnológica para la acción climática y soluciones basadas en la naturaleza (startups).

97 https://www.nafin.com/portalnf/content/sobre-nafin/sala-de-prensa/boletin_bono_verde.html#:~:text=El%20bono%20verde%20de%20Nacional%20Financiera%20es%20un%20reflejo%20m%C3%A1s,metas%20ambientales%20del%20Gobierno%20Federal.

Sector académico

1. Aprovechar las tecnologías digitales para apoyar las acciones contra el cambio climático y la conservación de la biodiversidad en proyectos de investigación para su aplicación y contribución a las necesidades de la población, del sector privado y gubernamental.

- 1.1. Acelerar la investigación enfocada a optimizar el aprovechamiento big data, IA, blockchain, IoT y robótica, RV/RA, gemelos digitales y el metaverso, entre otros, para crear y acelerar la acción multisectorial de mitigación y adaptación al cambio climático.
- 1.2. Crear la identificación de necesidades clave, principalmente del sector público y privado, en donde el uso de las tecnologías digitales tiene el mayor potencial de abordar retos sociales, ambientales y oportunidades de mercado.

2. Fortalecer y diseñar programas académicos y hubs de investigación para la creación de proyectos interdisciplinarios con enfoque en la transición dual.

- 2.1. Preparar y capacitar a talentos académicos con potencial de contribuir al desarrollo de proyectos aplicados a la acción climática.
- 2.2. Fomentar espacios y asignar recursos para fortalecer la vinculación a través de diálogos universitarios e interdisciplinarios.
- 2.3. Promover la realización de prácticas profesionales en empresas tecnológicas nacionales e internacionales enfocadas a la acción climática.
- 2.4. Otorgar programas de financiamiento que propicien los estudios de investigación académica con enfoque en la transición dual.
- 2.5. Unificar esfuerzos académicos, entre departamentos y diversas instituciones a nivel nacional y local, para fortalecer la investigación académica con enfoque en la acción climática.
- 2.6. Incorporar a la oferta académica de formación técnica profesional, licenciatura y posgrados carreras enfocadas en la Agenda de Cambio Climático, NDCs y Transición Dual.



Sector social

1. Crear y facilitar espacios colaborativos y descentralizados que acerquen a todas las personas a mecanismos de acceso libre a la información, capacitación y herramientas sobre las más recientes tecnologías para fomentar el involucramiento en el diseño de políticas públicas, seguimiento a iniciativas, fomento a la transparencia de acciones de todos los sectores, y/o creación de proyectos que contribuyan a la acción climática con base en los NDC de México, entre otro tipo de acciones⁹⁸.
2. Informar e incidir en la mitigación de los retos de la brecha digital, con especial énfasis en grupos vulnerables y comunidades indígenas de manera transversal a un enfoque de género.
3. Propiciar espacios de diálogo y divulgación mediática transparente sobre las oportunidades de una transición dual para la mayor implicación de la sociedad civil.
4. Acelerar la adopción de tecnologías para acción climática en proyectos de la sociedad civil a través de la implementación de estrategias de difusión para la aceleración y escalabilidad de proyectos ambientales⁹⁹.
5. Diseñar material orientativo para el uso responsable de tecnologías digitales en todos los sectores con potencial para contribuir a la acción climática en México.

98 Articular redes interdisciplinarias que brinden oportunidades para la aplicación de tecnologías digitales en proyectos y empresas que tengan incidencia positiva en la acción climática.

99 Ejemplos concretos de estas aplicaciones se destacan en la sección 6.1.

Transversal a todos los sectores

1. Promover una visión con enfoque centrado en las personas que priorice el bienestar, el uso eficiente de los recursos, los procesos circulares y las acciones regenerativas.
2. Promover el papel de los medios digitales en la difusión y promoción del aprovechamiento oportuno y contextual de las nuevas tecnologías para la conservación de la biodiversidad y la acción climática.
3. Implementar programas para medios digitales y de comunicación y compromiso para una transición justa y diseñar estrategias para mitigar la desinformación en torno a las nuevas tecnologías y al cambio climático; así como evitar utilizar narrativas que proponen el uso de las tecnologías digitales como una solución absoluta para combatir la crisis climática (conocido como tecnosolucionismo).
4. Fortalecer el ecosistema multisectorial para dar seguimiento a los proyectos de gobierno que trascienden a través de las administraciones para fomentar la continuidad y la rentabilidad de acciones prioritarias para la transición dual en México.
5. Establecer un observatorio de cumplimiento con los compromisos de acción climática (NDC) y transición dual, como espacio único de acceso digital a información, datos abiertos, catálogo de acciones y políticas públicas, con un modelo de gobernanza de múltiples partes interesadas¹⁰⁰.
6. Establecer un mecanismo de reconocimiento anual a las mejores iniciativas de colaboración multisectorial y de cumplimiento con las NDC¹⁰¹.
7. Desarrollar bases de datos dinámicas basadas en tecnologías digitales como blockchain, que permitan hacer visible el estado de los recursos y su gestión a través de datos pertinentes, oportunos y desglosados, mejorando así la toma de decisiones basada en datos, así como el seguimiento de proyectos y políticas ambientales.
8. Diseñar estrategias multisectoriales e integrales para la transversalización de esfuerzos entre la acción climática, conservación de la biodiversidad, economía circular y los ODS.
9. Fortalecer la capacidad de adopción suficiente de las tecnologías digitales en las instituciones públicas, privadas y comunidades afectadas y/o influyen en la acción climática¹⁰².

100 El observatorio deberá dar seguimiento al cumplimiento de medidas a través de mediciones basadas en el uso y reuso de datos abiertos habilitados por APIs voluntariamente establecidas por empresas, universidades, el INEGI, Organismos Internacionales y Sociedad Civil Organizada.

101 El reconocimiento deberá visibilizar las mejores prácticas, crear y fortalecer conexiones entre los sectores impulsores de dichas iniciativas. Acceso a diversos mecanismos de financiamiento para potenciar el impacto en el cumplimiento de las NDC con la práctica/iniciativa ganadora(s).

102 Llevar a cabo estrategias de difusión sobre tecnologías digitales emergentes para ser aprovechadas por las comunidades indígenas y poblaciones vulnerables, respetando cosmovisiones y prácticas ancestrales; diseñar y otorgar herramientas a las personas que más lo necesiten, que garanticen la autogestión y autonomía tecnológica para una adopción tecnológica justa y sustentable.

8. Conclusión

Nos encontramos en una década decisiva para el futuro del planeta. De acuerdo con las Naciones Unidas (2015), a la comunidad internacional le queda menos de dos décadas para implementar acciones efectivas para cambiar el rumbo de la crisis climática. Es fundamental proteger el 30% de los ecosistemas terrestres, marinos, costeros y de aguas continentales, restaurar los ecosistemas degradados para el 2030, y alcanzar emisiones netas cero para el 2050. Para lograr esto, será clave fortalecer los mecanismos de acción colectiva, junto con compromisos renovados para aprovechar todas las herramientas tecnológicas existentes que permitirían alcanzar las metas internacionales planteadas.

Las estrategias de acción multisectorial serán primordiales reconociendo al sector privado como un aliado crítico para alcanzar estas metas de cooperación; el sector gubernamental como regulador y proveedor de procesos e insumos; el sector académico como reforzador de conocimiento y experimentación; el sector social como un impulso que vigile y exija el cumplimiento de derechos y los ecosistemas de financiamiento como un complemento esencial de innovación en la movilización estratégica de recursos para llevar a cabo acciones de mitigación y adaptación a la crisis climática.

El uso de las tecnologías digitales está transformando las sociedades y las economías de todo el mundo, y las instituciones públicas dedicadas a trabajar por la estabilidad climática, la mitigación, la adaptación y la resiliencia, deberán acelerar las acciones para encontrarse en un punto en común con la acelerada transformación digital.

Es importante tener en consideración que a pesar de este creciente reconocimiento de la transformación digital sustentable como un factor habilitador de la mitigación y adaptación a la crisis climática, existen riesgos asociados a la magnitud de las brechas digitales y de acceso equitativo a herramientas y competencias digitales. Asimismo, los potenciales riesgos e impactos del uso de las tecnologías en el ambiente y las sociedades nos indican que es necesario diseñar marcos jurídicos y normativos acordes al contexto nacional enfocados a minimizar estos impactos y fortalecer los beneficios, así como acelerar el financiamiento para el despliegue de tecnologías climáticas.



Fortalecer el desarrollo de capacidades digitales, incrementar la generación de infraestructura digital baja en emisiones y facilitar el acceso y la interoperabilidad de los datos climáticos, entre otros aspectos críticos en la materia serán habilitadores clave para acelerar una adopción efectiva de estas herramientas para reducir emisiones y tomar acciones de adaptación frente al cambio climático.

Es así que se vuelve fundamental reconocer la necesidad de medir el impacto positivo de integrar estas tecnologías digitales emergentes en el cumplimiento de las metas climáticas para comprender el potencial presente y futuro acorde a las necesidades del país, e incorporar estos elementos en una eventual política nacional enfocada al despliegue responsable de tecnología digital con aplicaciones climáticas relevantes. Si bien, no todas las soluciones que aprovechan tecnologías digitales emergentes estarán enfocadas en la reducción directa de emisiones, las acciones estratégicas de aprovechamiento con fines de acción climática en diversos ámbitos están creciendo.

El potencial de aprovechar las tecnologías digitales para avanzar hacia una transformación digital sustentable y una transición dual efectiva se hace cada vez más presente. En esta era de cambios se vuelve de suma importancia utilizar todas las herramientas disponibles para crecer la productividad de las acciones por el clima y aumentar su impacto de acuerdo con el contexto. La suma de esfuerzos es fundamental para el contexto climático actual y el impulso de estrategias a través de tecnologías digitales emergentes puede contribuir a un cambio de paradigma en México y el mundo y generar una vinculación clara entre la acelerada transformación digital y las acciones de mitigación y adaptación climática aún son nacientes y necesitan de una clara comunicación entre las partes interesadas de ambos mundos (tecnológico y climático) y de todos los sectores para una efectiva armonización de esfuerzos y avanzar hacia una transición dual justa, sostenible y eficaz.





9. Referencias


A

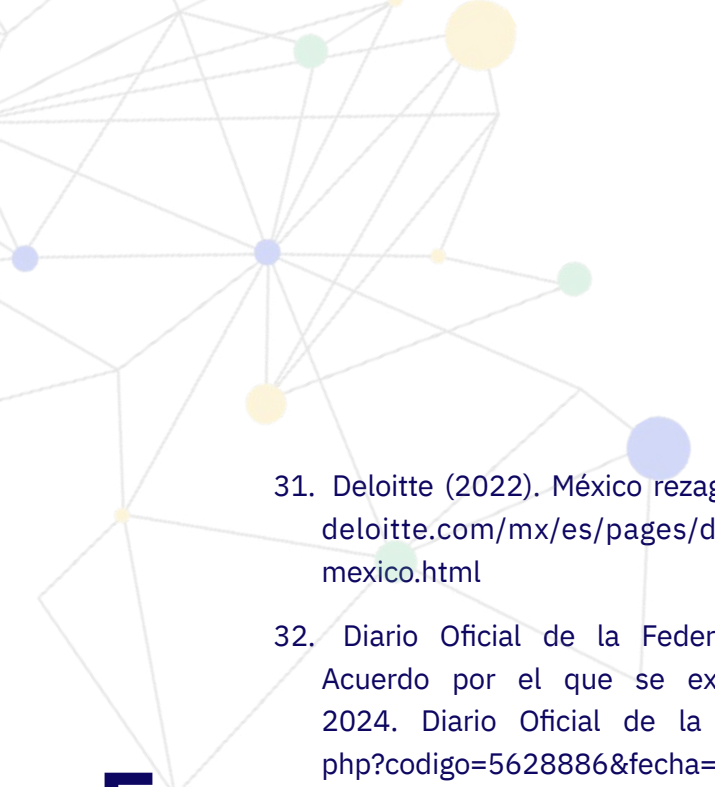
1. Accenture (2021). Sustainability is the next growth area, high tech are you ready? https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-166/Accenture-High-Tech-Sustainability-Final-v2.pdf
2. Accenture (2022). Accelerating global companies toward net zero by 2050. <https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/capabilities/strategy-and-consulting/strategy/document/Accenture-Net-Zero-By-2050-Global-Report-2022.pdf>
3. ACI Medellín (2022). Policy Brief “Tecnología en la Ciudad Inteligente y Oportunidades para Medellín en la Era Digital” <http://www.acimedellin.org/wp-content/uploads/2022/04/smart-cities-mde-ES-web.pdf>
4. Accurso, Mauro. (2022). Interview by Regina Cervera, C Minds (December 15, 2022) [Entrevista por videoconferencia].
5. Agencia Internacional de la Energía (2021). How Energy Efficiency Will Power Net Zero Climate Goals. <https://www.iea.org/commentaries/how-energy-efficiency-will-power-net-zero-climate-goals>
6. Alianza Energética México-Alemania (2020). Blockchain en el Sector Energético Mexicano: Impulsando la transformación digital. https://www.energypartnership.mx/fileadmin/user_upload/mexico/media_elements/reports/Blockchain_en_el_Sector_Energ%C3%A9tico_Mexicano.pdf
7. AWS Amazon (s.f). ¿Qué es big data?. <https://aws.amazon.com/es/big-data/what-is-big-data/>
8. AWS Amazon (s.f). ¿Qué es IoT?. <https://aws.amazon.com/es/what-is/iot/>
9. Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2018a). Blockchain: Cómo Desarrollar Confianza En Entornos Complejos Para Generar Valor De Impacto Social. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Blockchain-C%C3%B3mo-desarrollar-confianza-en-entornos-complejos-para-generar-valor-de-impacto-social.pdf>

B

10. BID (2018b). Tecnología para la acción climática en América Latina y El Caribe. Cómo las soluciones móviles y las TIC contribuyen a un futuro sostenible y bajo en carbono. <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2018/08/Tecnologia-para-la-accion-climatica-en-America-Latina-y-el-Caribe-Como-las-soluciones-moviles-y-las-TIC-contribuyen-a-un-fu.pdf>
11. BCG (2021). Reduce Carbon and Costs with the Power of AI. <https://www.bcg.com/publications/2021/ai-to-reduce-carbon-emissions>

12. Berliner, Daniel, Brian Palmer-Rubin, Jéscica E. Tapia Reyes, Benjamin E. Bagozzi, Aaron Erlich. (2022). Big data y acceso a la información en México (Informe de la Política Pública). The London School of Economics and Political Science. bigdataytransparenciamx.lse.ac.uk/
13. Bitkom & Accenture (2020). Bitkom Study: The digital economy's impact on the climate, <https://www.bitkom.org/climate-protection>
14. Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M. 2022. Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies. Background paper for The State of Food and Agriculture 2022. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO.
15. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA) (2019). Reporte: El Cambio Climático y el Sector Agropecuario en México. Palacio Legislativo de San Lázaro, CDMX.
16. Centro México Digital (2022a). Panorama de la brecha de género en el acceso, asequibilidad y usos de la banda ancha y las competencias digitales. Ciudad de México. <https://centromexico.digital/wp-content/uploads/2022/11/reporte-brecha-de-genero.pdf>
17. Centro México Digital (2022b). El Despliegue de Infraestructura de Telecomunicaciones es Fundamental para el Desarrollo del País. <https://www.centromexico.digital/wp-content/uploads/2022/11/despliegue-infraestructura-infografia.pdf>
18. CEPAL (2021a). L. Aguilar Revelo, “La igualdad de género ante el cambio climático: ¿qué pueden hacer los mecanismos para el adelanto de las mujeres de América Latina y el Caribe?”, serie Asuntos de Género, N° 159 (LC/TS.2021/79), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46996/4/S2100332_es.pdf
19. CEPAL (2021b) M. Dini, N. Gligo y A. Patiño. Transformación digital de las mipymes: elementos para el diseño de políticas, Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/99), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
20. CEPAL (2022). Un camino digital para el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe (LC/CMSI.8/3), Santiago. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/48460/S2200899_es.pdf?sequence=4&isAllowed=y

- 
21. Cluster Industrial (2022). México y la era digital: Día Mundial del Internet 2022. <https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/4821/mexico-y-la-era-digital-dia-mundial-del-internet-2022>
 22. C Minds: AI For Climate (2022). Living Lab, Reporte de recomendación: Sensores autónomos para el monitoreo ambiental de las lagunas costeras de Yucatán. <https://www.forclimate.ai/livinglab-report>
 23. C Minds, GIZ y SRE (2021). ImpactIA: IA para la recuperación económica sostenible e inclusiva de México. https://www.cminds.co/_files/ugd/de03fd_0cc3753bc9a34d55a0f304d66e987c42.pdf
 24. Comisión Europea (2019). Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology, Ethics guidelines for trustworthy AI, Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2759/346720>
 25. Comisión Europea (2022). Informe sobre prospectiva estratégica de 2022: Hermanamiento de las transiciones ecológica y digital en el nuevo contexto geopolítico. Bruselas. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/strategic-planning/strategic-foresight/2022-strategic-foresight-report_es
 26. Comisión Europea (2023). The Digital Decade policy programme 2030. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/policy-programme-path-digital-decade-factsheet>
 27. Connectas. Productores de café luchan contra la crisis climática en México. Plataforma Periodística para las Américas. <https://www.connectas.org/especiales/productores-de-cafe-contr-la-cri-sis-climatica/#:~:text=La%20afectaci%C3%B3n%20a%20la%20producci%C3%B3n,en%20un%2050%20por%20ciento.>
 28. Córdova, Christopher (2022). Hora de una victoria épica: protegiendo la naturaleza con tecnologías exponenciales https://victoria.land/wp-content/uploads/2022/10/041022-Hora_de_una_victoria_epica-ESP.pdf
 29. Data Centers (2020). Data Center Power Optimization: Increase Efficiency with a Data Center Audit. <https://www.datacenters.com/news/data-center-power-optimization-increase-efficiency-with-a-data-center-audit>
 30. Deloitte (2018). Artificial Intelligence. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/deloitte-analytics/deloitte-nl-data-analytics-artificial-intelligence-whitepaper-eng.pdf>

- 
31. Deloitte (2022). México rezagado en Internet de las Cosas. <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/internet-de-las-cosas-en-mexico.html>
 32. Diario Oficial de la Federación. Gobierno de México (DOF) (2021). Acuerdo por el que se expide la Estrategia Digital Nacional 2021-2024. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5628886&fecha=06/09/2021#gsc.tab=0

E


33. ESA eduspace (s.f). ¿Qué es la teledetección? https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEMO1U3FEXF_0.html
34. Foro Económico Mundial (2022). Digital solutions can reduce global emissions by up to 20%. Here's how. <https://www.weforum.org/agenda/2022/05/how-digital-solutions-can-reduce-global-emissions/#:~:text=If%20brought%20to%20scale%2C%20digital,the%20adoption%20of%20digital%20technologies>

F

35. Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G (2020). The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam. https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf
36. Fortune Business Insights (2022). Big Data Analytics Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, By Component (Software, Hardware, and Services), By Application (Data Discovery and Visualization, Advanced Analytics, and Others), By Vertical (BFSI, Automotive, Telecom/Media, Healthcare, Life Sciences, Retail, Energy & Utility, Government, and Others), and Regional Forecast, 2022-2029. <https://www.fortunebusinessinsights.com/big-data-analytics-market-106179>
37. Fuglie, Keith, Madhur Gautam, Aparajita Goyal, and William F. Maloney (2020). Harvesting Prosperity: Technology and Productivity Growth in Agriculture. Washington, DC: Banco Mundial World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-1393-1. License:Creative Commons AttributionCCBY3.0IGO <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32350/9781464813931.pdf>

G

38. Gobierno de México (2010). Ley Federal De Protección De Datos Personales En Posesión De Los Particulares. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPDPPP.pdf>

- 
39. Gobierno de México (2016). Guía para la estandarización y certificación de los trámites digitales con el Sello de Excelencia en Gobierno Digital https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5446678&fecha=03/08/2016#gsc.tab=0
 40. Gobierno de México (2017). Ley General De Protección De Datos Personales En Posesión De Sujetos Obligados. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPDPSO.pdf>
 41. Gobierno de México (2018). Protocolo digital de respuesta a emergencias, herramienta indispensable para la atención a la población. <https://www.gob.mx/segob/prensa/protocolo-digital-de-respuesta-a-emergencias-herramienta-indispensable-para-la-atencion-a-la-poblacion?idiom=es#:~:text=El%20Protocolo20Digital%20de%20Respuesta,y%20campa%C3%B1a%20de%20civismo%20digital.>
 42. Gobierno de México (2022a). Contribución Determinada a Nivel Nacional, actualización 2022. https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/Mexico_NDC_UNFCCC_update2022_FINAL.pdf
 43. Gobierno de México (2022b). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2022). México: Tercer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
 44. Gobierno de México (2022c). En el marco de su participación en la COP27, el canciller presentó los compromisos de México para hacerle frente al cambio climático. <https://www.gob.mx/sre/articulos/en-el-marco-de-su-participacion-en-la-cop27-el-canciller-presento-los-compromisos-de-mexico-para-hacerle-frente-al-cambio-climatico>
 45. Gobierno de México (2022d). Última reforma de la Ley General de Cambio Climático. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>
 46. Gobierno de México (2022a). Bases de datos estadísticas, cartográficas y documentales que recopilan, organizan y difunden la información sobre los recursos naturales. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-informacion-ambiental-y-de-recursos-naturales>
 47. GPAI (2021). Climate Change and AI: Recommendations for Government Action. In collaboration with Climate Change AI and the Centre for AI & Climate. <https://gpai.ai/projects/responsible-ai/environment/climate-change-and-ai.pdf>

H

48. Hootsuite (2019). Descubre el Estado de Tecnología Digital en México. <https://www.hootsuite.com/es/recursos/digital-in-2019-mexico>

I

49. IDC (2022). Mercado de servicios de TI en México creció un 18.4% en 2022. <https://cio.com.mx/idc-mercado-de-servicios-de-ti-en-mexico-crecio-un-18-4-en-2022/>

50. IFT (2019). Uso de las TIC y Actividades por Internet en México: Impacto de las Características Sociodemográficas de la Población (Versión 2019). Disponible en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/estadisticas/usodeinternetenmexico.pdf>

51. IFT (2021). Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH). https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/ENDUTIH_2019.pdf

52. INMARSAT (2022). Can Space Help Save The Planet? The First Ever Global Study Of Satellite-Enabled Decarbonisation. https://www.inmarsat.com/content/dam/inmarsat/corporate/documents/corporate/insights/Inmarsat_Can_space_help_save_the_planet_Final.pdf.gc.pdf

53. INECC (2018a). La economía del cambio climático. Resumen Informativo. Ciudad de México <https://cambioclimatico.gob.mx/sexta-comunicacion/material/economia.pdf>

54. INECC (2021a). González Terrazas D., Vermonden Thibodeau A., Gress Carrasco F., Municipios Vulnerables al Cambio Climático con base en los resultados del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático. Pp.60 https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/conten_intro/Mpos_Vulnerables_priorizacion_ANVCC.pdf

55. INECC (2021b). Estimación de costos y beneficios asociados a la implementación de acciones de mitigación para el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones comprometidos en el Acuerdo de París. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), México.

56. IPCC (2022a). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

57. IPCC (2022b). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926

J 58. Jalife, Salma. (2022). Interview by Regina Cervera, C Minds (December 5, 2022) [Entrevista por videoconferencia].

L 59. Laboratorio Nacional de Energías Renovables del Departamento de Energía de Estados Unidos. (2017). Proactive Maintenance for Wind Turbines with Big Data Analytics. By Wei Ma, Zhi Zhou, and Wei Wang.

M 60. Malmodin, Jens & Bergmark, Pernilla. (2015). Exploring the effect of ICT solutions on GHG emissions in 2030. 10.2991/ict4s-env-15.2015.5.

61. McKinsey & Company (2021). The Internet of Things: Catching up to an accelerating opportunity. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/iot%20value%20set%20to%20accelerate%20through%202030%20where%20and%20how%20to%20capture%20it/the-internet-of-things-catching-up-to-an-accelerating-opportunity-final.pdf>

62. McKinsey & Company (2022a). Meet the metaverse: Creating real value in a virtual world. <https://www.mckinsey.com/about-us/new-at-mckinsey-blog/meet-the-metaverse-creating-real-value-in-a-virtual-world>

63. McKinsey Digital (2022). Digital twins: From one twin to the enterprise metaverse. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/digital-twins-from-one-twin-to-the-enterprise-metaverse>

64. MIT (2022). Technology Review Insight: The Green Future Index. Report. Massachusetts. <https://www.technologyreview.com/2022/03/24/1048253/the-green-future-index-2022/>

65. Muench, S., Stoermer, E., Jensen, K., Asikainen, T., Salvi, M. and Scapolo, F. (2022). Towards a green and digital future, EUR 31075 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-76-52452-6, doi:10.2760/54, JRC129319. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC129319>

O 66. OCDE (2017). Digital Economy Outlook. OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264276284-en>

67. OCDE (2019). Recommendation of the Council on Artificial Intelligence, OECD/LEGAL/0449. <https://oecd.ai/en/ai-principles>
68. OCDE (2019b). Country Note Mexico. Survey of Adult Skills Results (PIAAC). Paris. https://www.oecd.org/skills/piaac/publications/countryspecificmaterial/PIAAC_Country_Note_Mexico.pdf OCDE (2020). Digital Transformation in the Age of COVID-19: Building Resilience and Bridging Divides. Digital Economy Outlook 2020 Supplement. OCDE, Paris, www.oecd.org/digital/digital-economy-outlook-covid.pdf.
69. ONU (2015). Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). <https://www.refworld.org/es/docid/602021b64.html>
70. ONUUN75 (2020). The Impact of Digital Technologies. https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2019/10/un75_new_technologies.pdf
71. Oracle y IE Foundation (2014). Big Data: ¿La ruta o el destino?. Advanced Series Vol. 03. https://www.ie.edu/fundacion_ie/Comun/Publicaciones/Publicaciones/Big%20Data%20ESP%207.pdf
72. Oxford Insights (2022). Government AI Readiness Index. https://static1.squarespace.com/static/58b2e92c1e5b6c828058484e/t/639633a0bd136470e4d9efb6/1670788082197/Government_AI_Readiness_2022_.pdf
- P** 73. PNUD (2021). Estrategia Digital 2022-2025. https://digitalstrategy.undp.org/documents/Digital-Strategy-2022-2025-Full-Document_ES_Interactive.pdf
74. PwC (2019). Sizing the prize: What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?. <https://www.pwc.com/au/government/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>
- R** 75. R. van den Hoed, J.M.A. Scherpen, & A.J.M. van der Vaart.(2017). Big Data in Wind Energy: Enhancing the Performance of Wind Turbines.
76. Rockström, J., et. al. (2009). Planetary boundaries:exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society 14(2): 32. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
77. Rotolo, D. aniele, & Hicks, D.iana & Martin, B.en. (2015). What Is an Emerging Technology?. Research Policy. 44.1827-1843.10.1016/j.respol.2015.06.006 https://www.researchgate.net/publication/272164853_What_Is_an_Emerging_Technology

S

78. SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental– Especies nativas de México de flora y fauna silvestres– Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio– Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 30 diciembre.

79. SICT (2023). ACUERDO por el que se da a conocer el Programa de Cobertura Social 2022-2023 de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Diario Oficial de la Federación a 16 de enero del 2023.

T

80. The Guardian (2022). Could a digital twin of Tuvalu preserve the island nation before it's lost to the collapsing climate? <https://www.theguardian.com/world/2022/sep/29/could-a-digital-twin-of-tuvalu-preserve-the-island-nation-before-its-lost-to-the-collapsing-climate>

U

81. UNCTAD (2021). Technology and Innovation Report. https://unctad.org/system/files/official-document/tir2020_en.pdf

82. UNESCO (2022). Recomendación sobre la ética de la Inteligencia Artificial. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_spa

83. UNFCCC (2022). Sharm el-Sheikh Implementation Plan Decision/CP.27. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cop27_auv_2_cover%20decision.pdf

W

84. World Intellectual Property Organization (WIPO) (2022). Global Innovation Index 2022: What is the future of innovation-driven growth? Geneva: WIPO. DOI 10.34667/tind.46596

10. Anexos

Anexo 1.

Tabla 1.1. Detalles sobre el Componente de Mitigación al cambio climático de las NDC de México

Componente	Puntos principales del componente
<p>1. Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Prioridad a la sinergia entre mitigación y adaptación al cambio climático a través de las SbN • Integración de la Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (ENAREDD+) con meta de tasa neta cero de deforestación. • Incremento de metas para Áreas Naturales Protegidas (ANPs) • Estrategia Nacional de Carbono Azul para proteger manglares, pastos marinos y marismas nacionales.
<p>2. Transporte</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Aporta un porcentaje importante de emisiones de GEI del país. • Mejorar la eficiencia energética de vehículos • Promover el trabajo remoto • Expansión y rehabilitación de la red ferroviaria nacional
<p>3. Generación eléctrica</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Integración de energía limpia en generación eléctrica • Sustitución de combustibles de alto carbono por gas natural en centrales de alta eficiencia • Reducción de pérdidas técnicas en red eléctrica • Modernización de hidroeléctricas y construcción de nuevas • Impulso a tecnologías como hidrógeno verde • Electrificación rural y piloto de hogares solares • Colaboración internacional con Estados Unidos y Canadá en el marco de una región sustentable.
<p>4. Industria</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Puesta en marcha del Sistema de Comercio de Emisiones de México (SCE) para regular las emisiones de grandes fuentes industriales • Estrategia Nacional de Economía Circular para fomentar la eficiencia energética y la cogeneración eficiente • Colaboraciones internacionales para un uso más sostenible de materiales, agua y energía • Estrategia Nacional de Enfriamiento para cumplir con la Enmienda de Kigali y reducir emisiones de Hidrofluorocarbonos • Reducción de emisiones por consumo de combustibles fósiles a través de tres ejes: cogeneración, reducción de emisiones fugitivas y eficiencia energética en Pemex • México se suma al Compromiso Global de Metano a través de Pemex y elaborará un Plan de mitigación.

5. Petróleo y gas



- Alto porcentaje de emisiones de México corresponde al consumo de combustibles fósiles.
- Tres ejes de acción para reducir emisiones:
 - a. Incremento de cogeneración en procesadores de gas y refinación petróleo
 - b. Reducción de emisiones fugitivas en subsector gas y petróleo
 - c. Programa de Eficiencia Energética en Petróleos Mexicanos y sus empresas.
- México participa en el Compromiso Global de Metano a través de PEMEX.
- Plan de implementación de acciones de mitigación del metano.

6. Agricultura y ganadería



- La ganadería es una de las principales fuentes de emisiones de GEI en México.
- La agricultura y la ganadería son importantes para la adaptación y la seguridad alimentaria.
- Prácticas agroecológicas y agricultura de conservación para reducir emisiones:
 - › Uso de fertilizantes alternativos, bioinsumos y reducción de quemas agrícolas.
 - › Desarrollo de sistemas agrosilvopastoriles y manejo sostenible de residuos pecuarios.
 - › Captura y uso de biogás a través de composta, biodigestión y tratamiento diario.

7. Residencial y comercial



- Reducción de emisiones de GEI para reducir la factura eléctrica en hogares y comercios
- Diseño de programas para optimizar el consumo energético en construcciones nuevas y renovadas con enfoque de género
- Fortalecimiento de la generación distribuida con tecnologías renovables y almacenamiento
- Mejor acceso a la energía para disminuir el uso de leña en comunidades rurales

8. Residuos



- Mejora en la gestión de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales municipales e industriales
- Aprovechamiento del biogás en rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales
- Estrategia Nacional de Economía Circular con responsabilidad de las empresas
- Manejo mejorado de residuos alimenticios y reciclaje de electrónicos y residuos de la construcción.

Anexo 2.

Tabla 2.1. Detalles sobre el Componente de Adaptación al cambio climático de las NDC de México

Componente	Puntos principales del componente
<p>Eje A. Prevención y Atención de Impactos Negativos en la Población Humana y en el Territorio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Siete líneas de acción para transitar hacia la implementación de acciones en el territorio. • Toma en cuenta las brechas de desigualdad social por vulnerabilidad geográfica, étnica, etaria y de género. • Orientado a reducir impactos del cambio climático en municipios vulnerables y asentamientos humanos. • Fortalecimiento de instrumentos de planeación territorial. • Atención a la salud y prevención de desplazamiento forzado por cambio climático. • Sensibilización de la población y acceso a la información. • Desarrollo de herramientas e instrumentos para la toma de decisiones bajo un enfoque preventivo y visión a largo plazo.
<p>Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Cinco líneas de acción dirigidas a los sistemas de producción sustentable de alimentos y prácticas agrícolas resilientes: <ul style="list-style-type: none"> › Contribuyen al mantenimiento de ecosistemas y fortalecen la capacidad de adaptación › Reducción de brechas de desigualdad, con énfasis en derechos de personas vulnerables › Distribución justa y equitativa de los beneficios genéticos y diversificación de especies › Adecuación de las cadenas de valor y planes de inversión con criterios de cambio climático y desarrollo tecnológico sostenible.
<p>Eje C. Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de degradación de hábitats naturales y pérdida de biodiversidad • Integración de temas prioritarios de conservación y restauración de ecosistemas • Acciones para fortalecer el manejo de Áreas Naturales Protegidas y esquemas de conservación • Aumento de la conectividad de Áreas Naturales Protegidas bajo escenarios de cambio climático • Respeto de derechos colectivos y bienes comunes de comunidades que habitan en Áreas Naturales Protegidas.

Eje D. Gestión integrada de los recursos hídricos con enfoque de cambio climático.



- Uso eficiente de recursos hídricos
- Sostenibilidad de extracción y abastecimiento de agua dulce
- Capacidad para programas de agua y saneamiento
- Acción en Investigación y desarrollo de tecnologías climáticas para captación y tratamiento de agua
- Integración del valor de ecosistemas en planificación y protección
- Restauración de ecosistemas relacionados con agua
- Gestión integrada de recursos hídricos y mejora en servicios con enfoque de cambio climático.

Eje E. Protección de infraestructura estratégica y patrimonio cultural tangible.



- Asegurar resiliencia de infraestructura nueva y existente y patrimonio cultural tangible
- Incorporación de criterios de adaptación e identificación de riesgos climáticos basados en ciencia y conocimiento tradicional
- Fomentar el desarrollo e innovación en la planeación, diseño, construcción, mantenimiento y operación de infraestructura
- Fortalecer la resistencia de la infraestructura para garantizar continuidad en la prestación de servicios

Anexo 3.

Otros casos de estudio con potencial de contribuir a acciones climáticas y su potencial alineación con las NDC de México.

Sistema de clasificación de nubes para predicción meteorológica: iRain App G-WADI Geoserver

Organización / Empresa	Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO y el Centro de Hidrometeorología y Teledetección (CHRS) de la Universidad de California-Irvine
Sector	Gubernamental / Académico
País	EUA
Tecnología	Big data / IA
Posible alineación con NDC Mitigación	N/A
Posible alineación con NDC Adaptación	Eje A. Prevención y Atención de Impactos Negativos en la Población Humana y en el Territorio Eje D. Gestión integrada de los recursos hídricos con enfoque de cambio climático.

<p>Descripción del proyecto</p>	<p>El PHI, en colaboración con el Centro de Hidrometeorología y Teledetección (CHRS) de la Universidad de California, Irvine, desarrollaron una herramienta para facilitar el acceso a estimaciones mundiales de precipitaciones por satélite de alta resolución espacial y temporal, con el objetivo de brindar información relevante para la planificación ante emergencias y la gestión de riesgos hidrológicos, como inundaciones, sequías y fenómenos meteorológicos extremos. Su diseño facilita la participación de los ciudadanos en la recogida de datos locales para el monitoreo de las precipitaciones. Permite visualizar en tiempo real las precipitaciones por satélite, hacer un seguimiento de los fenómenos de precipitaciones extremas en todo el mundo y comunicar información sobre las precipitaciones locales.</p>
<p>Tecnología digital implementada</p>	<p>Datos de crowdsourcing que se incorporan a las herramientas existentes que utilizan tecnologías de teledetección e IA para estimar la pluviosidad global a partir de imágenes de satélite casi en tiempo real (G-WADI¹⁰³ PERSIANN¹⁰⁴-CCS¹⁰⁵ GeoServer).</p>
<p>Logros destacados</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El Servicio Hidrológico de Sequía de Namibia (NHS) elabora un boletín diario con información actualizada sobre las condiciones de inundación y sequía para las comunidades locales utilizando las herramientas PERSIANN-CCS. • La aplicación permite acceder en tiempo real a los productos de precipitación por satélite de alta resolución (~4 km) de PERSIANN-CCS.
<p>Algunos factores innovadores</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Esta aplicación recopila datos sobre las precipitaciones, esenciales para la planificación de los recursos hídricos y la preparación ante inundaciones y sequías, especialmente en zonas vulnerables. • Fomentan la ciencia ciudadana en procesos de colecta de datos locales que más tarde pueden ser utilizados por las autoridades nacionales y locales para preparar medidas de adaptación y gestión de hídricos bajo presiones del cambio climático.
<p>Posible alineación con las NDC de México</p> <p>103 Red Mundial de Información sobre Agua y Desarrollo en Zonas Áridas (por sus siglas en inglés).</p> <p>104 Estimación de la precipitación a partir de información de teledetección mediante redes neuronales artificiales (por sus siglas en inglés).</p> <p>105 Sistema de clasificación de nubes (por sus siglas en inglés).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Componente Adaptación: <ul style="list-style-type: none"> → Eje A. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria. • Potencial de brindar información para sensibilización de la población, acceso a la información y desarrollo de herramientas e instrumentos para la toma de decisiones bajo un enfoque preventivo y una visión a largo plazo. • Eje D. Gestión integrada de los recursos hídricos con enfoque de cambio climático. <ul style="list-style-type: none"> → Incentiva la creación de capacidades en programas relativos al agua y el saneamiento. → Fortalece la investigación y el desarrollo de tecnologías climáticas para la captación de agua → Fomenta la gestión integrada de los recursos hídricos y la mejora en la provisión de servicios desde el enfoque de cambio climático.

Extracción de plásticos contaminantes de los océanos: The Ocean Cleanup

Organización / Empresa	The Ocean CleanUp
Sector	Sociedad Civil
País	Países Bajos
Tecnología	IA
Posible alineación con NDC Mitigación	8
Posible alineación con NDC Adaptación	Eje C. Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos. Eje D. Gestión integrada de los recursos hídricos con enfoque de cambio climático

Descripción del proyecto

106 Zona de acumulación de plásticos en el Océano Pacífico con más de 100,000,000 de kilogramos de plástico y de una significativa biodiversidad marina que se ve gravemente afectada por la contaminación. <https://www.nytimes.com/es/2022/05/11/espanol/mancha-de-basura-pacifico.html>

Organización sin fines de lucro con el objetivo de retirar el 90% de los plásticos contaminantes que flotan en los océanos y ríos para el 2040, a través del desarrollo y escalamiento de tecnologías. Actualmente, The Ocean Cleanup está colectando los plásticos flotantes de la Gran Mancha de Basura del Pacífico¹⁰⁶ y combinando métodos para eliminar las fuentes de contaminantes, así como la recolección del plástico acumulado en el océano

Tecnología digital implementada

Para hacer la recolección en los ríos, The Ocean Cleanup utiliza cámaras montadas en los puentes para fotografiar los objetos flotantes e identificar los plásticos. El Interceptor (una unidad de recolección autónoma), se posiciona para recoger el plástico para su eliminación y evitar que llegue a los océanos. En el océano, sensores instalados en los sistemas de recolección recopilan datos sobre los vientos y las corrientes para realizar simulaciones sobre cómo este sistema de limpieza se desplaza por el océano.

Logros destacados

- Desarrollo y despliegue de recolectores de plástico bajo en emisiones capaces de capturar alrededor de 1,000 kg de plástico en 24 horas durante todo el año a bajo costo.

Algunos factores innovadores

- Uso de IA para la detección de residuos para una extracción más eficiente.
- Reciclaje de plásticos recolectados para hacer productos que sirvan como sustento económico para el proyecto.
- Uso de modelos computacionales avanzados para la identificación y predicción de las zonas de alta densidad de plástico para dirigir una estrategia en función de ellas.

Posible alineación con las NDC de México

- **Componente Mitigación:**
 - 8. Residuos.
 - » Contribuye a la mejora de la gestión integral de residuos conlleva beneficios múltiples en nuestro país, en la salud de la población y de los ecosistemas.
- **Componente Adaptación:**
 - Eje C. Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos.
 - » Contribuye a la reducción de la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de diversidad biológica y la protección de especies amenazadas.
 - » Integra temas prioritarios para el país basados en la conservación y restauración de los ecosistemas de carbono azul, mares y océanos, bosques y especies prioritarias, entre otros.
 - Eje D. Gestión integrada de los recursos hídricos con enfoque de cambio climático.
 - » Integra el valor de los ecosistemas en la planificación y la protección y restablecimiento de ecosistemas relacionados con agua, incluidos bosques, montañas, humedales, ríos, acuíferos y lagos.

Monitoreo de comportamiento de abejas melíferas: Honey Bee Backpackers

Organización / Empresa	CSIRO: The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
Sector	Gubernamental / Académico
País	Australia
Tecnología	IoT/ big data
Posible alineación con NDC Mitigación	N/A
Posible alineación con NDC Adaptación	Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria Eje C. Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos.

Descripción del proyecto

Recolección de datos sobre el comportamiento de las abejas en Tasmania a través de microsensores. El programa de investigación es el primero en su tipo y es parte de la iniciativa Global Initiative for Honeybee Health, una colaboración internacional de personas que trabajan en investigación, apicultura, granjas y empresas de tecnología. Los datos recolectados se comparten con centros de investigación científica de todo el mundo a través de la nube para construir modelos que revelen cómo interactúan las abejas con el ambiente. Durante el proceso de investigación se utiliza esta información para analizar los efectos de factores de estrés como las enfermedades, los pesticidas, la contaminación atmosférica y del agua, la dieta y las condiciones meteorológicas extremas sobre la capacidad de polinización de las abejas.

Tecnología digital implementada

Recolección de big data a través de microsensors RFID que se basan en IoT¹⁰⁷ (identificación por radiofrecuencia).

Logros destacados

- El sistema de sensores ha ayudado en la identificación de diferencias entre la rutina de las abejas de dos continentes, al aplicar esta tecnología en una colonia de abejas en Brasil.
- Descubrimientos como éste contribuyen a una mejor comprensión y gestión de la salud de las abejas, aumentan los beneficios ambientales y económicos para la agricultura y apicultura y suponen una valiosa aportación a las prácticas agrícolas sostenibles y a la seguridad alimentaria.

Algunos factores innovadores

- Los microsensors RFID están ajustados al tamaño de las abejas, superando uno de los obstáculos más relevantes para la investigación del comportamiento de las abejas. Por muchos años se intentaba identificar a las abejas a través de códigos de color y cámaras trampa, pero los resultados no eran precisos.
- Se está trabajando para fabricar sensores aún más pequeños, de 1.5 mm x 1.5 mm, que tengan menor interferencia en el comportamiento de las abejas.

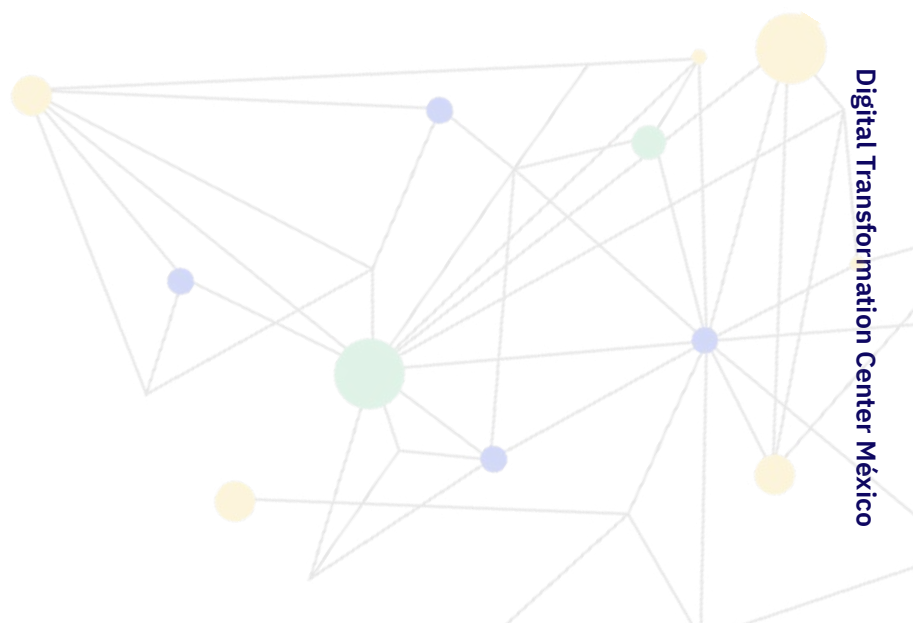
Posible alineación con las NDC de México

- **Componente Adaptación:**
 - Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria
 - » Contribuye al mantenimiento de los ecosistemas y fortalece la capacidad de adaptación, del conocimiento científico y tradicional.
 - » Atiende la distribución justa y equitativa de los beneficios que aporta la diversidad genética y diversificación de especies.
 - Eje C. Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos.
 - » Aporta a la reducción de la degradación de los hábitats naturales, la pérdida de diversidad biológica y la protección de especies amenazadas.

¹⁰⁷ Habilitan la comunicación entre dispositivos con el objetivo de transmitir información y monitorizar datos.

Token para generar fondos para proyectos comunitarios y regenerativos: Tulum Coin

Organización / Empresa	RegenTulum
Sector	Sociedad Civil
País	México
Tecnología	Blockchain
NDC Mitigación	<ul style="list-style-type: none"> 1. Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura 6. Agricultura y ganadería 8. Residuos
NDC Adaptación	<p>Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria</p> <p>Eje C. Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos.</p>



Descripción del proyecto

TulumCoin funciona como un sistema de canjeo comunitario que genera un fondo para proyectos regenerativos en Tulum. La DAO108 TulumCoin dirigirá Tulum Coin con el propósito común de trabajar en conjunto para salvar a Tulum de un daño irreversible.

Tecnología digital implementada

- El PTLM es un token estable totalmente colateralizado para canjeos libres dentro de la red Tulum Coin.
- La Acción de Tulum (Tulum Share TLMS) es un token de reflexión de lanzamiento justo. La DAO mantiene el 50% de liquidez bloqueada y utiliza los reflejos para financiar la regeneración, las recompensas del ecosistema y las operaciones.

Logros destacados

- El ecosistema Tulum Coin está empezando con un pre-lanzamiento del PTLM que recompensa las actividades de la comunidad que contribuyen a la conservación de los ecosistemas.

Algunos factores innovadores





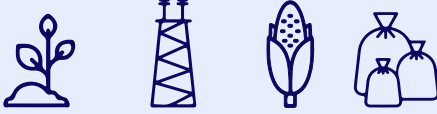


- Recaudación de fondos a través de jornadas de limpieza, eventos con enfoque ambiental, activaciones y NTFs y patrocinios que dan liquidez al PTLM.
- No es posible comprar PTLM, para obtener este token es necesario realizar actividades regenerativas.

Alineación con las NDC de México

- **Componente Mitigación:**
 - 1. Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura
 - » Contribuye a la Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (ENAREDD+)
 - » Aporta al compromiso para lograr una meta de tasa neta cero de deforestación y las metas de incremento a las Áreas Naturales Protegidas (ANPs).
 - » Potencial aportación a la Estrategia Nacional de Carbono Azul para la protección de manglares, pastos marinos y marismas nacionales.
 - 6. Agricultura y ganadería
 - » Promueve la ejecución de prácticas agroecológicas y agricultura de conservación.
 - 8. Residuos
 - » Mejora en la gestión integral de los residuos sólidos municipales a través del reaprovechamiento, reciclaje, compostaje y biodigestión.
 - » Potencial contribución a la Estrategia Nacional de Economía Circular.
- **Componente Adaptación:**
 - Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria
 - » Contribuye a la adecuación de las cadenas de valor y planes de inversión que integren criterios de cambio climático y desarrollo tecnológico sustentable.
 - Eje C. Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos.
 - » Integra temas prioritarios para el país basados en la conservación y restauración de los ecosistemas de carbono azul, mares y océanos, bosques y especies prioritarias, entre otros.
 - » Fortalece el manejo y aumento de la conectividad de las Áreas Naturales Protegidas y otros esquemas de conservación bajo escenarios de cambio climático respetando los derechos colectivos y bienes comunes de las comunidades que habitan en ellas.

Anexo 4.

Resumen de los principales sectores de las NDC en donde se pueden aprovechar las tecnologías digitales

Tecnología	NDC Mitigación	NDC Adaptación
Big Data	2, 4, 6 	Eje A, Eje B, Eje D 
IA	1, 4, 7, 8 	Eje A, Eje B, Eje C, Eje D 
Blockchain	1, 3, 6, 8 	Eje A, Eje B, Eje C 
IoT	1, 6 	Eje A, Eje B, Eje C, Eje E 