



Escuela de Administración y Negocios
Maestría en Business & Technology

Trabajo final de graduación

**Mercado de carbono: impacto ambiental, tecnologías y
dinámicas del ecosistema que lo impulsa**

Autor: Juliana González

DNI: 36.762.766

Tutor: Pablo Sciolla

Buenos Aires, Argentina

Año 2025

Índice

| | |
|--|-----------|
| I. Introducción | 4 |
| 1. Contexto global: desarrollo sostenible y mercado de carbono | 4 |
| 2. Preguntas de investigación | 5 |
| 3. Hipótesis de investigación | 6 |
| 4. Objetivos de la investigación | 6 |
| 5. Metodología y alcance | 7 |
| II. Marco Teórico | 9 |
| Desarrollo sostenible | 9 |
| 1.1 Definición y evolución histórica | 9 |
| 1.2 Situación actual: avances y desafíos en el mundo | 11 |
| Calentamiento global | 18 |
| 2.1 Definición y conceptos importantes | 18 |
| 2.2 Principales problemas asociados al calentamiento global | 23 |
| 2.3 Enfoques para la mitigación y adaptación | 25 |
| 2.4 Herramientas económicas: mecanismos de precios al carbono y financiamiento climático | 32 |
| El mercado de carbono | 36 |
| 3.1 Surgimiento del mercado de carbono y conceptos importantes | 36 |
| 3.2 Diferencias entre mercados regulados (ETS) y voluntarios (VCM) | 37 |
| 3.3 Diferencias entre permisos de emisión y créditos de carbono | 41 |
| 3.4 Función como herramienta de mitigación climática | 42 |
| 3.5 Perspectivas para América Latina | 45 |
| Tecnologías asociadas al mercado de carbono | 47 |
| 4.1 IoT | 47 |
| 4.2 Inteligencia artificial | 48 |
| 4.3 Blockchain | 48 |
| 4.4 Tokenización | 49 |
| 4.5 Web 3.0 | 49 |
| 4.6 Tecnologías de captura del aire (DAC) | 51 |
| 4.7 Escalabilidad de las tecnologías | 52 |
| Ecosistema emergente del mercado de carbono | 54 |
| 5.1 Generadores de créditos | 54 |
| 5.2 Inversionistas y fondos de financiamiento | 55 |
| 5.3 Organismos de certificación, registro y trazabilidad | 55 |
| 5.4 Gobiernos y organismos reguladores | 56 |
| 5.5 Compradores de créditos de carbono | 56 |
| 5.6 Mercados y plataformas de intercambio y comercialización | 57 |
| Startups y su impacto en sectores emisores de carbono | 59 |
| 6.1 Energía | 59 |
| 6.2 Movilidad | 60 |
| 6.3 Economía circular | 62 |
| 6.4 Alimentación | 64 |
| III. Conclusión | 67 |

| | |
|--|-----------|
| IV. Líneas futuras de investigación | 70 |
| Referencias | 72 |
| Anexos | 78 |
| Anexo 1. Glosario del mercado de carbono | 78 |
| Anexo 2. Entrevistas | 81 |
| Anexo 3. Artículo 2 - Acuerdo de París (2015) | 95 |
| Anexo 4. Texto NDC de Argentina | 96 |
| Anexo 5. Datos recolectados en un modelo captura | 97 |
| Anexo 6. Emisiones globales bajo diferentes escenarios | 99 |
| Anexo 7. Mapa de impuestos al carbono y ETS | 100 |
| Anexo 8. Emisiones globales de GEI compensadas | 101 |



Universidad de
San Andrés

*“What you do makes a difference,
and you have to decide
what kind of difference
you want to make.”*
— Jane Goodall



Universidad de
San Andrés

I. Introducción

1. Contexto global: desarrollo sostenible y mercado de carbono

El desarrollo sostenible nace como respuesta a los desafíos ambientales, sociales y económicos que el mundo está transitando. Su planteo tiene puesto el foco en buscar la forma de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.

Con sus diversas opiniones, el desarrollo sostenible se ha convertido en un eje central de las agendas internacionales. Basta sólo con mirar los temas de debate prioritarios en foros globales, tendencias de nuevas regulaciones implementadas por los gobiernos, o requisitos establecidos por bancos para acceder a créditos. Es así que, en los últimos años se han adoptado políticas, acuerdos y estrategias globales que reflejan la creciente urgencia de abordar este desafío.

En este marco, las consecuencias del calentamiento global representan uno de los mayores desafíos a nivel mundial. El aumento de las temperaturas globales, causado por la emisión de gases de efecto invernadero, está provocando cambios drásticos en los sistemas naturales, pero también, está provocando repercusiones económicas y sociales, como la inseguridad alimentaria, el desplazamiento de comunidades y la desigualdad en el acceso a recursos.

El cambio climático, además de ser un desafío ambiental, tiene profundas implicancias económicas globales, y debido a la necesidad de tener que reducir las emisiones de carbono, se han transformado mercados y formas en que se desarrollaban actividades económicas: como la forma de producir y consumir energía, los medios de transporte, las cadenas de suministro y hasta los patrones de consumo de las personas.

En este contexto, el mercado de carbono surgió como un mecanismo innovador de intercambio de permiso de emisiones, permitiendo que empresas, gobiernos y comunidades asignen un valor económico a la reducción de gases de efecto invernadero.

La desigualdad en el contexto del cambio climático radica en que las personas con menos recursos económicos, a pesar de tener una huella de carbono mínima, son las que sufren con mayor intensidad sus impactos. Por ello, es necesario que las políticas que regulen la implementación de herramientas económicas como la del mercado de carbono deben diseñarse con un enfoque inclusivo y equitativo, asegurando que todos los actores puedan participar y evitando que las regiones más afectadas queden aún más rezagadas.

La tecnología y la innovación, por su parte, están desempeñando un papel crucial en esta transición hacia un futuro más sostenible. Las startups han emergido como actores clave al desarrollar soluciones disruptivas que aprovechan herramientas como el blockchain, el Internet de las Cosas (IoT) y el Big Data para optimizar la medición, certificación y comercialización de créditos de carbonos. Estas innovaciones no sólo fortalecen el mercado de carbono, sino que también abren nuevas oportunidades para conectar a actores globales, reducir costos y escalar soluciones climáticas. La interacción entre la tecnología y las dinámicas del mercado de carbono es fundamental para acelerar el camino hacia la sostenibilidad.

Esta investigación busca analizar el desarrollo sostenible desde la perspectiva de las principales regiones influyentes del mundo, explorando cómo se percibe y aplica en distintas regiones y sectores, con un enfoque especial en el surgimiento del mercado de carbono. El objetivo es comprender la naturaleza, características y oportunidades de este mercado, particularmente en nuestra región, Argentina y Latinoamérica, explorando cuál es el rol que desempeñan las startups y las tecnologías asociadas. Tratando de comprender, también, en qué estado de madurez se encuentra este mercado y su real eficacia como herramienta para mitigar el cambio climático.

2. Preguntas de investigación

Pregunta principal:

¿Qué tan eficaz es el mercado de carbono como herramienta para la mitigación del cambio climático y cuál es su impacto en el desarrollo económico, tecnológico y regulatorio?

Preguntas secundarias:

¿Cuál es el estado actual y el futuro del mercado de carbono en términos de regulación, ecosistema emergente y riesgos asociados?

¿Qué impacto tienen las tecnologías emergentes y el papel de las startups en el desarrollo y consolidación del mercado de carbono?

¿Cómo se percibe el mercado de carbono en términos de su impacto ambiental real?

¿Qué barreras y oportunidades específicas presenta el mercado de carbono para América Latina y, en particular, para Argentina?

3. Hipótesis de investigación

El mercado de carbono es una herramienta eficaz para la reducción de emisiones.

América Latina tiene un gran potencial para liderar proyectos de mercado de carbono debido a su riqueza en recursos naturales.

Las startups que desarrollan tecnologías basadas en blockchain, IoT y big data están transformando el mercado de carbono.

4. Objetivos de la investigación

Objetivo General

Analizar la relación entre el desarrollo sostenible, el mercado de carbono y las innovaciones impulsadas por startups como soluciones al calentamiento global, destacando su impacto en la transición hacia un futuro más sustentable.

Objetivos Específicos

1. Identificar los principales hitos históricos del desarrollo sostenible y su influencia en la situación actual en diferentes regiones del mundo.
2. Mencionar los problemas asociados al calentamiento global y las soluciones propuestas desde distintos enfoques y herramientas.

3. Explicar el surgimiento del mercado de carbono y su papel como herramienta económica para mitigar el cambio climático.
4. Explorar las tecnologías asociadas que se impulsan en torno al mercado de carbono.
5. Analizar el ecosistema emergente que se está generando a raíz de la creación de este nuevo mercado.
6. Analizar cómo las startups contribuyen e impactan a través de su capacidad para generar innovaciones frente al cambio climático.

5. Metodología y alcance

Esta investigación se desarrolló con un enfoque cualitativo, exploratorio y analítico, basado en el análisis de fuentes primarias y secundarias. Dado que el mercado de carbono es un fenómeno relativamente reciente y aún en construcción, no se recurrió exclusivamente a bibliografía académica consolidada, sino que se adoptó un abordaje flexible y multidimensional.

Se realizó un análisis documental que incluyó literatura académica relevante, marcos regulatorios, informes de organismos internacionales (como la ONU, el World Bank Group y el IPCC), legislación nacional, reportes corporativos y publicaciones especializadas sobre mercados de carbono y tecnologías emergentes.

A esto se sumó el análisis de discursos políticos y noticias de actualidad, con el objetivo de captar el estado actual del ecosistema y detectar tendencias, tensiones estructurales y oportunidades. Asimismo, se realizaron entrevistas semiestructuradas y encuestas a especialistas vinculados al mercado de carbono, con el fin de complementar la evidencia documental con perspectivas actualizadas desde el campo.

El alcance de la tesis es de tipo descriptivo y evaluativo. No se pretende medir impactos cuantitativos directos, sino comprender las dinámicas actuales del mercado de carbono y el rol de la innovación tecnológica en su evolución. Si bien el enfoque se centra en América Latina, se incorporan referencias a

experiencias internacionales relevantes para enriquecer el análisis comparativo.



Universidad de
San Andrés

II. Marco Teórico

Desarrollo sostenible

El término “desarrollo sostenible” puede parecer un concepto moderno, que se encuentra en boca de todos, con sus adeptos y sus detractores, sin embargo, su origen y presencia en la agenda global se remonta a varias décadas atrás. A continuación, un recorrido por su evolución histórica.

1.1 Definición y evolución histórica

La primera definición mundialmente reconocida del concepto “**Desarrollo Sostenible**” se encuentra en el Informe Brundtland, un documento publicado en 1987 por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED, por sus siglas en inglés) de las Naciones Unidas, donde se define como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas” (Brundtland, 1987). El nombre de este informe se deriva de quien presidió en ese entonces la comisión, la primera ministra de Noruega Gro Harlem Brundtland. Este informe es un hito en la historia de la política ambiental y el desarrollo, y sentó las bases para muchas iniciativas y acuerdos internacionales posteriores.

Con este concepto, fue la primera vez que se reconoció la interconexión de los problemas sociales, económicos y ambientales. La búsqueda del desarrollo sostenible es un acto de equilibrio: requiere la implementación de políticas, estrategias, programas y proyectos que traten el medio ambiente y el desarrollo en conjunto. Para ello también se requieren cambios en las mentalidades, actitudes y comportamientos.

Para comprender cómo ha evolucionado el concepto de desarrollo sostenible a lo largo del tiempo, es útil revisar algunos hitos históricos relevantes que marcaron su avance. A lo largo del siglo XX, el interés por la conservación y el medio ambiente fue creciendo. En 1948 se creó la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), marcando una cooperación pionera entre gobiernos, ONGs y científicos. Poco después, en 1961, surgió el Fondo

Mundial para la Naturaleza (WWF), con el objetivo de financiar proyectos de conservación. En 1967, el Fondo de Defensa Ambiental (EDF) introdujo un enfoque legal para abordar daños ecológicos, usando el sistema judicial para prohibir pesticidas como el DDT (diclorodifeniltricloroetano).

El concepto de desarrollo sostenible comenzó a tomar forma en 1968, durante una conferencia organizada por la UNESCO, que propuso un uso racional de los recursos de la biosfera. Al año siguiente, Estados Unidos dio un paso clave al promulgar su Ley de Política Ambiental Nacional y crear la Agencia de Protección Ambiental. En 1970 se celebró por primera vez el Día de la Tierra, marcando el inicio del activismo ambiental moderno. Un año más tarde, Greenpeace comenzó sus actividades con acciones directas no violentas contra las pruebas nucleares.

En 1972, la Conferencia de Estocolmo consolidó los primeros principios internacionales para la protección del medio ambiente, preparando el terreno para futuras acciones globales. En 1987 se firmó el Protocolo de Montreal, un tratado exitoso en la reducción de sustancias que dañan la capa de ozono. Ese mismo año, el Informe Brundtland definiría formalmente el concepto de desarrollo sostenible.

La Cumbre de la Tierra de Río en 1992 fue un momento histórico donde se reconoció el principio de “responsabilidades comunes pero diferenciadas”, marcando un hito en términos de justicia climática. Dos años después entró en vigor la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que busca estabilizar los gases de efecto invernadero.

El Protocolo de Kyoto de 1997 fue el primer acuerdo internacional con compromisos vinculantes de reducción de emisiones. En 2002, la Cumbre de Johannesburgo resaltó la necesidad de combatir la pobreza como parte integral del desarrollo sostenible. Una década más tarde, la Cumbre Río+20 (2012) introdujo el concepto de “economía verde” como una alternativa de crecimiento inclusivo y respetuoso con el medio ambiente.

Finalmente, en 2015, se alcanzaron dos logros cruciales: el Acuerdo de París, que estableció metas voluntarias de reducción de emisiones para todos los

países, y la adopción de la Agenda 2030 con los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), una hoja de ruta global para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar prosperidad para todos.

El desarrollo económico debe ser capaz de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la posibilidades de las generaciones futuras. Los problemas ambientales no pueden ser tratados de manera aislada, están intrínsecamente conectados a los modelos económicos y sociales.

1.2 Situación actual: avances y desafíos en el mundo

En la actualidad, el desarrollo sostenible es un tema central en la agenda global, con desafíos urgentes como el cambio climático, la transición energética, la reducción de la desigualdad y la implementación de la Agenda 2030 de la ONU. A nivel mundial, distintos países y regiones enfrentan estos retos desde enfoques variados, dependiendo de sus prioridades económicas, políticas y ambientales. Mientras algunas regiones avanzan en la adopción de energías renovables y financiamiento verde, otras aún luchan con barreras estructurales que dificultan su progreso.

La Agenda 2030 de la ONU, adoptada en 2015, establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con la meta de erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos antes del año 2030. A medida que nos acercamos a más de la mitad del plazo establecido, se han observado avances significativos en diversas áreas, pero también desafíos que amenazan el cumplimiento de estos objetivos.

A continuación, se presenta un panorama de la situación actual en las principales regiones del mundo, destacando sus avances, desafíos y perspectivas en el camino hacia la sostenibilidad.

Europa: líder en regulación y transición verde

Europa es la región que ha liderado la adopción del desarrollo sostenible a nivel global. La Unión Europea (UE) ha implementado regulaciones estrictas en torno a la sostenibilidad, como el Pacto Verde Europeo, definido según la

Comisión Europea como: “La estrategia de crecimiento de la UE. Establecido en 2019, consiste en un paquete de iniciativas políticas que sitúan a la UE en el camino hacia la transición ecológica, con el objetivo de alcanzar la neutralidad climática para 2050. Se trata de la contribución de la UE al Acuerdo de París” (Comisión Europea, 2019). Otro ejemplo es el Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM), una política climática de la Unión Europea, diseñada para evitar la “fuga de carbono”, evitando que las empresas trasladen su producción a países con regulaciones ambientales más laxas, imponiendo aranceles a productos importados con altas emisiones (Parlamento Europeo & Consejo de la Unión Europea, 2023).

Sin embargo, a pesar de los avances, existen sectores industriales que han manifestado su resistencia al cambio debido a los costos que implica la transición. Algunas economías del este europeo, altamente dependientes del carbón y los combustibles fósiles, han mostrado una menor disposición a acelerar este proceso por temor a impactos económicos negativos en el empleo y la competitividad.

Además, recientemente (el 26 de febrero de 2025) se aprobó “El Paquete Ómnibus” una iniciativa legislativa aprobada por la Unión Europea, diseñada para simplificar y reducir la carga administrativa que enfrentan las empresas en relación con las normativas de sostenibilidad (Comisión Europea, 2025). Su objetivo principal es garantizar que las compañías europeas, especialmente las pequeñas y medianas empresas (pymes), puedan mantener su competitividad sin comprometer sus responsabilidades en materia ambiental, social y de gobernanza (ESG). Se han simplificado los requisitos de información en sostenibilidad, disminuyendo la complejidad y el tiempo dedicado por las empresas a estos procesos. Se eleva el umbral de aplicación a empresas con más de 1.000 empleados, excluyendo así a muchas pymes y reduciendo el número de empresas afectadas en un 80%. Además, se pospone la fecha de inicio de los informes obligatorios hasta 2028, otorgando más tiempo para adaptarse a los nuevos requisitos (Pankov & Ölmez, 2025).

Si bien, este paquete, de alguna manera puede representar un retroceso en los objetivos de sostenibilidad de la UE, esta política tiene un enfoque en la

competitividad frente a lo que está sucediendo especialmente en economías como la de Estados Unidos. Refleja el esfuerzo de la Unión Europea por seguir implementando políticas sostenibles pero mantener también la competitividad empresarial en el mercado global.

América del Norte: innovación y debate político

Estados Unidos y Canadá han demostrado un enfoque mixto en el desarrollo sostenible. Por un lado, empresas tecnológicas y del sector financiero han impulsado iniciativas alineadas con la transición ecológica, y hay un creciente mercado de bonos verdes, mercado de créditos de carbono y energías renovables. Sin embargo, la sostenibilidad sigue siendo un tema de polarización política, con sectores que priorizan la seguridad energética y la protección de empleos en la industria petrolera y gasífera.

Por otro lado, las grandes corporaciones han jugado un papel crucial en la transición sostenible. Empresas como Microsoft y Google han establecido compromisos ambiciosos de reducción de emisiones, invirtiendo en energías renovables, captura de carbono y certificaciones ambientales. Microsoft, por ejemplo, ha lanzado iniciativas para ser carbono negativo para 2030, mientras que Google ha implementado centros de datos alimentados completamente con energías limpias. Amazon Web Services (AWS) se ha comprometido a ser "positivo en agua" para 2030, es decir, devolver más agua a las comunidades de la que utiliza en sus operaciones. Para lograrlo, AWS financia proyectos de reposición de agua en cuencas afectadas por el cambio climático y el crecimiento poblacional.

EE.UU. ha tenido un historial de idas y vueltas en los acuerdos climáticos internacionales. En 2017, la administración de Trump retiró al país del Acuerdo de París, argumentando que perjudicaba la economía estadounidense. Sin embargo, en 2021, el presidente Biden reincorporó a EE.UU. al pacto, comprometiéndose nuevamente con los objetivos globales de reducción de emisiones y financiamiento climático internacional.

Desde su regreso al poder en enero de 2025, el presidente Donald Trump ha implementado una serie de políticas que han revertido los avances previos en

materia climática y energética en Estados Unidos. Una de sus primeras acciones fue retirar nuevamente al país del Acuerdo de París mediante la Orden Ejecutiva 14162, titulada "Poniendo a América Primero en Acuerdos Ambientales Internacionales", firmada el 20 de enero de 2025 (Trump, 2025).

Es evidente que la participación de EE.UU. en los compromisos climáticos está fuertemente influenciada por las distintas posturas políticas de sus administraciones. Mientras que algunos gobiernos han impulsado regulaciones y financiamiento para la transición energética, otros han priorizado el crecimiento económico basado en combustibles fósiles, generando una constante incertidumbre en la dirección climática del país. Esta alternancia no sólo impacta en la política ambiental interna, sino que también afecta en la cooperación internacional para enfrentar el cambio climático.

América Latina: potencial abundante y desafíos estructurales

América Latina es una región clave para el desarrollo sostenible debido a su biodiversidad, riqueza en recursos naturales y su papel como sumidero de carbono global. Posee algunos de los ecosistemas más importantes del planeta, como la Amazonía y los humedales del Gran Chaco, fundamentales para la captura de carbono y la regulación climática. Además, cuenta con un enorme potencial en energías renovables, como la solar en el desierto de Atacama, la eólica en la Patagonia y la hidroeléctrica en Brasil y Paraguay.

Brasil lidera la producción de energía hidroeléctrica, con más del 70% de su matriz energética proveniente de esta fuente (Climate Transparency, 2022). Sin embargo, los efectos del cambio climático han impactado en la disponibilidad de agua, generando la necesidad de diversificar hacia fuentes como la solar y eólica. En este sentido, la región Nordeste de Brasil se ha convertido en un hub de energía eólica, mientras que Argentina y Chile están desarrollando proyectos de hidrógeno verde con potencial de exportación.

México, por su parte, ha invertido en energía solar y eólica, aunque recientes reformas energéticas han generado incertidumbre sobre el compromiso del país con la transición energética, desincentivando la inversión privada y generando incertidumbre jurídica (Instituto Mexicano para la Competitividad,

2024). En países como Uruguay y Costa Rica, las políticas públicas han impulsado la casi total descarbonización de su matriz eléctrica, demostrando que la región tiene capacidad para liderar en energías limpias si hay voluntad política y financiamiento.

Sin embargo, a pesar de este potencial, la falta de infraestructura, inversión y estabilidad política han limitado el avance de la sostenibilidad en la región. Muchos países dependen de la exportación de materias primas, como el petróleo en Venezuela y México, el cobre en Chile y Perú, y la soja en Argentina y Brasil. Esta dependencia genera una tensión constante entre el desarrollo económico y la protección ambiental, ya que gran parte de la economía sigue basada en industrias con alto impacto ecológico.

La inestabilidad política, la falta de acceso a financiamiento y la dependencia de sectores extractivos continúan limitando la implementación de soluciones a gran escala. Además, la vulnerabilidad de América Latina ante los efectos del cambio climático, como sequías, inundaciones y huracanes, pone en riesgo la seguridad alimentaria y el desarrollo económico de la región.

Asia: avances rápidos pero con dificultades en la implementación

Asia es un continente diverso en cuanto a desarrollo sostenible. China ha emergido como un líder en energía renovable e innovación en vehículos eléctricos, con inversiones masivas en infraestructura verde y compromisos de neutralidad de carbono para 2060. Su liderazgo en la producción de paneles solares y baterías de litio ha reducido los costos globales de estas tecnologías. No obstante, su producción masiva y su dependencia del carbón sigue siendo un obstáculo significativo.

Un artículo del Foro Económico Mundial destaca cómo China ha adoptado un enfoque integral para financiar la innovación en tecnologías verdes, crucial para alcanzar sus objetivos de neutralidad de carbono para 2060. Más de 800 grandes empresas chinas se han comprometido a alcanzar la neutralidad de carbono, incluso antes de los plazos nacionales. Para 2050, se estima que China necesitará aproximadamente 26 billones de dólares en inversiones verdes. El 14º Plan Quinquenal asigna 6 billones de dólares a inversiones

relacionadas con el cambio climático y el apoyo a la economía digital. Además, el Banco Popular de China ha establecido una línea especial de préstamos de 500 000 millones de yuanes (unos 70 470 millones de dólares) para respaldar la innovación en ciencia y tecnología, la transformación técnica y la renovación de equipos, con una tasa de interés anual del 1,75% (Song, 2024).

Japón y Corea del Sur han avanzado en la adopción de políticas sostenibles, pero sus economías altamente industrializadas enfrentan el reto de reducir emisiones sin comprometer su competitividad. Ambos países han invertido en tecnologías de hidrógeno verde y energías limpias, además de establecer regulaciones más estrictas en eficiencia energética y producción industrial. Empresas japonesas como Toyota están desarrollando alternativas al motor de combustión, mientras que Corea del Sur ha apostado por la digitalización para optimizar el uso de recursos y reducir el desperdicio.

El sudeste asiático aún lucha por equilibrar su crecimiento económico y sostenibilidad. Países como Indonesia y Vietnam han expandido su capacidad de energía solar y eólica, pero también enfrentan una alta deforestación y contaminación industrial. Filipinas ha implementado proyectos de adaptación climática para proteger a sus comunidades costeras del aumento del nivel del mar. Sin embargo, la implementación de regulaciones ambientales sigue siendo un reto.

India, por su parte, ha implementado políticas ambiciosas en energías renovables, con un fuerte crecimiento en la capacidad de energía solar y eólica, habiendo desarrollado el parque solar más grande del mundo: el Parque Solar de Bhadla. Y busca generar el 50% de su electricidad a partir de fuentes limpias para 2030 (Invest India, 2024).

África: necesidad de financiamiento y desarrollo equitativo

África enfrenta un reto doble: adaptarse al cambio climático, del cual es una de las regiones más vulnerables, y al mismo tiempo avanzar en su desarrollo económico y social. Si bien países como Sudáfrica han implementado políticas de transición energética, muchas economías africanas aún dependen fuertemente de combustibles fósiles y actividades extractivas para sostener su

crecimiento. En muchos casos, las prioridades inmediatas están vinculadas a otros Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como la erradicación de la pobreza (ODS 1), el acceso universal a energía asequible (ODS 7), salud (ODS 3), educación (ODS 4) e infraestructura básica (ODS 9), lo que compite directamente con las inversiones necesarias para una transición ecológica profunda.

La falta de financiamiento constituye una barrera clave para la adopción de tecnologías limpias. A pesar de los compromisos internacionales para apoyar la transición de África hacia modelos sostenibles, la inversión extranjera sigue siendo insuficiente y muchas veces no se adapta a las realidades locales. Además, el acceso desigual a la transferencia de tecnología, capacidades técnicas y mercados limita la posibilidad de escalar soluciones verdes. Sin una mayor justicia climática y un enfoque de desarrollo diferenciado que contemple las múltiples dimensiones del bienestar humano, la región continuará luchando por integrarse en la economía global sostenible de manera equitativa.



Calentamiento global

2.1 Definición y conceptos importantes

¿Qué es el calentamiento global?

Se llama calentamiento global a las consecuencias que generan la liberación de gases de efecto invernadero en la atmósfera. “Efecto invernadero” refiere a que estos gases retienen el calor en la atmósfera de la Tierra, es decir, dejan pasar la luz solar pero mantienen el calor como las paredes de cristal de un invernadero. La luz solar brilla en la superficie terrestre, donde es absorbida y luego vuelve a la atmósfera en forma de calor. Una vez en la atmósfera, los gases de invernadero retienen parte de este calor y el resto se escapa al espacio. Cuanto más gases de este tipo, más calor retenido. Los gases absorben la energía solar y mantienen el calor cerca de la superficie de la Tierra, en lugar de que vuelva al espacio.

El gas de efecto invernadero más peligroso es el dióxido de carbono (CO₂), pero también se incluye al metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y los gases industriales, como los hidrofluorocarbonos, los perfluorocarbonos, los clorofluorocarbonos, el hexafluoruro de azufre (SF₆) y el trifluoruro de nitrógeno (NF₃).

Durante muchos años, las emisiones de GEI a la atmósfera se han compensado por su absorción de forma natural. Por lo tanto, las concentraciones de GEI y la temperatura han sido bastante estables. Esta estabilidad ha permitido que la civilización humana se haya desarrollado en un clima consistente.

En las últimas décadas, los humanos han aumentado la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera más de un tercio desde la revolución industrial. Cambios que antes se producían en miles de años, ahora se producen en tan solo unas décadas (National Geographic, 2023).

Desde 1850 a hoy, las actividades humanas han aumentado en un 48% las concentraciones de CO₂. En mucho menos de 200 años se aumentó lo mismo

que se aumentaba en 20.000 años de forma natural. Según un informe de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, julio de 2021 fue el mes más caluroso desde que se toman registros hace 142 años (Manning & Ingram, 2021).

¿Qué y quién lo produce?

Expertos de la ONU y científicos de la NASA declaran que la actividad industrial humana ha causado la mayor parte del calentamiento global del siglo pasado mediante la emisión de gases de efecto invernadero, que retienen el calor y cuyos niveles son cada vez más altos (NASA, 2023).

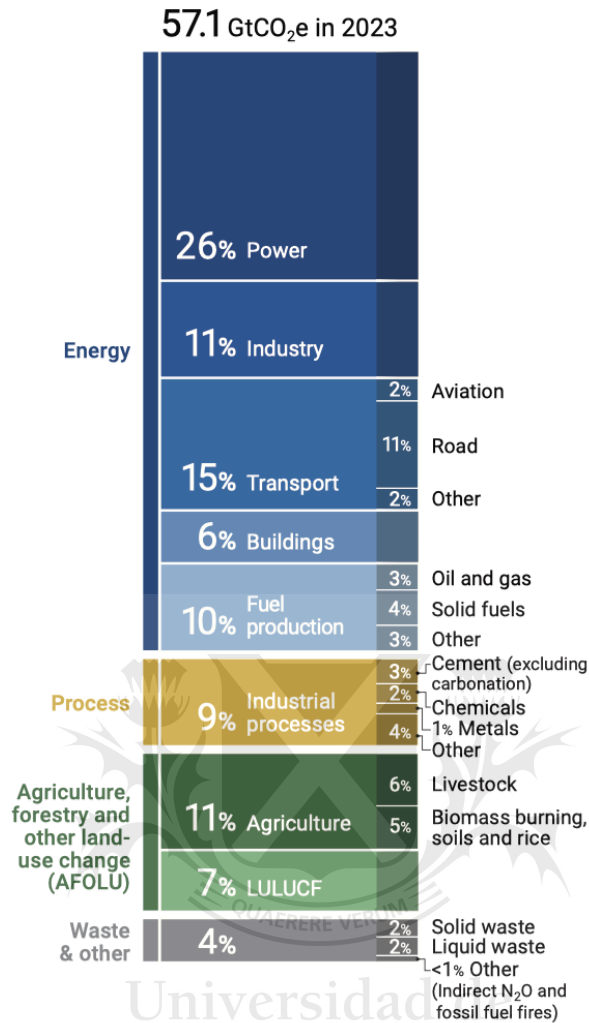
Estas son algunas de las principales **actividades** que causan emisiones de gases:

- La generación de energía: generación de electricidad y calor a través de combustibles fósiles, combustión de carbón o gas (lo que produce dióxido de carbono y óxido nitroso).
- Productos de fabricación: casi todo proceso de fabricación genera emisiones, las fábricas de cemento, de hierro, de acero, componentes electrónicos, ropa, la minería y el sector de la construcción, por nombrar algunos de los más influyentes.
- La tala de los bosques: la tala para construir, para sembrar, para la ganadería; cuando se talan los árboles estos liberan el carbono que han almacenado por años.
- El uso del transporte: la mayoría de los transportes, hablando de camiones, barcos y aeronaves, funcionan con combustibles fósiles.
- La producción de alimentos: debido a la deforestación para la agricultura, el pastoreo, la alimentación del ganado bovino y ovino, la producción y uso de fertilizantes, el uso de la energía en las granjas o barcos pesqueros, sumado al envasado de los alimentos y su distribución.
- La energía en los edificios: se sigue usando carbón, hidrocarburos y gas natural para los sistemas de calefacción y climatización, los cuales emiten cantidades importantes de gases de efecto invernadero.

- Un consumo excesivo: el uso de la energía, el modo de desplazarse, lo que se come, lo que se derrocha, el consumo de ropa, de electrodomésticos, de envases de plástico, todo afecta a la emisión.

Si lo dividimos por **industria**, según el “Informe sobre la Brecha de Emisiones 2024” de la ONU (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2024), los principales sectores económicos responsables del calentamiento global son:

- Energía: incluye la producción de electricidad, calor y combustibles para transporte y la industria. Este sector representa aproximadamente el 68% de las emisiones globales de GEI.
- Agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra: con actividades como las prácticas agrícolas, la deforestación, el uso de fertilizantes y las emisiones de metano del ganado, generan aproximadamente el 18% de las emisiones globales
- Industria: todo lo relacionado a procesos industriales, producción de materiales (como cemento, acero, químicos) y el consumo de energía asociado, contribuyen con alrededor del 9% de las emisiones.
- Residuos y otros: incluye emisiones de metano de los vertederos y el tratamiento de aguas residuales y representa cerca del 4% de las emisiones.



Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2024).
Informe sobre la Brecha de Emisiones 2024.

Si nos enfocamos específicamente en la **República Argentina**, en base a lo publicado en la Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional (MAyDS, 2020)¹, la tendencia de emisiones en el país por subsectores productivos es la siguiente:

1. Agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra: 37,2%²
2. Energía: 34,3%³

¹ Ver anexo 4

² Ganadería 21,6% + Silvicultura 9,8% + Agricultura 5,8%

³ Transporte 13,8% + Energía 13,1% + Combustibles 7,4%

3. Industria: 23,9 %⁴

4. Residuos: 4,6%⁵

Si hablamos de los **responsables en territorios**: los siete mayores emisores - China, Estados Unidos, India, la Unión Europea, Indonesia, Rusia y Brasil - fueron los causantes de la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial en 2023.

Table ES.1 Total, per capita and historical emissions of selected countries and regions

| | Total GHG emissions in 2023 | Change in total GHG emissions, 2022–2023 | Per capita GHG emissions in 2023 | Historical CO ₂ emissions, 1850–2022 |
|---|----------------------------------|--|----------------------------------|---|
| | MtCO ₂ e (% of total) | % | tCO ₂ e/capita | GtCO ₂ (% of total) |
| China | 16,000 (30) | +5.2 | 11 | 300 (12) |
| United States of America | 5,970 (11) | -1.4 | 18 | 527 (20) |
| India | 4,140 (8) | +6.1 | 2.9 | 83 (3) |
| European Union (27 members) | 3,230 (6) | -7.5 | 7.3 | 301 (12) |
| Russian Federation | 2,660 (5) | +2 | 19 | 180 (7) |
| Brazil | 1,300 (2) | +0.1 | 6.0 | 119 (5) |
| African Union (55 members) | 3,190 (6) | +0.7 | 2.2 | 174 (7) |
| Least developed countries (45 countries) | 1,720 (3) | +1.2 | 1.5 | 114 (4) |
| G20 (excl. African Union) | 40,900 (77) | +1.8 | 8.3 | 1,990 (77) |

Note: Emissions are calculated on a territorial basis. LULUCF CO₂ emissions are excluded from current and per capita GHG emissions but are included in historical CO₂ emissions based on the bookkeeping approach. Some members of the African Union are also least developed countries.

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2024).
Informe sobre la Brecha de Emisiones 2024.

Si hablamos de los **responsables socioeconómicos**: “Entre 1990 y 2015, el 1% más rico de la población mundial fue responsable de más del doble de emisiones de carbono que el 50% más pobre de la humanidad. Se estima que la huella de carbono media del 1% más rico del mundo podría ser hasta 175 veces mayor que la de alguien perteneciente al 10% más pobre” (Oxfam International, 2020)⁶.

⁴ Aguas residuales 1,7% + Fabricación de combustibles 4,6% + Procesos industriales 5,5% + Emisiones fugitivas 2,9% + Combustibles industriales 9,2%

⁵ Combustibles otros sectores 2,1% + Residuos sólidos urbanos 2,5%

⁶ Oxfam es una organización internacional fundada en 1942 en Oxford, que lucha contra la pobreza y la desigualdad.

2.2 Principales problemas asociados al calentamiento global

¿Qué consecuencias tiene?

Según la ONU (s.f.), el calentamiento global tiene consecuencias graves en el clima, los ecosistemas, la economía y la sociedad. Produce fenómenos climáticos extremos e inesperados, que conllevan a la pérdida de biodiversidad, impacto en la agricultura, propagación de enfermedades, aumento del nivel del mar, sequías. Las temperaturas aumentan, se producen fenómenos meteorológicos extremos, olas de calor, inundaciones, falta de cosechas, y otras catástrofes.

El clima está cambiando tan rápido que algunos seres vivos no pueden adaptarse, no sólo produce pérdida, sino que especies no llegan a reproducirse, la fauna y flora alteran sus ciclos vitales y luchan para sobrevivir.

“La temperatura media de la Tierra es ahora 1,1 °C más elevada que a finales del siglo XIX, antes de la revolución industrial, y más elevada en términos absolutos que en los últimos 100.000 años. La última década (2011-2020) fue la más cálida registrada. En esa línea, cada una de las cuatro últimas décadas ha sido más caliente que cualquier otra década desde 1850” (ONU, s.f.).

Entre las consecuencias más notorias, se encuentran las olas de calor, producto del aumento sostenido de las temperaturas globales. Tanto la superficie terrestre como los océanos están registrando un incremento en sus temperaturas promedio, lo que afecta directamente a los ecosistemas y a la vida cotidiana de millones de personas.

Asimismo, se ha observado un incremento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos, como huracanes, tormentas, sequías, inundaciones y, nuevamente, olas de calor. Estos eventos no solo se presentan con mayor regularidad, sino que sus consecuencias son más devastadoras. También se están produciendo cambios en las estaciones: las primaveras llegan antes, los otoños se retrasan, los veranos son más intensos y los inviernos, en muchos casos, también muestran comportamientos extremos.

Las sequías, por ejemplo, están modificando la disponibilidad de agua dulce, un recurso esencial para la agricultura y la biodiversidad. Esta escasez hídrica no solo afecta a los cultivos y a las comunidades humanas, sino que puede desencadenar tormentas de arena y polvo que desplazan miles de millones de toneladas de partículas entre continentes, contribuyendo a la expansión de los desiertos y reduciendo la superficie cultivable.

En cuanto a los polos, el deshielo es cada vez más alarmante. Solo en la Antártida se pierden anualmente unas 151.000 millones de toneladas de hielo, una cantidad comparable a la masa del Monte Everest (National Geographic, 2021). Esta pérdida contribuye a la elevación del nivel del mar, poniendo en riesgo a millones de personas. De hecho, un informe publicado en Nature Communications advierte que en setenta años, los hogares de 200 millones de personas (tres veces la población del Reino Unido) podrían estar por debajo del nivel del mar (Kulp & Strauss, 2019).

A esto se suma la desertificación. Según la ONU, cada año desaparecen más de 12 millones de hectáreas de tierra fértil a causa de la degradación del suelo, la sequía y otros factores asociados. Esta pérdida incide directamente en la producción de alimentos y en la estabilidad de las comunidades rurales.

Otro fenómeno en aumento son los incendios forestales, que hoy se extienden por períodos más prolongados y abarcan áreas más extensas. Entre 2018 y 2020, las llamas arrasaron aproximadamente 120.000 km² de superficie, afectando hábitats naturales y emitiendo grandes cantidades de gases contaminantes (WWF España, 2020).

La biodiversidad también se encuentra en grave peligro. Los océanos, que absorben gran parte del calor y del dióxido de carbono generado por el ser humano, están sufriendo una creciente acidificación que pone en riesgo a miles de especies marinas. A nivel global, se estima que el 40% de los anfibios conocidos están en peligro de extinción (Associated Press, 2023). Además, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza advierte que 83 de los 252 sitios naturales del Patrimonio Mundial están amenazados (UICN, 2020).

La inseguridad alimentaria es otra de las consecuencias directas del cambio climático. Según el Programa Mundial de Alimentos, al menos 155 millones de personas padecían inseguridad alimentaria aguda en 2020, una cifra que triplica la población de España. Entre ellos, más de 75 millones de niños menores de cinco años presentan síntomas de retraso en el crecimiento (Red Mundial contra las Crisis Alimentarias, 2021). El PMA advierte que los fenómenos meteorológicos extremos seguirán agravando esta situación, especialmente en economías frágiles.

Finalmente, el calentamiento global está contribuyendo a la expansión de enfermedades infecciosas como el dengue y la malaria. El aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones de humedad están creando condiciones ideales para que estas enfermedades se propaguen en regiones donde antes no eran comunes, incrementando así los riesgos para la salud pública.

“Ningún lugar del planeta se libra del impacto del cambio climático. En 2020, se registraron temperaturas récord en Bielorrusia, Bélgica, España, Estonia, Finlandia, Francia, Kazajistán, Lituania, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Polonia, Suecia, Suiza y Ucrania, así como en Japón, México, Rusia y las islas Seychelles, mientras que la ciudad de Blenheim (Nueva Zelanda) registró un récord de 64 días de sequía, según los Centros Nacionales de Información Ambiental” (Manning & Ingram, 2021).

2.3 Enfoques para la mitigación y adaptación

¿Cuál es el camino a la solución?

Según informes de la ONU, científicos y revisores gubernamentales, es necesario limitar el aumento de la temperatura global a no más de 1,5 °C, esto nos ayudaría a evitar peores impactos climáticos y a mantener un clima habitable.

Sin embargo, las políticas actuales apuntan a un aumento de la temperatura de 2,8 °C para finales de siglo.

Muchos países se han comprometido a lograr cero emisiones netas de carbono para el 2050. Para el 2030 alrededor de la mitad de las emisiones deberían estar en marcha ya para mantener el calentamiento por debajo de 1,5 °C.

Según Naciones Unidas (s.f.): “Aunque una coalición cada vez más numerosa de países se comprometió a alcanzar las emisiones cero para 2050, alrededor de la mitad de los recortes en las emisiones deben producirse antes de 2030 para mantener el calentamiento por debajo de 1,5 °C. Este logro requiere grandes reducciones en el uso de carbón, petróleo y gas. Para evitar consecuencias climáticas catastróficas, para antes de 2050, debemos reducir en más de dos tercios la extracción de las reservas actuales confirmadas de combustibles fósiles”

¿Cómo se logra?

A fin de evitar seguir incrementando la temperatura de la tierra, se necesita reducir o evitar las emisiones de gases de efecto invernadero. El Acuerdo de París, sobre el cual se profundizará en el apartado 3.1, exige que las emisiones se reduzcan alrededor del 45% para el 2030 y se alcance el “cero neto” hacia el 2050.

Conceptualmente, la reducción de CO₂ se refiere a la disminución de las emisiones de dióxido de carbono liberadas a la atmósfera. En cambio, la remoción de CO₂ implica extraer activamente el carbono de la atmósfera mediante soluciones naturales, como la reforestación y la captura de carbono en suelos, o tecnologías como la captura y almacenamiento de carbono (CCS) y la captura directa de aire (DAC).

Existen tres líneas de acción importantes que se están llevando a cabo para revertir la situación actual:

1. Prácticas de Reducción o Remoción de las emisiones de CO₂:

Las prácticas de reducción o remoción de emisiones de dióxido de carbono CO₂ se aplican a diversos sectores clave de la economía y la vida cotidiana, y resultan esenciales para enfrentar el cambio climático.

En el sector energético, la reducción de emisiones se logra principalmente mediante la transición hacia fuentes de energía renovable como la solar, eólica, hidroeléctrica o geotérmica, reemplazando así a los combustibles fósiles. A su vez, mejorar la eficiencia energética es otra estrategia fundamental. Esto implica el uso de tecnologías más eficientes, como bombillas LED, electrodomésticos de bajo consumo y la modernización de equipos industriales y residenciales.

En cuanto al transporte, la electrificación de vehículos representa una de las acciones más destacadas. Aunque, no es una solución perfecta, ya que si bien los autos eléctricos no emiten gases por el tubo de escape, su proceso de fabricación aún genera una huella de carbono considerable. Junto con esta tendencia, se promueve cada vez más la movilidad sostenible, incluyendo bicicletas y scooters eléctricos, así como el uso de combustibles alternativos como biocombustibles avanzados y el hidrógeno.

La industria también tiene un papel crucial en la reducción de emisiones. La implementación de modelos de economía circular, que implica prácticas de reciclaje de materiales, reutilización de recursos y diseño de productos más duraderos, permite disminuir significativamente la generación de CO₂. Además, repensar la logística de los productos de una manera más eficiente, contribuye a minimizar el impacto ambiental del sector industrial.

En el ámbito de la construcción, las emisiones pueden reducirse mediante el uso de materiales sostenibles y el diseño de viviendas o edificios que maximicen la eficiencia energética. Estas prácticas no sólo reducen el consumo energético, sino que también prolongan la vida útil de las construcciones y disminuyen los residuos.

Por otro lado, la agricultura y la ganadería ofrecen oportunidades para la remoción de emisiones. La reforestación es una de las acciones más reconocidas, ya que los árboles capturan CO₂ de la atmósfera. Sin embargo, esta solución tiene límites: según Oxfam (2021), alcanzar el "cero neto" en 2050 exclusivamente mediante la plantación de árboles requeriría 1.600 millones de hectáreas de nuevos bosques, lo cual representa cinco veces el

tamaño de la India o más que todas las tierras de cultivo del mundo. Otra estrategia relevante es la ganadería regenerativa, que mediante la rotación del ganado busca incrementar la biodiversidad y mejorar los pastizales, lo cual potencia la capacidad del suelo para capturar carbono.

Finalmente, existen soluciones tecnológicas orientadas específicamente a la remoción de emisiones. Una de ellas es la captura directa de aire (DAC, por sus siglas en inglés), una tecnología que extrae CO₂ directamente de la atmósfera para almacenarlo o reutilizarlo; y la otra opción es la mineralización de carbono, que convierte el CO₂ en minerales sólidos a través de reacciones químicas, permitiendo su almacenamiento de forma segura y estable.

2. Adaptarse a los cambios climáticos:

Además de mitigar las emisiones, adaptarse a los impactos del cambio climático es una medida esencial para enfrentar los desafíos actuales y futuros. Esta adaptación implica implementar acciones concretas para prepararse ante las consecuencias del calentamiento global y reducir los riesgos que conlleva.

Uno de los aspectos clave es la gestión del agua. Esto incluye el desarrollo de infraestructura resistente a inundaciones, así como la recolección y almacenamiento de agua de lluvia mediante sistemas de captación y embalses. Estas medidas permiten asegurar el abastecimiento hídrico en contextos de escasez o eventos extremos.

La seguridad alimentaria también es un foco prioritario. Para proteger los sistemas agrícolas frente al cambio climático, se están introduciendo cultivos más resistentes a condiciones adversas como la sequía, el calor o las inundaciones. Asimismo, el uso de sistemas de riego más eficientes ayuda a optimizar el uso del agua, asegurando una producción sostenible.

En cuanto a la infraestructura urbana, se está avanzando en la construcción de edificios y estructuras capaces de soportar fenómenos extremos como tormentas, inundaciones o altas temperaturas. Las ciudades también están incorporando zonas verdes para mejorar la regulación térmica y gestionar el exceso de agua. Paralelamente, se desarrollan protocolos de evacuación para

proteger a las poblaciones vulnerables y garantizar su acceso a refugios seguros durante emergencias climáticas. En este contexto, recientemente la Comisión Europea (2025), bajo la presidencia de Ursula von der Leyen, ha instado a los ciudadanos a preparar un "kit de emergencia" que les permita ser autosuficientes durante al menos 72 horas en caso de crisis como desastres naturales, guerras o ciberataques. Esta recomendación forma parte de la Estrategia de Preparación de la Unión, presentada en marzo de 2025, que busca fortalecer la resiliencia ciudadana ante emergencias de gran escala.

La gestión de los ecosistemas es otro eje fundamental de la adaptación. Se trabaja en la restauración de ecosistemas clave como humedales y arrecifes de coral, que actúan como barreras naturales ante tormentas. También se promueve el manejo adecuado de los bosques para prevenir incendios forestales, y se diseñan planes de evacuación o migración asistida para especies que se ven forzadas a desplazarse por los cambios en su hábitat debido a condiciones climáticas extremas.

Por último, la salud pública debe estar preparada para afrontar los riesgos derivados del cambio climático. En este sentido, se implementan sistemas de alerta temprana frente a olas de calor, huracanes o inundaciones. Además, se realizan campañas de prevención y educación para informar a la población sobre los riesgos climáticos y las medidas de protección necesarias, fortaleciendo así la resiliencia comunitaria.

3. Financiar los ajustes necesarios:

El financiamiento para la reducción y remoción de emisiones de CO₂ es un componente esencial en la lucha contra la crisis climática. Este tipo de financiamiento representa una combinación de esfuerzos entre gobiernos, empresas, mercados y organismos internacionales, que trabajan conjuntamente para acelerar la transición hacia un futuro sostenible y bajo en carbono.

Desde el ámbito público, las iniciativas gubernamentales desempeñan un rol fundamental. A través de subvenciones y préstamos, los Estados apoyan proyectos que contribuyen a la reducción de emisiones, tales como la

instalación de energías renovables, programas de reforestación o mejoras en eficiencia energética. Además, muchos países han implementado impuestos al carbono, los cuales no sólo desincentivan el uso de combustibles fósiles, sino que también generan ingresos fiscales que pueden destinarse a financiar políticas de mitigación y adaptación climática.

En el caso de Argentina, desde el año 2017 se aplica un impuesto al carbono sobre los combustibles fósiles líquidos, establecido por la Ley N° 27.430. Este impuesto se basa en la cantidad de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) emitido por cada tipo de combustible, y sus valores se actualizan trimestralmente de acuerdo con las variaciones del Índice de Precios al Consumidor (IPC), que publica el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).

A nivel internacional, existen fondos climáticos que brindan apoyo financiero a países en desarrollo para implementar proyectos destinados tanto a mitigar emisiones como a adaptarse a los impactos del cambio climático. Estos fondos buscan reducir las desigualdades estructurales entre países y garantizar una transición justa en el contexto global.

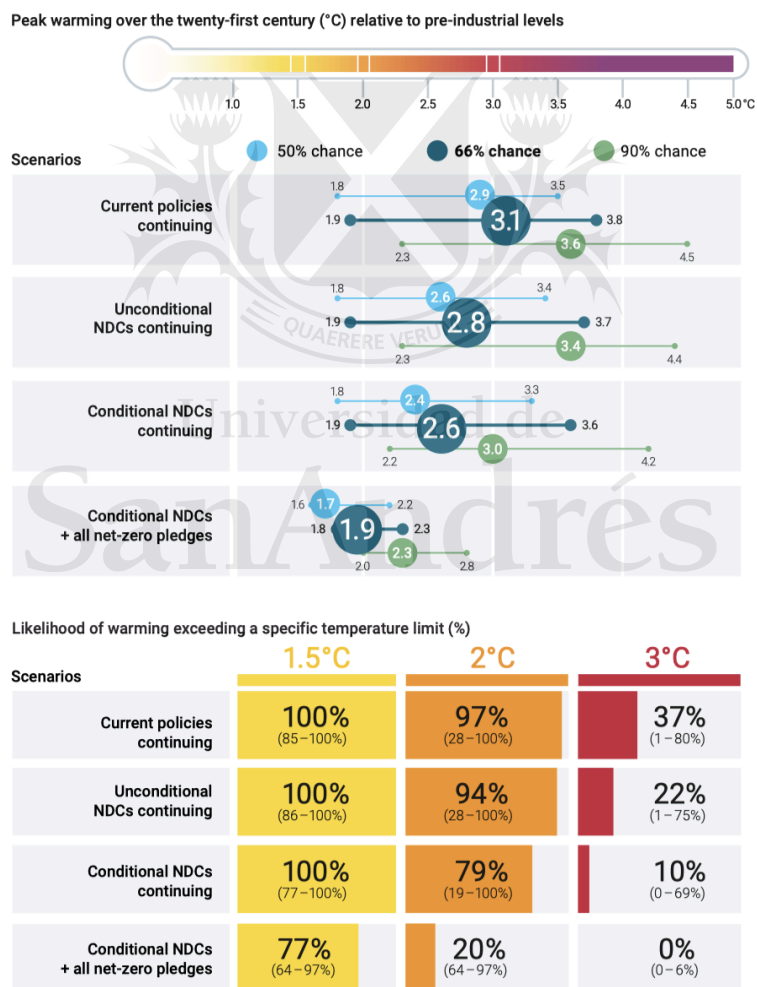
El sector privado también tiene un papel clave a través de inversiones directas. Capitales de riesgo se orientan a financiar startups y proyectos emergentes que están desarrollando soluciones tecnológicas innovadoras para reducir o capturar emisiones de carbono. Asimismo, instrumentos como los bonos verdes han ganado relevancia como mecanismos para recaudar fondos específicamente destinados a iniciativas ambientales. Las inversiones de impacto, por su parte, combinan el objetivo de obtener un retorno financiero con la intención explícita de generar un efecto positivo en el medio ambiente.

Finalmente, los mercados de carbono representan otra herramienta de financiamiento importante. A través de estos mecanismos, se permite la compraventa de créditos de carbono, lo que habilita a distintos actores a compensar sus emisiones financiando proyectos que generen reducciones. En los próximos apartados, se abordará este tema en mayor profundidad,

explorando su funcionamiento, su evolución y su impacto en la economía global.

Este gráfico, elaborado por la ONU (2024), muestra distintas proyecciones del calentamiento global según los escenarios basados en los compromisos evaluados y el grado de cumplimiento de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs)⁷. Estos escenarios reflejan cómo las acciones y políticas climáticas actuales, junto con los compromisos asumidos por los países, pueden influir en la trayectoria de las temperaturas globales en las próximas décadas:

Figure ES.4 Projections of global warming under the pledge-based scenarios assessed



Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2024).
Informe sobre la Brecha de Emisiones 2024.

⁷ Ver anexo 6

2.4 Herramientas económicas: mecanismos de precios al carbono y financiamiento climático

Rol de los precios al carbono

El precio al carbono surge como una herramienta económica para internalizar los costos sociales y ambientales de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en las actividades económicas, incentivando así la transición hacia un modelo más sostenible. Con internalizar costos me refiero a incluir los costos sociales, ambientales o económicos que tiene asociada una actividad comercial, en el precio final de los bienes o servicios que brinda, es decir, asumirlo como un costo de producción más.

Si esos costos no se incluyen, se está asumiendo que la sociedad los termine pagando, ya que esta externalidad negativa no está reflejada en los precios de los bienes o servicios que generan dichas emisiones. La “Government Accountability Office” (Oficina de Responsabilidad Gubernamental) es una agencia independiente de Estados Unidos que investiga y audita al gobierno federal y su objetivo es ayudar al Congreso a cumplir con sus responsabilidades constitucionales, en un análisis realizado, estimó que el país gastó \$350 mil millones de dólares en la última década en impactos relacionados con el clima (GAO, 2017).

Al ponerle un precio al carbono lo que se está haciendo, en definitiva, es incentivar la reducción de emisiones. Se espera que al colocar un costo sobre las emisiones, las empresas lo tomen como un incentivo para invertir en tecnologías limpias, mejorar su eficiencia energética o adoptar procesos menos contaminantes, para evitar ese sobreprecio.

Estos ingresos que genera el impuesto, o los mecanismos como el mercado de carbono, se utilizan para financiar la mitigación del cambio climático, es decir, se utilizan para invertir en proyectos (ejemplo proyectos de energía renovable, proyectos de reforestación), políticas y tecnologías que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) o se destinen a la absorción de costos que generan los impactos del cambio climático.

Tipos de mecanismos de precios al carbono

Dentro de los mecanismos desarrollados de precios al carbono están:

1. Impuesto al carbono: fija un costo directo sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), particularmente por la tonelada de CO₂ emitida. Los países aplican este impuesto por ejemplo a los combustibles fósiles, como carbón, petróleo y gas, según la cantidad de carbono que generan al ser quemados.

Tal como se mencionó en el apartado anterior, Argentina cuenta con un impuesto al carbono sobre combustibles fósiles líquidos desde el año 2017 aprobada por la Ley N° 27.430 (originalmente el impuesto al carbono se estableció con la Ley N.º 23.966, Título III, que luego fue modificada por la Ley N.º 27.430 en el marco de la reforma tributaria de 2017).

2. Sistema de comercio de emisiones (ETS): este sistema denominado ETS (Emissions Trading System) por sus siglas en inglés, es un enfoque basado en una idea de mercado que busca limitar las emisiones de GEI mediante un esquema de límites y de comercio, es decir, los gobiernos establecen un límite máximo de emisiones permitidas para ciertos sectores o industrias, distribuyendo así derechos de emisión de toneladas de CO₂, y luego las empresas que emiten menos pueden vender sus permisos excedentes a otras que necesiten más, incentivando así económicamente a quienes reducen.

El ETS más grande del mundo es el Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (EU ETS).

3. Mercados de créditos de carbono: en este mercado las empresas compensan sus emisiones de GEI invirtiendo en proyectos que reduzcan o capturen emisiones (proyectos relacionados a las actividades descritas en el apartado 2.3).

Si bien es un concepto similar al de ETS las principales diferencias radican en que el ETS tiene el foco puesto en limitar las emisiones y comercializarlas, es decir reducir emisiones dentro de un sector o región

específico, en cambio el mercado de crédito de carbono tiene puesto el foco en compensar emisiones, financiando proyectos de mitigación que pueden ser de reducción o remoción. Además el ETS está totalmente regulado por los gobiernos, en cambio el mercado de créditos de carbono no está regulado.

Según el informe “State and Trends of Carbon Pricing 2024” emitido por el World Bank Group, en el 2024 los ingresos totales del impuesto al carbono sumados a los ingresos del mercado de carbono significaron un total de 104 mil millones de dólares. El mismo informe muestra que el alcance de ese impacto fue la cobertura de 13 gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente, es decir alrededor del 24% del total mundial de emisiones de GEI (World Bank, 2024).

Financiamiento climático

Además del impuesto al carbono, existen otros tipos de financiamiento climático. Existen Fondos internacionales para el clima, como por ejemplo:

- Fondo Verde para el Clima (Green Climate Fund, GCF): creado bajo el marco de la Convención de la ONU sobre el Cambio Climático (CMNUCC), apoya proyectos en países en desarrollo para reducir emisiones y aumentar la resiliencia climática.
- Fondo de Adaptación: financia proyectos y programas de adaptación climática en países vulnerables, particularmente aquellos más afectados por el cambio climático.
- Global Environment Facility (GEF): proporciona financiamiento para abordar problemas ambientales globales, incluyendo el cambio climático.

También existen instrumentos de deuda, como los Bonos Verdes, emitidos por gobiernos o empresas para financiar proyectos con impacto ambiental o climático positivo, generalmente con condiciones financieras más favorables. Un ejemplo en Argentina es el caso de Mercado Libre, que a través de una oferta pública emitió USD 400 millones en bonos sustentables con una tasa del

2,375% y vencimiento en 2026, destinados, entre otras iniciativas, a la financiación de su flota de vehículos eléctricos (MercadoLibre, 2021).

También existen instrumentos de bancos tradicionales como el Banco Mundial o el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) que proporcionan préstamos y financiamiento para proyectos climáticos en países de desarrollo, también con tasas diferenciadas o con menos requerimientos burocráticos.

El conjunto de estas herramientas económicas de financiamiento climático, representan mecanismos indispensables para movilizar recursos hacia la mitigación y adaptación.

Aún así, parecen ser no suficientes todavía. Según el mismo informe del World Bank Group (2024), la mayoría de estos instrumentos de fijación de precios del carbono no son lo suficientemente ambiciosos para impulsar el nivel del cambio necesario para cumplir con los objetivos de la temperatura del Acuerdo de París.

La Comisión de Alto Nivel sobre Precios del Carbono (2017) estimó que para alcanzar los objetivos, los precios del carbono debieron ser 40-80 USD/tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) en 2020 y deberían ser 50-100 USD/tCO₂e en 2030 para limitar el calentamiento a 2 °C. Por su parte, el IPCC (Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático) estima que el costo marginal de reducción para limitar el calentamiento a 1,5 °C es de 170 a 290 dólares por tCO₂e. Pero, la realidad es que todos los precios actuales del carbono están por debajo del límite inferior del precio del carbono establecido por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2022).

El mercado de carbono

3.1 Surgimiento del mercado de carbono y conceptos importantes

Como se mencionó en el apartado 2.4, el mercado de carbono surgió a partir de la necesidad de asignar un valor económico a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), logrando así incentivos para su reducción. El marco legal internacional que le dio surgimiento fue el Protocolo de Kyoto de 1997 (explicado también anteriormente) siendo este el primer acuerdo internacional legalmente vinculante para reducir emisiones.

A partir del Acuerdo de París (2015)⁸, cada país tiene su meta individual de reducción, y los países desarrollados tienen una carga más elevada en virtud del principio de “responsabilidad común pero diferenciada y capacidades respectivas”, porque reconoce que esos países son los mayores responsables de los altos niveles de emisión de GEI en la atmósfera, vinculándolos así de manera obligatoria (son 36 países y la Unión Europea). Surgieron de esta manera las llamadas Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), donde cada país debe presentar sus propios planes climáticos nacionales, con las acciones que tomarán para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero.

Son los países entonces, los que tienen la responsabilidad de establecer sus propias metas de reducción de emisiones y actualizar estos compromisos cada cinco años, con el fin de hacerlo cada vez más ambiciosos.

Estos son los mecanismos económicos innovadores que se introdujeron a partir de este acuerdo (Acuerdo de París, 2015):

1. Comercio de emisiones (cap and trade):

Los gobiernos establecen un límite (cap) a las emisiones permitidas y emiten permisos de emisión que las empresas pueden comprar, vender o intercambiar (trade). Este sistema premia a las empresas que reducen emisiones, ya que pueden vender sus permisos sobrantes.

⁸ Ver anexo 3

2. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL):

Permite a los países desarrollados financiar proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo y, a cambio, obtener créditos de carbono para cumplir con sus compromisos.

3. Mercados voluntarios de carbono:

Surgieron para permitir a empresas, gobiernos y personas compensar sus emisiones mediante la compra de créditos generados por proyectos de mitigación, como reforestación o energías renovables.

El mercado de carbono convierte esas emisiones de CO₂ en un activo comercializable, dándole así, un precio. Este mercado es un sistema de comercio a través del cual los gobiernos, empresas o individuos pueden comprar y vender permisos de emisión o créditos de carbono para compensar sus emisiones. El monto de la compensación está determinado por la fijación de un tope para emitir (en el caso del mercado regulado) o de una meta de reducción (en el caso del mercado voluntario).

El mercado de créditos de carbono surge entonces, como una medida de flexibilización para alcanzar con éxito los objetivos propuestos (limita el aumento de la temperatura global a menos de 2°C, idealmente 1,5°C, respecto a niveles preindustriales=.

3.2 Diferencias entre mercados regulados (ETS) y voluntarios (VCM)

Mercado Regulado de Carbono

Es un sistema formal y obligatorio diseñado por los gobiernos, las reglas están definidas y está atado a acuerdos internacionales. Se rige por normas explícitas que establecen límites de emisiones y mecanismos para cumplirlos y habilita un comercio de derechos de emisión.

El objetivo principal es el de cumplir con los compromisos legales de reducción de emisiones establecidos en acuerdos internacionales (Acuerdo de París, 2015).

Los emisores deben operar dentro de un límite de emisiones (cap) y pueden comerciar derechos de emisión en un mercado (trade).

Los principales mercados de carbono regulados a nivel global son:

- Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea (EU ETS): es el mercado de carbono más grande y desarrollado del mundo.
- Sistema de Comercio de Emisiones de China (China ETS): inició en 2021 y mayormente está enfocada en el sector energético y es el mercado más grande en términos de emisiones cubiertas.
- Sistema de Comercio de Emisiones de California (California Cap-and-Trade Program): es uno de los programas más ambiciosos en América y cubre sectores como energía y manufactura.
- Sistema de Comercio de Emisiones de Corea del Sur (K-ETS): implementado en 2015, es el primer mercado regulado en Asia.
- Mercado de emisiones en el Reino Unido (UK ETS): creado tras el Brexit para reemplazar la participación británica en el EU ETS.
- Sistema de Comercio de Emisiones de Nueva Zelanda (NZ ETS): es el primer mercado nacional de carbono fuera de Europa.

Mercado Voluntario de Carbono

Es un sistema opcional en el que empresas, gobiernos, organizaciones e individuos adquieren créditos de carbono para compensar sus emisiones, más allá de los requisitos legales. En este caso no está vinculado a regulaciones obligatorias, hay libertad de participación.

El objetivo principal es mitigar el impacto ambiental de actividades específicas y mejorar la sostenibilidad corporativa o personal.

Por lo general los participantes son empresas con metas de responsabilidad social corporativa (ej., alcanzar neutralidad de carbono), gobiernos locales, y particulares conscientes del impacto ambiental.

En el mercado de carbono, las certificadoras juegan un rol fundamental al verificar y validar que los proyectos de reducción o captura de emisiones

cumplan con estándares internacionales. Su intervención asegura la integridad ambiental y la transparencia del proceso, lo que brinda confianza a compradores e inversores sobre la legitimidad de los créditos de carbono emitidos. Entre las certificadoras más reconocidas se encuentra Verra, a través del estándar Verified Carbon Standard (VCS), ampliamente utilizado en mercados voluntarios para certificar proyectos como reforestación, energía renovable y secuestro de carbono en suelo (como pastizales). También destaca Gold Standard, fundado por el World Wildlife Fund (WWF) y otras ONG, que además de garantizar la reducción de emisiones, exige beneficios sociales concretos, como la creación de empleo o el acceso a energía limpia. Por su parte, el American Carbon Registry (ACR), el estándar más antiguo de América del Norte, se especializa en proyectos como la captura de metano en vertederos y la gestión sostenible de tierras.

El mercado regulado es obligatorio y se rige por normativas legales, mientras que el mercado voluntario depende del interés propio de los participantes para contribuir a la mitigación del cambio climático.

Los principales países compradores de créditos de carbono a través de empresas e inversores que adquieren créditos para compensar sus emisiones son:

- Estados Unidos: empresas tecnológicas, financieras y energéticas compran créditos para cumplir objetivos de sostenibilidad.
- Reino Unido: grandes empresas, bancos e inversionistas con estrategias net-zero.
- Alemania: actores industriales y corporativos con interés en reducir su huella de carbono.
- Suiza: país con acuerdos bilaterales para comprar créditos de carbono en mercados emergentes.
- Japón: programas corporativos de compensación de carbono.
- Canadá: empresas y gobiernos locales activos en la compra de créditos.

A su vez, las principales empresas compradoras son:

- Microsoft: considerada una de los mayores compradores de créditos de carbono, con inversiones significativas en proyectos de reforestación y tecnologías de captura directa de aire. En 2024, adquirió 1,5 millones de créditos de eliminación de carbono de la startup brasileña Mombak, como parte de su compromiso para ser carbono negativo para 2030 (Bloomberg, 2023).
- Shell: ha invertido considerablemente en créditos de carbono, retirando 14,9 millones de créditos en 2024. Su enfoque se centra en compensar emisiones a través de proyectos de reforestación y energías renovables (Global Market Insights, 2023).
- Delta Air Lines y EasyJet: estas aerolíneas han sido líderes en la compra de créditos de carbono para compensar las emisiones de sus operaciones. Sin embargo, EasyJet ha anunciado recientemente que dejará de adquirir compensaciones de carbono para centrarse en tecnologías más sostenibles (Allied Offsets, 2022).

Por su parte, los principales países proveedores de créditos de carbono, aquellos en donde se desarrollan proyectos de compensación, como reforestación, captura de carbono y energías renovables, son:

- Brasil: proyectos de reforestación en la Amazonía y energías renovables.
- Colombia: conservación de bosques y reducción de emisiones en la industria.
- Perú: proyectos REDD+ para la conservación de selvas tropicales.
- Argentina: mercado en crecimiento con proyectos de regeneración de tierras y energías renovables.
- Chile: proyectos de hidrógeno verde y eficiencia energética.
- México: iniciativas de captura de carbono en suelos y energías limpias.
- Indonesia: reforestación y conservación de turberas.
- India: energía solar y eólica, así como eficiencia industrial.
- Kenia: proyectos de captura de carbono en suelos y conservación de bosques.

El mercado voluntario sigue en expansión, cada vez son más los países que están participando tanto en la compra como en la generación de créditos de carbono, impulsados por compromisos corporativos de carbono neutralidad y el creciente interés en la acción climática.

3.3 Diferencias entre permisos de emisión y créditos de carbono

Existen dos tipos de categorías vinculadas a este mercado que vale la pena distinguir: permisos de emisión y créditos de carbono.

Permiso de emisión

Representa el derecho de emitir una tonelada de CO₂. Es un instrumento regulado que otorga a una empresa el derecho legal de emitir una cierta cantidad de dióxido de carbono (CO₂) u otros gases de efecto invernadero (GEI) durante un periodo específico. Estos permisos forman parte, únicamente, de los mercados de carbono regulados. Se permite la compra y venta de estos permisos, entre aquellos que no han alcanzado el tope y aquellos que lo han superado.

Crédito de carbono

Representa la reducción o remoción de CO₂. Es una herramienta económica diseñada para incentivar la reducción de emisiones, al permitir que quienes los generan puedan comercializarlos, y quienes los adquieren compensen su impacto ambiental. Cada crédito equivale a 1 tonelada de CO₂e (dióxido de carbono equivalente) que ha sido evitada, reducida o secuestrada mediante un proyecto de mitigación a través de una actividad específica. Este proyecto puede ser público o privado, y son emitidos por un estándar que actúa como certificadora, pasando por un proceso de verificación de una tercera parte. Cada estándar tiene procesos y metodologías específicas para cada tipo de actividad.

Los créditos de carbono se generan a través de proyectos certificados que reducen las emisiones, los principales son:

- Reforestación: Absorción de CO₂ mediante la plantación de árboles.

- Ganadería regenerativa: Absorción de CO₂ a través de la mejora en los pastizales.
- Energías renovables: Sustitución de fuentes fósiles por tecnologías limpias.
- Eficiencia energética: Implementación de procesos que consumen menos energía.
- Gestión de residuos: Reducción de emisiones de metano en vertederos o sistemas agrícolas.

A diferencia de los permisos de emisión, los créditos de carbono pueden utilizarse tanto en el mercado regulado como en el mercado voluntario. En el primero, los créditos se emplean para cumplir con los requisitos legales establecidos por sistemas de comercio de emisiones, como el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea (EU ETS). En el segundo, son adquiridos de forma voluntaria por empresas o individuos que desean compensar sus emisiones y contribuir a la acción climática más allá de lo que exige la normativa.

Normalmente se lo llama incorrectamente “Bono de carbono”, pero un “bono” es un instrumento financiero para la gestión de deuda. En este caso el término apropiado es “Crédito de carbono”, y no bono. Bono verde se refiere a una herramienta clave para financiar proyectos sostenibles, pero corresponde a un título de deuda.

3.4 Función como herramienta de mitigación climática

El mercado de carbono ha surgido como una herramienta en la lucha contra el cambio climático, proporcionando un mecanismo económico para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Como se explicó anteriormente, la lógica detrás de este sistema es: internalizar los costos ambientales de la contaminación y dar incentivos financieros a quienes reduzcan su huella de carbono. Sin embargo, la gran pregunta sigue siendo si realmente está funcionando como herramienta de mitigación climática o si es sólo una estrategia sin un impacto real positivo para el medioambiente.

Si analizamos los datos reales que existen, los ingresos provenientes de los impuestos al carbono y los sistemas de comercio de emisiones (ETS) alcanzaron los 104 mil millones de dólares en 2023 (World Bank, 2024). A primera vista, este número impacta y sugiere un mercado sólido y cada vez más grande. Pero, ¿se han reducido las emisiones globales de gases de efecto invernadero como resultado? Esa es la cuestión central. Si el mercado no logra generar una disminución efectiva de emisiones a gran escala, entonces su utilidad como herramienta climática queda en duda, puede servir como un mercado más, con posibilidades económicas, pero no así como solución al calentamiento global.

Investigando el impacto en las reducciones de emisiones, se encuentra que uno de los problemas estructurales del mercado de carbono radica en la diferencia de horizontes temporales entre compradores y vendedores de créditos. Las empresas que adquieren estos créditos necesitan compensaciones inmediatas para cumplir con regulaciones o compromisos de sostenibilidad. Sin embargo, los proyectos que generan estos créditos (como la ganadería regenerativa, la reforestación o la captura de carbono en los océanos) pueden tardar años, incluso décadas en alcanzar su potencial total de captura de CO₂. Esta desconexión temporal genera incertidumbre sobre la efectividad real de los créditos adquiridos.

Además, la calidad y homogeneidad de los créditos es una preocupación real. No todos los créditos de carbono tienen el mismo impacto ambiental. Un proyecto de reforestación basado en monocultivos de eucalipto, por ejemplo, puede capturar carbono rápidamente, pero aportar poco a la biodiversidad e incluso degradar la calidad del suelo a largo plazo.

Otro punto crítico es la adicionalidad, un principio que establece que los proyectos de reducción de emisiones deben generar beneficios climáticos que no habrían ocurrido en ausencia del financiamiento proveniente del mercado de carbono. En este sentido, surge la preocupación de que muchos proyectos financiados mediante créditos de carbono podrían haber sido implementados igualmente con fondos gubernamentales o privados. En esos casos, la emisión de créditos no representaría una reducción neta de emisiones, sino

simplemente una redistribución de recursos ya disponibles. Además, otro aspecto relacionado con la adicionalidad es si el proyecto realmente genera un impacto positivo en el ecosistema o si simplemente implica cambios superficiales en las prácticas sin una mejora sustancial. Incluso, algunas modificaciones pueden generar efectos secundarios no deseados; lo que a primera vista parece una mejora puede traer consecuencias negativas en otras áreas. Por esta razón, en términos de adicionalidad, los organismos certificadores internacionales (como VERRA) aplican criterios rigurosos. Por ejemplo, no se pueden certificar créditos de árboles que ya estaban plantados y capturando carbono, a menos que existiera un riesgo real de tala y que, gracias a medidas de protección, se haya evitado. En este caso, la conservación efectiva sí se considera adicionalidad.

La doble contabilidad es otro punto de dolor para poder entender el impacto real. Existen o existieron algunos casos, en los cuales se produjo la situación que tanto el país donde se genera el crédito como la empresa compradora reclaman la reducción de emisiones como propia. Un ejemplo de esto sería el de un proyecto de reforestación en Brasil cuyos créditos de carbono son comprados por una empresa en Europa. Si ambos países se atribuyen la reducción de CO₂, los beneficios climáticos se inflan artificialmente, debilitando la credibilidad del mercado.

Según el informe del World Bank (2024), para limitar el calentamiento global a 1,5 °C, el mundo necesita remover entre 5 y 16 mil millones de toneladas de CO₂ anualmente para 2050. En 2024, Microsoft se posicionó como el mayor comprador de créditos de eliminación de carbono, adquiriendo 5,1 millones de toneladas (World Bank, 2024), lo que representa aproximadamente el 0,1% del mínimo necesario cada año. Si todo el mercado operara al ritmo actual liderado por Microsoft, se requerirían al menos 980 años para alcanzar sólo un año del objetivo mínimo. Esta desproporción evidencia cuán lejos estamos aún de escalar la remoción de carbono a los niveles necesarios para cumplir con las metas climáticas globales.

3.5 Perspectivas para América Latina

En 2024, el segmento de silvicultura y uso de la tierra concentró aproximadamente el 49 % de los ingresos del mercado voluntario de créditos de carbono, consolidándose como el sector más relevante dentro de esta economía emergente (Global Market Insights, 2024). Este predominio refleja la creciente demanda por soluciones basadas en la naturaleza, como la conservación de bosques, la reforestación y las prácticas agrícolas regenerativas, que ofrecen alto potencial de captura y almacenamiento de carbono. Como resultado, los países con grandes extensiones de tierra se posicionan estratégicamente para atraer inversión climática, desarrollar proyectos de compensación y generar nuevas fuentes de ingresos a través de la venta de créditos de carbono. América Latina tiene entonces, una gran oportunidad para revalorizar sus activos naturales y posicionarse como proveedor estratégico de soluciones climáticas basadas en la naturaleza.

Un ejemplo real del rol estratégico que está tomando América Latina es el crecimiento de proyectos de reforestación y conservación de selvas en países como Brasil, Colombia y Perú. Iniciativas como el Programa REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) han atraído inversiones internacionales para la preservación de la Amazonia mediante la emisión de créditos de carbono basados en la reducción de la deforestación.

Esta tendencia se refleja también en operaciones comerciales concretas. Uno de los casos más destacados de 2024 fue el intercambio entre Brasil y Estados Unidos, donde Microsoft, considerada una de las mayores compradoras de créditos de carbono a nivel mundial, adquirió 1,5 millones de créditos de eliminación de carbono de la startup brasileña Mombak, como parte de su compromiso de ser carbono negativo para 2030 (Bloomberg, 2023).

En Argentina, Uruguay y Paraguay, el manejo regenerativo del suelo y la ganadería carbono-neutral han despertado interés en la certificación de créditos agrícolas, invirtiendo en medición y certificación de captura de carbono en suelos.

Otro sector con oportunidades es el de la energía renovable. Chile, por ejemplo, ha sido pionero en la generación de créditos de carbono a partir de proyectos solares y eólicos, atrayendo financiamiento internacional y posicionándose como un modelo en la transición energética. De manera similar, México ha implementado programas para captar metano en rellenos sanitarios y convertirlo en energía, reduciendo así emisiones y generando créditos de carbono comercializables.

A pesar de estas oportunidades, la región enfrenta desafíos estructurales significativos. La falta de regulaciones claras, la burocracia para certificar proyectos y la limitada infraestructura tecnológica para la medición y verificación de emisiones dificultan la masificación del mercado. Además, los pequeños productores y comunidades rurales tienen dificultades para acceder a estos mecanismos debido a los costos asociados y la falta de capacitación en la gestión de proyectos de carbono.



Tecnologías asociadas al mercado de carbono

Las tecnologías asociadas al mercado de créditos de carbono están transformando la manera en que se gestionan las emisiones de gases de efecto invernadero. Desde el monitoreo avanzado hasta la comercialización digital, las tecnologías facilitan la medición, reducción, seguimiento y comercialización de los créditos de carbono.

A continuación una breve descripción del uso de cada una de ellas en distintas etapas del proceso de emisión y comercialización:

4.1 IoT

La tecnología IoT (por sus siglas en inglés Internet of Things) se refiere a la interconexión de dispositivos físicos a través de internet, permitiendo que recopilen datos de forma automática. Se usa para la medición y el monitoreo de emisiones.

En los campos, por ejemplo, se utilizan sensores que monitorean la humedad del suelo, la temperatura y otros parámetros, permitiendo la recolección de datos precisa en tiempo real. También se utilizan drones y satélites, en áreas amplias difíciles de acceder, como en sectores de agricultura, petróleo, gas y zonas forestales.

Un ejemplo real es el caso de la startup Argentina Kilimo. Esta startup utiliza sensores IoT, los cuales recopilan datos sobre el uso del agua, estos datos se consolidan con los datos meteorológicos, y usando una matriz de satélites e IA, se crea un coeficiente de cultivo específico para cada campo; logrando así, optimizar el riego en la agricultura, reduciendo el consumo de agua y las emisiones asociadas. Kilimo ha desarrollado un modelo de compensación de carbono que permite a las empresas adquirir créditos por el ahorro hídrico logrado en las fincas, integrando así la tecnología IoT en el mercado de carbono.

4.2 Inteligencia artificial

Una vez recolectados los datos, por ejemplo con la tecnología IoT, aparece la Inteligencia Artificial. El uso de la inteligencia artificial implica la aplicación de algoritmos y modelos de aprendizaje (machine learning), redes neuronales y otras tecnologías para automatizar procesos, mejorar la toma de decisiones y optimizar tareas.

En los campos, esta tecnología ayuda a reconocer patrones, predecir resultados o rendimientos de futuros cultivos, ayuda a la agricultura o ganadería de precisión, optimizando procesos, determinando la cantidad exacta de agua que se necesita o detectando enfermedades de manera temprana. Hace que todo el proceso sea más eficiente.

Un ejemplo práctico de cómo la inteligencia artificial y la tecnología pueden impulsar la acción climática es Ruuts, una startup argentina que está desarrollando una plataforma de recolección de datos⁹, específicamente pensada para campos que aplican manejo holístico (un estilo de ganadería regenerativa). La recolección de información se realiza en terreno a través de técnicos acreditados en estas prácticas, quienes registran en la app datos claves sobre el manejo del ganado, la gestión del agua y los perímetros del campo. Toda esta información se almacena de manera sistematizada y confiable, y se convierte en la base fundamental para evaluar la adicionalidad del cambio de prácticas (al manejo holístico) en esos campos, es decir, cuánto carbono adicional logran capturar los pastizales en comparación con una gestión tradicional. Para eso, Ruuts desarrolló su propio modelo matemático, que permite estimar con la mayor precisión posible la captura de carbono lograda gracias a la transición regenerativa. Y además, esa adicionalidad se convierte en un crédito de carbono, una nueva línea de ingreso para el campo.

4.3 Blockchain

La tecnología blockchain ofrece una solución innovadora al aportar transparencia y trazabilidad a las transacciones dentro del comercio de carbono. Estos aspectos son fundamentales en un mercado que aún enfrenta

⁹ Ver anexo 5

desafíos significativos relacionados con la credibilidad, la confianza y su consolidación, especialmente debido a la falta de estandarización y mecanismos claros de verificación.

Esta tecnología permite un registro descentralizado, garantizando que no haya doble contabilidad y que los créditos sean auténticos. Técnicamente, blockchain funciona mediante una red descentralizada de nodos que validan y almacenan transacciones en bloques de datos encadenados criptográficamente. Cada transacción de créditos de carbono se registra en un libro mayor inmutable, donde los contratos inteligentes pueden automatizar verificaciones y evitar el doble conteo.

4.4 Tokenización

La tokenización es el proceso de convertir un activo (físico, digital, financiero, o en este caso un activo intangible), en una representación digital llamada token. Este token actúa como un certificado digital que representa el valor, la propiedad o los derechos asociados con el activo subyacente, permitiendo que se comercialice o transfiera de manera segura, transparente y eficiente.

El Token es una unidad digital, por ejemplo creada en una blockchain, que representa la propiedad o los derechos sobre el activo y cada token contiene información única e inmutable sobre el activo.

En el mercado de créditos de carbono, la tokenización permite representar cada crédito como un token, asegurando su trazabilidad, autenticidad y evitando el doble conteo. Esto facilita la comercialización de créditos de carbono en mercados globales, ya que los tokens pueden ser transferidos de manera segura y transparente entre empresas, gobiernos o individuos interesados en compensar su huella de carbono.

4.5 Web 3.0

La Web 3.0 o Web3, se refiere a la evolución de Internet que busca descentralizar el control de datos dando mayor control y propiedad a los usuarios. Algunas de las grandes diferencias con la Web 2.0 son:

- El control de datos en la Web 2.0 es centralizado (por ejemplo en plataformas sociales), en la Web 3.0 es descentralizado.
- La propiedad de los datos en la Web 2.0 es de las empresas, en cambio en la Web 3.0 es de los usuarios.
- Las tecnologías claves en la Web 2.0 son la “nube”, las redes sociales y los dispositivos móviles, en cambio en la Web 3.0 las tecnologías son Blockchain, Inteligencia artificial y contratos inteligentes.
- Con respecto a la economía, en la Web 3.0 aparece el comercio a través de tokens y criptomonedas.

Un ejemplo de esto es una startup de EE.UU. llamada “Regen”, donde en vez de certificar y emitir créditos por los organismos internacionalmente reconocidos de este mercado como Verra (tal como se mencionó anteriormente), emite créditos bajo sus propios estándares de certificación y con tecnología blockchain en el propio registry de la startup americana “Regen Network”. Esta startup propone una solución con estas tres tecnologías: tokeniza eco créditos, bajo registro blockchain y tiene su propia billetera virtual con su propia eco-criptomonedas donde permite que la compensación se haga directamente comprando o compensando créditos de carbono con su propia wallet. Claro ejemplo de lo que sería una Web 3.0, fomentando operaciones más abiertas, participativas, pero también seguras y eficientes.

Our blockchain-based framework sets a new standard for transparent and efficient ecological accounting

Regen Ledger ensures transparent, tamper-proof, and efficient recording and verification of environmental credit transactions.



Transparency and trustworthiness

Regen Ledger records all transactions transparently, building trust among stakeholders and eliminating discrepancies.



Immutable recordkeeping

Once data is recorded on the blockchain, it becomes immutable—preventing tampering, falsification, or deletion. This ensures the authenticity and accuracy of credit histories and transactions.



Efficient verification and auditing

Blockchain technology allows for real-time verification of transactions and streamlined auditing processes, reducing administrative overhead and ensuring adherence to environmental standards.

Fuente: Regen Registry, Regen Network Development, PBC.

Recuperado de <https://www.registry.regen.network/>



Fuente: Regen Registry, Regen Network Development, PBC.

Recuperado de <https://www.registry.regen.network/>

4.6 Tecnologías de captura del aire (DAC)

Las tecnologías de captura directa del aire (DAC) son sistemas diseñados para extraer dióxido de carbono (CO₂) directamente de la atmósfera. A diferencia de otras formas de captura de carbono que se enfocan en emisiones puntuales (como fábricas o plantas de energía), DAC trabaja con el aire ambiental, donde el CO₂ está presente en concentraciones mucho más bajas.

Estas tecnologías utilizan ventiladores para atraer aire hacia materiales químicos (sólidos o líquidos) que capturan el CO₂. Luego, mediante procesos de calor o presión, el CO₂ es separado y puede ser almacenado de forma permanente en formaciones geológicas subterráneas o reutilizado en la producción de combustibles sintéticos, bebidas carbonatadas o materiales de construcción.

DAC es considerada una herramienta clave en la lucha contra el cambio climático, especialmente porque permite remover emisiones pasadas o

compensar emisiones difíciles de eliminar y pueden almacenar CO₂ por más de 1.000 años (World Bank, 2024).

Se proyecta que el segmento de captura y almacenamiento de carbono crezca a una tasa compuesta anual de más del 30,5% hasta 2034, impulsado por inversiones significativas, como los 80 millones de dólares invertidos por Google y Stripe en 2024 (Global Market Insights, 2024).

4.7 Escalabilidad de las tecnologías

Las tecnologías disruptivas, entendidas como innovaciones que transforman industrias y mercados establecidos al crear nuevos sectores y modelos de negocio, están redefiniendo el mercado de carbono. Como se mencionó en este apartado, herramientas como blockchain, IoT (Internet de las Cosas), big data e inteligencia artificial están introduciendo mayor transparencia, eficiencia y accesibilidad. Sin embargo, es importante evaluar qué tan escalables son estas soluciones dentro del mercado de carbono y cuál es su verdadero potencial para amplificar su impacto a escala global.

Por un lado, la escalabilidad de estas tecnologías depende de su capacidad para integrarse en diferentes contextos geográficos, económicos y regulatorios. Blockchain, por ejemplo, ofrece soluciones robustas para garantizar la trazabilidad de los créditos de carbono, pero su adopción requiere de acceso a infraestructura tecnológica avanzada y una fuerte colaboración entre sectores y compañías. Por su parte, el IoT permite un monitoreo en tiempo real de proyectos de compensación, como plantaciones de árboles o captura de carbono en suelos. Sin embargo, su implementación es más compleja en regiones con conectividad limitada o recursos financieros escasos, como el caso de la necesidad de tecnología de monitoreo en campos remotos en el corazón de África, o incluso, en zonas de difícil acceso en la Patagonia.

El desafío de la escalabilidad no sólo es técnico, sino también económico. Las soluciones tecnológicas deben ser financieramente viables para pequeños actores, como comunidades locales y pymes, que a menudo no cuentan con los recursos necesarios para invertir en herramientas avanzadas. Sin una democratización de estas tecnologías, existe el riesgo de que el mercado de

carbono se concentre aún más en actores grandes y desarrollados, alargando desigualdades en lugar de resolverlas.

El mercado de carbono está intrínsecamente ligado a procesos naturales, no a sistemas puramente tecnológicos donde la escalabilidad puede llegar a ser inmediata y predecible. La captura y almacenamiento de carbono dependen de ciclos biológicos, ecosistemas complejos y dinámicas que no pueden acelerarse únicamente de manera artificial. La tecnología, sin duda, juega un papel clave al permitir medición, trazabilidad y verificación, pero no puede reemplazar los tiempos naturales. No se puede forzar a un bosque a capturar carbono más rápido, ni a un suelo degradado a regenerarse instantáneamente.



Universidad de
San Andrés

Ecosistema emergente del mercado de carbono

El desarrollo del mercado de créditos de carbono no sólo impulsó la adopción de nuevas tecnologías e innovaciones, sino que también requirió la creación de un ecosistema completamente nuevo. Este ecosistema tuvo que construirse desde cero y continúa evolucionando hasta el día de hoy. Hace apenas unas décadas, no existía una infraestructura que respaldara el concepto de compensación de carbono, lo que ha llevado a un proceso constante de adaptación y mejora en su implementación.

Surgieron así actores claves del ecosistema como gobiernos, corporaciones, desarrolladores de proyectos, certificadoras y plataformas de intercambio, que fueron dándole forma y consistencia a este mercado emergente, cada uno con un rol clave en la generación, validación, comercialización y uso de los créditos de carbono.

A continuación, se hace una mención del aporte de los principales actores involucrados:

5.1 Generadores de créditos

Los créditos de carbono tienen su origen en proyectos que capturan o evitan emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y tal como se mencionó, estos proyectos pueden abarcar desde la protección de bosques y la regeneración de tierras, hasta la implementación de tecnologías limpias en procesos industriales.

Detrás de su generación participan, por un lado, los proveedores al inicio de la cadena que pueden ser campos, agricultores, propietarios de tierras, o también empresas industriales y son quienes ejecutan directamente las prácticas que reducen emisiones. A su vez, expertos, como ingenieros agrónomos, quienes cumplen un rol fundamental al implementar, modificar y medir las prácticas sostenibles necesarias para asegurar que se generen créditos válidos. Finalmente, los desarrolladores de proyectos, que pueden ser empresas, incubadoras o aceleradoras y son los responsables de diseñar, financiar y

coordinar las iniciativas, asumiendo el riesgo inicial con la expectativa de obtener un retorno a través de la comercialización de los créditos obtenidos.

5.2 Inversionistas y fondos de financiamiento

La financiación cumple un rol esencial en el ecosistema del mercado de carbono, ya que proporciona el capital necesario para desarrollar e impulsar proyectos destinados a capturar o reducir emisiones, así como para avanzar en las tecnologías que los hacen posibles. Sin un flujo constante de inversiones, este mercado no podría crecer ni consolidarse, ya que su funcionamiento y expansión dependen directamente de la disponibilidad de recursos. Las fuentes de financiamiento son diversas: incluyen inversionistas privados que buscan apoyar iniciativas rentables y sostenibles, así como bancos multilaterales (como el Banco Mundial o el Banco Interamericano de Desarrollo) que destinan importantes fondos a proyectos climáticos a nivel global. También existen fondos climáticos internacionales específicamente diseñados para respaldar acciones de mitigación del cambio climático y adaptación a sus efectos. De este modo, la financiación no solo permite que los proyectos se lleven a cabo, sino que garantiza la viabilidad y sostenibilidad de todo el ecosistema a largo plazo.

5.3 Organismos de certificación, registro y trazabilidad

Para asegurar la validez y credibilidad de los créditos de carbono, el ecosistema climático está incorporando mecanismos cada vez más robustos de certificación y registro. En primer lugar, existen entidades certificadoras como Gold Standard o Verra, organismos internacionales encargados de validar que los proyectos cumplan con rigurosos estándares de calidad y que los créditos generados representen reducciones reales y verificables de emisiones. Además, los créditos deben inscribirse en registros oficiales, que son plataformas digitales diseñadas para asignar un identificador único a cada crédito y así evitar la doble contabilidad. Por último, la trazabilidad juega un papel fundamental, y tal como se mencionó anteriormente, tecnologías como blockchain están siendo implementadas por empresas especializadas para

asegurar la transparencia y el seguimiento completo del ciclo de vida de cada crédito, desde su emisión hasta su eventual retiro.

5.4 Gobiernos y organismos reguladores

Los gobiernos, tanto a nivel internacional, nacional como local, desempeñan un papel clave en la estructuración del mercado de carbono. Son responsables de establecer marcos regulatorios, crear políticas y fomentar la participación, facilitando el desarrollo de mercados regulados (ETS) e incentivando la adopción de mercados voluntarios. Su rol es crucial para garantizar la estabilidad, transparencia y crecimiento sostenible de estos mecanismos.

Además, los gobiernos supervisan el cumplimiento de estándares, regulan la emisión de créditos y establecen mecanismos de control para prevenir fraudes. Su nivel de intervención varía según el tipo de mercado: en los mercados regulados, su rol es más activo y normativo, mientras que en los mercados voluntarios, su participación suele limitarse a la emisión de lineamientos y marcos de referencia, sin carácter obligatorio.

También los gobiernos son muy importantes en el papel de dar incentivos, como subsidios o beneficios fiscales para proyectos alineados con objetivos climáticos. Esto sucede muy frecuentemente en la implementación de paneles solares por ejemplo.

También juegan un papel importante las ONGs (como WWF o Greenpeace), las instituciones académicas o los medios de comunicación, que promueven el conocimiento sobre nuevas prácticas, el mercado de carbono, concientizar sobre la acción climática y fomentar la participación activa de comunidades y empresas.

5.5 Compradores de créditos de carbono

Los créditos de carbono son adquiridos por empresas y organizaciones que buscan compensar sus emisiones con el objetivo de cumplir metas de sostenibilidad o responder a normativas regulatorias. Entre los compradores se encuentran las corporaciones multinacionales, como Google o Microsoft, que

han asumido compromisos de neutralidad de carbono. También participan pequeñas y medianas empresas, que buscan mejorar su reputación ambiental o responder a las exigencias de sostenibilidad dentro de sus cadenas de suministro. Y además, en los mercados voluntarios, se ha comenzado a expandir la participación de consumidores finales, que compran créditos para compensar actividades personales como vuelos o el consumo energético en el hogar.

5.6 Mercados y plataformas de intercambio y comercialización

La comercialización de créditos de carbono permite conectar la oferta con la demanda mediante una infraestructura que garantiza el acceso y la transparencia en las transacciones.

Por un lado, están los vendedores, quienes se especializan en poner los créditos a disposición de los compradores interesados. También existen los marketplaces, plataformas digitales que facilitan la compra y venta de créditos en los mercados voluntarios. A su vez, los brokers actúan como intermediarios entre compradores y vendedores, brindando asesoría y negociando acuerdos personalizados.

En algunos países, organismos como la Comisión Nacional de Valores (CNV) supervisan la transparencia y legalidad de estos mercados, especialmente en los regulados, aunque también comienzan a intervenir en los voluntarios.

Argentina es un ejemplo de esto, y está comenzando a incorporar la comercialización de créditos de carbono a través de mecanismos tradicionales, como el mercado de valores, un espacio que históricamente ha facilitado la conexión entre compradores y vendedores, brindando confianza y regulación. En este contexto, los participantes del mercado pueden transferir sus créditos de carbono mediante los sistemas habilitados por, por ejemplo, BYMA (Bolsas y Mercado Argentinos). Con la custodia gestionada a través de Caja de Valores S.A. BYMA otorga visibilidad a las compras de créditos de carbono verificadas en un panel específico y trabaja para fortalecer las condiciones, la infraestructura y la transparencia necesarias para impulsar la evolución del ecosistema financiero y la sustentabilidad en Argentina. Además, sus acciones

están alineadas con los principios de Bolsas de Valores Sostenibles de Naciones Unidas.

En estas circunstancias, la primera transacción fue realizada en diciembre de 2024: “La misma arrojó un total de 46 toneladas que fueron compensadas a través de la compra de Créditos de Carbono de GENNEIA, empresa líder en energías renovables, contribuyendo así de manera directa a la mitigación del cambio climático y promoviendo soluciones locales para un futuro más sostenible” (BYMA, 2024).

Desde los generadores de créditos hasta los compradores y vendedores, cada componente juega un rol único e indispensable en la creación de un sistema que busca ser transparente, eficiente y escalable para enfrentar los desafíos del cambio climático.



Startups y su impacto en sectores emisores de carbono

La realidad de los ejemplos demuestra que las startups están jugando un papel fundamental en el mercado de créditos de carbono. Basta con ver la cantidad de emprendimientos que han surgido en cada sector económico responsable de la emisión de gases de efecto invernadero, para darse cuenta de lo que está sucediendo. Estas empresas emergentes impulsan la innovación, introducen tecnologías disruptivas y desarrollan soluciones escalables para abordar el cambio climático. Su flexibilidad, modelo ágil y creatividad les permiten afrontar desafíos específicos y acelerar la transición hacia modelos de negocio sostenibles.

A continuación, se exploran ejemplos sobre el impacto de las startups en este ámbito, haciendo foco mayormente en América Latina, y en los distintos sectores responsables de emisiones de gases de efecto invernadero, junto con las soluciones innovadoras que están implementando en cada caso.

6.1 Energía

La producción y el consumo de energía representan una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (tal como fue mencionado en el apartado 2), lo que resalta la necesidad urgente de enfocar esfuerzos en el desarrollo de soluciones innovadoras que aborden este desafío y promuevan una transición hacia sistemas energéticos más sostenibles.

Varias **startups energéticas** están promoviendo el uso de fuentes de energía renovable en diferentes partes de la cadena de valor:

- Generación de energía renovable: las startups en esta categoría desarrollan tecnologías y soluciones innovadoras para energías renovables, como la solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa, hidrógeno verde y geotérmica.

Plataformas de energía solar como Solara (México) y Solfium (México), desarrollan software y productos financieros para aumentar la adopción de generación solar en América Latina.

- Distribución y comercialización: otras startups se centran en los sistemas de distribución de energía para hacer la energía más accesible y sostenible.

Lemon Energy (Brasil) conecta a consumidores minoristas de energía con generadores de energía limpia. Bia Energy (Colombia) permite a las empresas ahorrar en sus facturas de energía, monitorear su consumo y contribuir a la protección del medio ambiente.

- Almacenamiento: incluye baterías y sistemas alternativos que ayudan a almacenar el exceso de energía generado durante los períodos de baja demanda y liberarlo durante los picos de demanda, equilibrando la carga en la red y asegurando un suministro estable de energía.

BATx (Colombia) es una empresa que se especializa en la reutilización, reacondicionamiento y aprovechamiento de baterías que se desperdician de forma prematura, brindando soluciones de almacenamiento de energía a través de la segunda vida.

6.2 Movilidad

El transporte es otro de los principales contribuyentes a la crisis actual del cambio climático. Las emisiones provienen principalmente de los transportes terrestres. Es por ello que, se requieren avances importantes en tecnologías como los vehículos eléctricos, los combustibles alternativos, el transporte compartido y otros modos que generen una forma de transportarte mucho más eficiente.

Algunas de las **startups de movilidad** que fueron surgiendo son:

- Micro movilidad: se refiere a soluciones de transporte que involucran dispositivos pequeños y ligeros con una velocidad máxima de entre 25 y 50 km/h, ofreciendo oportunidades para los ciudadanos urbanos y aumentando el acceso al transporte público.

Un ejemplo de esto es Tembici (Brasil) que proporciona un sistema de bicicletas compartidas.

Yego (España) es una plataforma que permite alquilar y desplazarse por la ciudad de Barcelona con motos eléctricas.

- Transporte terrestre de bajas emisiones: abarca cualquier vehículo terrestre, desde autos hasta camiones, que produzcan bajas emisiones de gases de efecto invernadero, como los vehículos eléctricos, alimentados por energía solar u otros sistemas de bajas emisiones.

Vemo (México) ha desarrollado un ecosistema de movilidad limpia que combina infraestructura de carga, servicios de transporte compartido propios y soluciones para flotas comerciales.

Galgo (Chile) ha creado un mercado de motocicletas y fintech en América Latina de habla hispana, con una creciente participación en vehículos eléctricos.

- Sistemas de transporte eficientes: estas soluciones mejoran la calidad del transporte, reducen las emisiones, mejoran la calidad del aire, disminuyen el tráfico y optimizan las calles para todos los modos de transporte.

Buser (Brasil) es una plataforma colaborativa de chárter que conecta a viajeros que desean ir al mismo destino por transporte interurbano.

BlaBlaCar (Francia) una plataforma líder de carpooling declaró: “A lo largo de 2023, las personas que compartieron coche a través de BlaBlaCar permitieron que se evitase la emisión de 2 millones de toneladas de CO₂, gracias a la eficiencia relativa de los vehículos completos frente a otras modalidades de transporte, la mejora en la forma de conducir de nuestros usuarios cuando comparten coche y las redes informales para viajar en coche compartido que se han generado fuera de la plataforma” (Herranz, 2024).

Hoop Carpool (España) se define como la solución líder de carpooling corporativo.

6.3 Economía circular

La Economía Circular está relacionada a los sectores industriales, de construcción y manejo de residuos, y está orientada a transformar las prácticas industriales y económicas hacia la sostenibilidad, minimizando los desechos y aprovechando al máximo los recursos. Hoy en día hay muchas plataformas que se enfocan en compartir, reutilizar, reacondicionar y reciclar materiales y productos durante el mayor tiempo posible.

Algunas soluciones de **startups relacionadas a la construcción** son:

- **Construcción sostenible:** adoptar la construcción sostenible puede reducir sustancialmente las emisiones al incorporar materiales ecológicos, diseños energéticamente eficientes y estrategias de reducción de desechos.

Strong by Form (Chile) ha desarrollado biocompuestos de alto rendimiento a base de madera que pueden reemplazar al acero, aluminio y concreto en la construcción y movilidad.

Was Co (México) desarrolla materiales de construcción sostenibles basados en compuestos poliméricos reciclados.

Algunas soluciones de **startups relacionadas al uso del agua** son:

- **WaterTech:** las startups de WaterTech están a la vanguardia desarrollando soluciones innovadoras para la conservación (en contraposición a la escasez), purificación (en contraposición a la contaminación) y gestión sostenible del agua.

Waterplan (Argentina) es una plataforma con inteligencia artificial que ayuda a empresas como Amazon y Danone a medir, responder y reportar el riesgo hídrico.

Algunas soluciones de **startups relacionadas a la economía circular** son:

- **Reciclaje y gestión de residuos:** las startups en este vertical se especializan en tecnologías avanzadas de reciclaje, soluciones de

clasificación de residuos y sistemas de gestión de residuos eficientes para aumentar las tasas de reciclaje y reducir los desechos en vertederos.

Musa (Brasil) y Muta en (Colombia) han desarrollado plataformas que conectan generadores de residuos, transportistas y recicladores para garantizar el reciclaje.

- Reducción del desperdicio de alimentos: las empresas en este vertical trabajan en soluciones para reducir el desperdicio de alimentos en diversas etapas de la cadena de suministro, desde la agricultura y distribución hasta el comercio minorista y los consumidores.

Aravita (Brasil) está desarrollando un software SaaS utilizando inteligencia artificial para ayudar a los minoristas en Brasil a realizar pedidos de alimentos frescos, evitando el desperdicio por exceso de existencias o la pérdida de ventas por escasez.

Too good to go (Dinamarca) es una plataforma que permite comprar excedentes alimentarios de comercios, restaurantes y supermercados y evitar que terminen como residuos.

- Reutilización: estas plataformas, que se podrían llamar ReCommerce, fomentan la reutilización de productos, desviándolos del modelo tradicional lineal de consumo y desecho. Facilitan el intercambio de bienes de segunda mano, permitiendo a individuos o empresas regalar, vender o intercambiar artículos.

Reuse (Chile) y Trocafone (Brasil) buscan reducir los desechos electrónicos y satisfacer la alta demanda de productos como teléfonos móviles y computadoras reacondicionados o usados.

- Packaging sostenibles: están diseñados para minimizar la huella de carbono en comparación con los materiales tradicionales, ofreciendo empaques ecológicos y productos con menor impacto ambiental.

Algramo (Chile) comenzó con la venta de detergente en polvo a granel a través de dispensadores en supermercados, pero hoy en día opera como una plataforma destinada a reducir el uso de plásticos de un solo uso en productos de consumo, a través de soluciones como envases retornables y dispensadores en puntos de venta minorista.

- Textil y moda: estas industrias generan una cantidad considerable de desechos por eso las startups en este vertical se centran en el reciclaje de textiles, la creación de telas sostenibles y la promoción de prácticas de moda circular.

Someone Somewhere (México) crea y fabrica productos textiles sostenibles para corporaciones, utilizando materiales circulares y una cadena de suministro basada en artesanos indígenas.

GoTrendier (México) por otro lado, es un marketplace que permite a las personas comprar y vender artículos de moda de segunda mano.

6.4 Alimentación

La creciente demanda de alimentos a nivel mundial, posiciona a la industria agrícola como otro gran generador de gases de efecto invernadero. Las innovaciones y los avances tecnológicos en este sector son conocidos colectivamente como AgTech (tecnología agrícola), y están orientados a eficientizar y mejorar procesos de cara a la crisis climática.

Algunas soluciones de **startups AgTech** son:

- Agricultura de precisión: las soluciones de software están mejorando la observación, medición y respuesta a la variabilidad de los cultivos, aumentando el rendimiento, la vida útil y la consistencia.

Solinftec (Brasil) ofrece soluciones para el monitoreo en tiempo real, la optimización y la trazabilidad de las operaciones agrícolas.

- Software de gestión agrícola: estas soluciones ofrecen gestión remota de flotas, plataformas SaaS que utilizan IoT para el seguimiento y plataformas educativas para la producción a gran escala.

Eiwa (Argentina) proporciona una plataforma de gestión de datos utilizada por empresas agrícolas, bajo el slogan “escalamos la capacidad de análisis para acelerar la generación de conocimiento agronómico” (Eiwa, 2024).

- Nuevos sistemas de producción de cultivos: innovaciones en riego inteligente, agricultura vertical, conservación del suelo, soluciones derivadas de la biotecnología e innovaciones en la cadena de suministro, desafían los métodos tradicionales de producción de alimentos, permitiendo otras maneras más sostenibles, y reduciendo desperdicio.

ZoomAgri (Argentina) ha desarrollado una plataforma que evalúa la calidad y pureza de los productos agrícolas antes y después de la siembra, utilizada por diversos participantes de la cadena de suministro para reducir el desperdicio, bajo el concepto de “revolucionando las cadenas agroindustriales vía procesamiento de imágenes e inteligencia artificial” (ZoomAgri, 2024).

Kilimo (Argentina) es una solución de Big Data para la gestión del agua en la agricultura, que utiliza el monitoreo climático a través de datos satelitales y locales para proporcionar recomendaciones específicas para cada cultivo y aumentar la eficiencia en el uso del agua.

PunaBio (Argentina) desarrolla insumos biológicos para la agricultura que aumentan los rendimientos, reducen las emisiones de carbono y restauran suelos degradados.

- FoodTech: en el ámbito de la comida, del producto terminado, donde la ciencia de los alimentos ha puesto en evidencia el impacto ambiental de la agricultura tradicional, ofrecen alternativas como carnes sintéticas, productos de origen vegetal y alternativas sostenibles como los sustitutos de maíz a base de algas.

NotCo (Chile) recrea productos animales como carne y lácteos a través de alternativas vegetales sostenibles.

Michroma (Argentina) desarrolla biofábricas basadas en hongos para producir ingredientes naturales de manera sostenible, escalable y rentable, bajo el slogan “próxima generación de ingredientes naturales” (Michroma, 2024).

- Financiamiento agrícola: soluciones, fuera del ámbito bancario normal, que facilitan el acceso a créditos, recursos, redes de compradores y asesoramiento, fomentando la transición de las prácticas agrícolas hacia la sostenibilidad y la innovación.

Verqor (México) ofrece créditos sin dinero en efectivo a agricultores, permitiéndoles adquirir insumos agrícolas esenciales, mejorando su resiliencia frente al cambio climático y fomentando la adopción de la agricultura regenerativa.

Ruuts (Argentina), ofrece la posibilidad de financiarse a través de la emisión de créditos de carbono, es decir, recibir dinero por adelantado y devolverlo con la producción a futuro de su captura de carbono.

III. Conclusión

Concluido el recorrido de esta investigación, la evidencia analizada indica que el mercado de carbono puede considerarse una herramienta útil, aunque no definitiva, en la lucha contra el cambio climático. Su principal aporte radica en generar incentivos económicos para canalizar financiamiento hacia proyectos que, directa o indirectamente, contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. No obstante, más que una solución estructural, el mercado de carbono funciona como una herramienta paliativa que permite mitigar parcialmente los efectos negativos del calentamiento global. El hecho de que, en 2024, estos mecanismos hayan recaudado un total de 104 mil millones de dólares, cubriendo alrededor del 24 % de las emisiones globales, representa un avance y un aporte significativo, aunque aún insuficiente para alcanzar los objetivos propuestos. Está claro que los precios actuales del carbono no reflejan el verdadero costo económico de los impactos climáticos ni el nivel de ambición necesario para cumplir con los compromisos del Acuerdo de París.

El mercado de carbono, tal como está diseñado hoy, resulta insuficiente para generar el cambio transformacional que se requiere. Por eso, es importante que los países repensen su enfoque y consideren no sólo cuánto cuesta emitir, sino también cuánto cuesta no actuar: los desplazamientos forzados, la pérdida de alimentos, la atención médica vinculada a la contaminación o la reconstrucción de ciudades afectadas por desastres climáticos.

América Latina posee un enorme potencial para posicionarse como líder en proyectos del mercado de carbono, gracias a su abundante biodiversidad, sus extensiones de tierra y su capacidad para ofrecer servicios ambientales de alto valor. Históricamente, la región ha sido proveedora de materias primas al mundo, y hoy puede desempeñar un papel clave como generadora de soluciones ambientales, como la conservación de bosques, la regeneración de suelos y la transición hacia modelos productivos sostenibles. Esta riqueza natural no sólo constituye una ventaja comparativa, sino también una oportunidad para canalizar financiamiento climático hacia iniciativas locales que

combinen desarrollo económico y preservación ambiental, además de representar una nueva valiosa fuente de ingreso de divisas para el país.

Las startups que desarrollan tecnologías basadas en blockchain, IoT y big data están jugando un papel transformador en el mercado de carbono. Al tratarse de un mercado emergente que requiere nuevas ideas, son precisamente estas empresas, con características ágiles, creativas y sin estructuras rígidas, las que lideran su evolución. A diferencia de las corporaciones tradicionales, que suelen enfocarse en optimizar procesos existentes o financiar proyectos sostenibles, las startups están impulsando soluciones disruptivas que no sólo definen el mercado de carbono (desde nuevas formas de medir, verificar e intercambiar créditos), sino que también están transformando industrias tradicionales como la movilidad, la energía o la alimentación, integrando criterios de sostenibilidad desde su origen. Las startups están empujando las ideas de negocio, los gobiernos construyen la base legal y las multinacionales aportan capital y urgencia. Si hay que elegir quién está impulsando más ideas nuevas, basándome en la evidencia de ejemplos, las startups están liderando la disrupción.

Al mismo tiempo, es importante reconocer que la tecnología no es un “ángel salvador”. Así como permite avanzar hacia soluciones climáticas más eficientes, también genera impactos ambientales propios, como el consumo intensivo de energía y agua en los centros de datos. Las iniciativas de grandes tecnológicas como AWS, Google y Microsoft muestran una creciente conciencia sobre este dilema, adoptando estrategias para mitigar su huella hídrica. Sin embargo, estos esfuerzos conviven con la presión creciente de nuevas tecnologías como la inteligencia artificial, que elevan la demanda de recursos naturales. Por eso, aunque las tecnologías son aliadas clave para transformar el mercado de carbono, también deben desarrollarse y regularse con responsabilidad ambiental y ética.

A mi entender, en el corazón del mercado de carbono, lo más valioso no son sólo los créditos o las tecnologías que los gestionan, sino los datos que los respaldan. Datos reales, precisos y verificables, que son la base sobre la cual se construye la confianza en este sistema. Sin información confiable sobre

cuánto carbono se emite, captura o evita, no es posible garantizar la integridad ambiental de los proyectos ni generar credibilidad en el mercado. La transparencia y trazabilidad de estos datos son esenciales para que los compradores, reguladores y la sociedad en general crean en la eficacia de los mecanismos de compensación. No se trata de “vender aire”. En un contexto donde la desinformación y el greenwashing son riesgos reales, contar con datos sólidos y auditables se convierte en la única vía para escalar el impacto del mercado de carbono de forma legítima y sostenible.

A pesar de las críticas y los desafíos que enfrenta este mercado, considero que es una herramienta valiosa, aunque claramente no definitiva. Es preferible hacer algo que no hacer nada. Este mecanismo económico ha logrado poner en agenda la reducción y la compensación de emisiones, y aunque el sistema tiene fallas, ha involucrado a empresas, personas y gobiernos en la conversación sobre sostenibilidad. Además, una empresa que compra créditos de carbono ya ha comenzado a medir sus emisiones y a desarrollar estrategias de reducción, lo que representa un paso en la dirección correcta.

Creo que ahora lo fundamental, es trabajar en la educación. En la educación desde la infancia, para que estas ideas estén incorporadas en los nuevos modelos de negocio de las tecnologías emergentes como parte natural de su evaluación. Y también en la educación de quienes somos profesionales hoy en día. En mi rubro, por ejemplo, muchos contadores no saben dónde deben registrar un crédito de carbono en un balance, no hay conocimiento.

La transición hacia un mundo con cero emisiones representa uno de los desafíos más grandes de nuestra era, ya que exige transformar profundamente la manera en que producimos (como se vio, no se salva ninguna actividad), consumimos, nos movemos y hasta en cómo pensamos.

Para mí, no se trata de una lucha por “salvar a la naturaleza”, como si fuese una cosa abstracta y aislada, se trata de una causa profundamente humana: de cuidar las condiciones básicas que necesitamos para vivir bien, para que podamos seguir desarrollándonos con salud, con alimentos y con un entorno habitable.

IV. Líneas futuras de investigación

A lo largo de esta investigación, se identificaron diversas áreas donde persisten vacíos de información, controversias teóricas o carencias empíricas que abren oportunidades relevantes para futuras líneas de estudio. Explorar estos aspectos no sólo podría fortalecer el entendimiento del funcionamiento y los efectos reales del mercado de carbono, sino también contribuir al diseño de políticas públicas y estrategias empresariales más eficaces y legítimas.

Una primera línea de investigación futura podría centrarse en **dimensionar con precisión el mercado de créditos de carbono existente específicamente para América Latina**, analizando su peso dentro del mercado voluntario global y las posibilidades concretas de ingreso que representa para los países de la región. Si se considera que el mercado voluntario fue valorado en 1.700 millones de dólares en 2024 y se proyecta que crecerá a una tasa compuesta anual del 25 % hasta alcanzar aproximadamente 15.700 millones de dólares en 2034, resulta clave investigar cuánto de ese valor está siendo captado actualmente por proyectos latinoamericanos y cuánto podría captarse en escenarios de expansión. Este análisis requeriría recopilar datos por país, tipo de proyecto y estándar de certificación, así como evaluar los factores que facilitan o limitan la participación de América Latina en este mercado. Además, incorporar una mirada sobre la distribución de los ingresos y los impactos sociales locales permitiría estimar no sólo el potencial económico, sino también su aporte al desarrollo sostenible regional.

En segundo lugar, resulta clave comprender **cómo la volatilidad de los precios del carbono influye en la toma de decisiones empresariales y en el comportamiento de los inversores**. La incertidumbre respecto al valor futuro del carbono puede dificultar la planificación de inversiones de largo plazo, desalentar el financiamiento de proyectos sostenibles y generar riesgos para las empresas que dependen de estos mecanismos como parte de su estrategia climática. En este sentido, también adquiere relevancia el estudio del perfil inversor en el mercado de carbono. Analizar quiénes son los principales actores (fondos de inversión, empresas tecnológicas, instituciones financieras, gobiernos, startups), cuáles son sus motivaciones (rentabilidad, gestión de

riesgos climáticos, reputación, cumplimiento regulatorio) y qué criterios utilizan para seleccionar proyectos permitiría comprender mejor las dinámicas que están moldeando este mercado emergente. Este tipo de investigaciones ayudaría a dilucidar si el crecimiento observado responde a un compromiso genuino con la sostenibilidad o si está impulsado, principalmente, por incentivos financieros, lo que tendría implicancias significativas para su diseño, regulación e impacto futuro.

En relación con esto, otro campo emergente es la **integración contable y financiera de los créditos de carbono** en los balances empresariales y presupuestos públicos. En la actualidad, existe una falta de estandarización sobre cómo registrar estos activos, lo que dificulta su trazabilidad y comparabilidad. Investigaciones en esta línea podrían aportar propuestas para normalizar estos registros e incluso para incluir métricas de carbono en los estados financieros tradicionales. Iniciativas como la Science-Based Targets Initiative (SBTi) y el Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD), están revisando y validando metas de grandes empresas y proporcionando marcos para divulgación de su información interna, están promoviendo la rendición de cuentas y más transparencia. Aunque, según Global Marketplace Insights (2024), aún hay mucho riesgo de greenwashing y se considera que hasta 30% de los créditos podrían ser inefectivos o engañosos.

Asimismo, se requiere mayor investigación sobre **la interacción entre mercados voluntarios y regulados**, y sobre los efectos que podría tener una eventual armonización de ambos. ¿Qué impactos tendría una regulación global?

El mercado de carbono es un campo dinámico, en constante evolución, que demanda evidencia rigurosa y enfoques interdisciplinarios para comprender sus complejidades y mejorar su efectividad. Estas futuras investigaciones no sólo ampliarían el conocimiento académico, sino que podrían contribuir de manera concreta al diseño de soluciones más justas, efectivas y sostenibles frente al desafío climático global.

Referencias

- AlliedOffsets. (2022, noviembre 29). *Which industries are most involved in the voluntary carbon market?* Medium.
<https://medium.com/alliedoffsets/which-industries-are-most-involved-in-the-voluntary-carbon-market-bd0d3804a870>
- Associated Press. (2023, octubre 4). *Amphibians are the world's most vulnerable animals and threats are increasing.* AP News.
<https://apnews.com/article/3b1f4303f1a0fe087f3ceb543fa1496a>
- Benavent Herranz, S. (2024, septiembre 19). *BlaBlaCar ha ayudado a reducir la emisión de 2 millones de toneladas de CO₂ en todo el mundo.* BlaBlaCar Newsroom.
<https://newsroom.blablacar.es/noticias/blablacar-ha-ayudado-a-reducir-la-emision-de-2-millones-de-toneladas-de-co2-en-todo-el-mundo>
- Bloomberg Línea. (2023, diciembre 5). *Microsoft apuesta a lo grande en mercado voluntario de créditos de carbono brasileño.*
<https://www.bloomberglinea.com/2023/12/05/microsoft-apuesta-a-lo-grande-en-mercado-voluntario-de-creditos-de-carbono-brasileno>
- Bolsas y Mercados Argentinos. (2024, diciembre 26). *En el Mercado Voluntario de Carbono de BYMA: se registró la primera transacción.*
<https://www.byma.com.ar/noticias/mercado-voluntario-de-carbono-de-byma-primer-transaccion>
- CarbonCredits.com. (2023, septiembre 19). *Carbon credit investments surpass \$36B, but \$90B gap looms for 2030 climate targets.*
<https://carboncredits.com/carbon-credit-investments-surpass-36b-but-90b-gap-looms-for-2030-climate-targets>
- CarbonCredits.com. (s.f.). *The ultimate guide to understanding carbon credits.*
<https://carboncredits.com/the-ultimate-guide-to-understanding-carbon-credits/>
- Climate Transparency. (2022). *Climate Transparency Report 2022: Comparing*

G20 Climate Action Towards Net Zero.

<https://www.climate-transparency.org/g20-climate-performance/g20report2022>

CMNUCC. (2012, diciembre 15). *Enmienda de Doha al Protocolo de Kioto: Artículo 1.*

https://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/kp_doha_amendment_spanish.pdf

Comisión Europea. (2019). *El Pacto Verde Europeo: Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones (COM/2019/640 final).*

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640>

Comisión Europea. (2025). *Propuesta de Directiva que modifica la Directiva sobre información corporativa en materia de sostenibilidad y la Directiva sobre debida diligencia en sostenibilidad corporativa (COM(2025)80 final).*

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52025PC0080>

El Acuerdo de París | CMNUCC. (s.f.). UNFCCC.

<https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>

Eiwa. (2024). *Plataforma de gestión de datos agronómicos.* Recuperado de

<https://eiwa.ag/es/plataforma/>

Global Market Insights. (2023). *Voluntary Carbon Credit Market Size, Growth Trends 2023–2032.*

<https://www.gminsights.com/es/industry-analysis/voluntary-carbon-credit-market>

High-Level Commission on Carbon Prices. (2017). *Report of the High-Level Commission on Carbon Prices.* World Bank.

[https://business.columbia.edu/sites/default/files-efs/imce-uploads/Joseph Stiglitz/Report%20of%20the%20High-Level%20Commission%20on%20C](https://business.columbia.edu/sites/default/files-efs/imce-uploads/Joseph_Stiglitz/Report%20of%20the%20High-Level%20Commission%20on%20C)

[arbon%20Prices.pdf](#)

Instituto Mexicano para la Competitividad. (2024). *Iniciativa de reforma energética*. <https://imco.org.mx/iniciativa-de-reforma-energetica/>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report*.

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_TechnicalSummary.pdf

Invest India. (2024). *Investment Opportunities in Renewable Energy*.

<https://www.investindia.gov.in/sector/renewable-energy>

James, K. (2024, octubre 17). *How Big Tech can move the needle on water stewardship*. Trellis.

<https://trellis.net/article/how-big-tech-can-move-the-needle-on-water-stewardship>

Kulp, S. A., & Strauss, B. H. (2019). New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding. *Nature Communications*, 10(1), 4844.

<https://doi.org/10.1038/s41467-019-12808-z>

MAYDS. (2020). *Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional de la República Argentina*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/segunda_contribucion_nacional_final_ok.pdf

MercadoLibre, Inc. (2021, enero 14). *Oferta inaugural de deuda en Mercado Libre Argentina*.

<https://www.mercadolibre.com.ar/institucional/comunicamos/noticias/oferta-inaugural-de-deuda/>

Mercados de carbono: preguntas frecuentes. (2023, abril). Argentina.gob.ar.

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023/06/preguntas_frecuentes_mercados_de_carbono_v2_04_2023_.pdf

- Michroma. (2024). *Next generation of natural ingredients*. Recuperado de <https://www.michroma.co/>
- NASA. (2023). *La evidencia del cambio climático*. NASA Ciencia. <https://ciencia.nasa.gov/cambio-climatico/evidencia/>
- National Geographic. (2021, octubre 27). *26 datos para entender la realidad del cambio climático*. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2021/10/datos-para-entender-la-realidad-del-cambio-climatico>
- National Geographic. (2023). *¿Qué es el calentamiento global?* <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-el-calentamiento-global>
- Nicken, P., Manning, J., & Ingram, S. (2021, noviembre 2). *26 datos para entender la realidad del cambio climático*. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2021/10/datos-para-entender-la-realidad-del-cambio-climatico>
- Naciones Unidas. (1997, diciembre 10). *Protocolo de Kioto*. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/cop3/l07a01.pdf>
- Naciones Unidas. (s.f.). *¿Qué es el cambio climático?* <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Naciones Unidas. (s.f.). *17 objetivos para transformar nuestro mundo*. <https://www.un.org/es/climatechange/17-goals-to-transform-our-world>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Causas y efectos del cambio climático*. <https://www.un.org/es/climatechange/science/causes-effects-climate-change>
- Oxfam International. (2020, septiembre 21). *Carbon emissions of richest 1 percent more than double the emissions of the poorest half of humanity*. <https://www.oxfam.org/en/press-releases/carbon-emissions-richest-1-percent-more-double-emissions-poorest-half-humanity>

- Pankov, S., & Ölmez, Y. (2025, marzo 18). *La propuesta Ómnibus de la Unión Europea: objetivos y perspectivas futuras*. Foro Económico Mundial. <https://es.weforum.org/stories/2025/03/la-propuesta-omnibus-de-la-union-europea-objetivos-y-perspectivas-futuras/>
- Parlamento Europeo & Consejo de la Unión Europea. (2023). *Reglamento (UE) 2023/956 del Parlamento Europeo y del Consejo de 10 de mayo de 2023 por el que se establece un Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32023R0956>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2024). *Informe sobre la Brecha de Emisiones 2024*. <https://www.unep.org/es/resources/informe-sobre-la-brecha-de-emisiones-2024>
- Red Mundial contra las Crisis Alimentarias. (2021). *Informe Mundial sobre las Crisis Alimentarias 2021*. <https://es.wfp.org/noticias/la-inseguridad-alimentaria-aguda-alcanza-su-nivel-mas-alto-en-cinco-anos-se-advierte-en-el>
- Song, S. (2024, mayo 10). *Financiar la innovación en tecnologías verdes: Lecciones de China*. Foro Económico Mundial. <https://es.weforum.org/stories/2024/05/financiacion-de-la-innovacion-en-tecnologias-verdes-lecciones-de-china/>
- Trump, D. J. (2025, enero 20). *Executive Order 14162—Putting America First in International Environmental Agreements*. *Federal Register*, 90(20), 8455–8457. <https://www.federalregister.gov/documents/2025/01/30/2025-02010/putting-america-first-in-international-environmental-agreements>
- U.S. Government Accountability Office. (2017). *Climate change: Information on potential economic effects could help guide federal efforts to reduce fiscal exposure (GAO-17-720)*. <https://www.gao.gov/products/gao-17-720>

- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2020). *Perspectiva del Patrimonio Mundial de la UICN 3*.
<https://iucn.org/es/news/secretariat/202012/el-cambio-climatico-la-principa-l-amenaza-actual-para-el-patrimonio-mundial-natural-informe-de-la-uicn>
- World Bank. (2024). *State and trends of carbon pricing 2024*.
<https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/05/21/global-carbon-pricing-revenues-top-a-record-100-billion>
- WWF España. (2020). *El planeta en llamas: Informe sobre los incendios forestales globales y su impacto en el clima y la biodiversidad*.
https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/wwf_informe_incendios_2020_el_planeta_en_llamas.pdf
- ZoomAgri. (2024). *Revolucionando las cadenas agroindustriales vía procesamiento de imágenes e inteligencia artificial*. Revista Alimentaria.
<https://www.revistaalimentaria.es/industria/servicios/zoomagri-revolucionando-cadenas-agroindustriales-procesamiento-de-imagenes-inteligencia-artificial>

Anexos

Anexo 1. Glosario del mercado de carbono

1. *Adicionalidad*

Criterio que evalúa si un proyecto de reducción o captura de emisiones no hubiera ocurrido en ausencia del incentivo generado por el crédito de carbono. Es clave para asegurar que el impacto climático es real y medible.

2. *Brecha de emisiones*

Diferencia entre las emisiones de gases de efecto invernadero proyectadas con las políticas actuales y las emisiones necesarias para cumplir con los objetivos climáticos, como limitar el calentamiento global a 1,5 °C o 2 °C. El “Informe de la Brecha de Emisiones” de Naciones Unidas cuantifica esta distancia cada año.

3. *Captura directa del aire (DAC)*

Tecnología que extrae dióxido de carbono (CO₂) directamente del aire ambiente para almacenarlo o reutilizarlo.

4. *Carbono equivalente (CO₂e)*

Unidad de medida que expresa el impacto de diferentes gases de efecto invernadero (GEI) en términos equivalentes al CO₂. Permite comparar y contabilizar emisiones de forma estandarizada.

5. *Crédito de carbono*

Certificado que representa una tonelada de CO₂e evitado o removido de la atmósfera mediante un proyecto específico. Puede ser comercializado en mercados voluntarios o regulados.

6. *Comercio de emisiones*

Sistema en el que los emisores con límites máximos de emisiones pueden comprar o vender derechos de emisión o créditos, incentivando la reducción al menor costo posible.

7. *Greenwashing*

Práctica mediante la cual una empresa, institución o marca comunica de manera engañosa que sus productos, servicios o políticas son ambientalmente responsables, cuando en realidad no lo son o lo son

solo de forma parcial. El objetivo del greenwashing es mejorar su imagen frente al público y los inversores sin realizar cambios significativos en su impacto ambiental. Esta estrategia puede desviar la atención de soluciones reales al cambio climático y socavar la confianza en las iniciativas sostenibles.

8. *Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL)*

Instrumento creado en el Protocolo de Kioto que permite a los países desarrollados invertir en proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo y recibir créditos de carbono certificados (CER) por ello.

9. *Mitigación climática*

Conjunto de acciones dirigidas a reducir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, ya sea evitando nuevas emisiones o removiendo las existentes.

10. *MRV (Monitoring, Reporting and Verification)*

Proceso de monitoreo, reporte y verificación que garantiza que los resultados de reducción de emisiones de un proyecto son reales, precisos y auditables.

11. *NDC (Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional)*

Compromisos climáticos que cada país presenta ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en los que detalla sus metas de reducción de emisiones y otras acciones climáticas.

12. *Net Zero (Emisiones Netas Cero)*

Situación en la que la cantidad total de gases de efecto invernadero emitida a la atmósfera es igual a la cantidad retirada de ella. No implica cero emisiones absolutas, sino un equilibrio entre lo que se emite y lo que se captura o compensa.

13. *Período vintage*

Se refiere al año en que se generaron o verificaron las reducciones de emisiones asociadas a un determinado crédito de carbono. Indica cuándo ocurrió la reducción de emisiones que dio lugar a ese crédito.

14. *Permanencia*

Duración en la que el carbono removido o almacenado se mantiene

fuera de la atmósfera. Es un factor importante para evaluar la calidad de un crédito.

15. *Permiso de emisión*

Autorización oficial otorgada por un gobierno o entidad reguladora que permite a una empresa emitir una cantidad determinada de GEI.

16. *Precio del carbono*

Valor monetario asignado a una tonelada de CO₂e. Refleja el costo de emitir gases contaminantes y busca incentivar reducciones.

17. *Registro de créditos*

Plataforma digital donde se emiten, almacenan y rastrean los créditos de carbono para evitar la doble contabilidad y garantizar transparencia.

18. *REDD+*

Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques, más conservación, manejo sostenible y aumento de reservas forestales de carbono. Es un mecanismo internacional promovido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) que busca incentivar económicamente a los países en desarrollo para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la deforestación y la degradación forestal, así como para fomentar la conservación de los bosques, el manejo forestal sostenible y el aumento de las reservas de carbono forestal. REDD+ reconoce el valor de los bosques como sumideros de carbono y su importancia para la biodiversidad y las comunidades locales.

19. *Trazabilidad*

Capacidad de rastrear el origen, la transferencia y el retiro de un crédito de carbono.

20. *Verificación*

Auditoría independiente de un proyecto para comprobar que las reducciones de emisiones reportadas son reales, adicionales y permanentes.

Anexo 2. Entrevistas

Realicé un total de cinco entrevistas que me ayudaron a terminar de formar mi conclusión. Una de ellas fue presencial y estuvo dirigida a un científico especializado en la modelización de la captura de carbono en la ganadería regenerativa. Las otras cuatro se realizaron de manera semiestructurada mediante un formulario, y fueron dirigidas a personas que trabajan en distintos sectores del ecosistema del mercado de créditos de carbono.

Entrevista a científico responsable del modelo de medición de captura de carbono - Julius José Koritschner, [PhD] Doctor en Ciencia del Suelo, Ingeniero Agrónomo y Máster en Geomática

1. ¿Cuáles son los mayores desafíos al momento de desarrollar un modelo matemático para estimar la captura de carbono?

Uno de los mayores desafíos es conceptual: depende de qué se quiere lograr con ese modelo. La captura de carbono varía según la práctica que se analice, y cada práctica tiene procesos muy distintos. Por ejemplo, el manejo del ganado influye en la biodiversidad, en cómo crecen las plantas y en cómo se acumula el carbono en el suelo.

Existen muchos procesos que efectivamente terminan secuestrando carbono, pero que son muy difíciles de modelar, principalmente porque no hay suficiente gente midiendo lo que sucede en el campo. Hay prácticas más efectivas, pero como nadie las está midiendo, no se incorporan a los modelos.

Además, hay una dificultad importante en lograr que el modelo represente fielmente la realidad. Un modelo debería ser una copia lo más precisa posible del mundo real. Sin embargo, hoy en día los modelos no son 100% precisos ni exactos. Para mejorarlos, se necesita validar constantemente con datos nuevos. Como la recolección de datos en este ámbito es relativamente reciente, muchos registros empezaron hace apenas 3 o 4 años, todavía falta información suficiente para robustecer los modelos.

Otro gran desafío es la falta de colaboración: hace falta que más personas y organizaciones compartan sus datos. En otros sectores, como el tecnológico,

hubo rupturas importantes, como la de Google, por ejemplo, que permitieron compartir y escalar conocimiento. En el mundo del carbono, eso todavía no sucede. Los datos suelen estar muy cerrados.

Además, la ciencia está avanzando hacia modelos más integrales, que no sólo estimen captura de carbono, sino que también contemplen otras variables como biodiversidad, riesgos de negligencia, de fraude, etc. Hay mucha desconfianza en torno a las incertezas que rodean a estos modelos, y ese es otro punto que complica su adopción.

2. Desde tu experiencia, ¿cuán precisa puede ser hoy una estimación de captura de carbono? ¿Qué márgenes de incertidumbre existen?

La precisión depende de cuánto se esté dispuesto a medir. Hoy se pueden alcanzar márgenes de incertidumbre entre el 10% y el 15%, pero con un mayor esfuerzo de medición, incluso podría bajarse al 5%. A futuro, si se mejora la recolección de datos, podríamos llegar a márgenes del 2% al 5%, creo que en unos cinco años.

La clave está en la cantidad y calidad de datos. Por ejemplo, si tengo una granja de 50 hectáreas y tomo 50 muestras, la incertidumbre va a ser baja. En cambio, en proyectos más grandes, donde no es posible hacer tantas mediciones, las incertezas pueden ser mayores.

En términos prácticos, uno podría decir: “Hoy capturo 100 y en tantos años voy a capturar 120, con un margen de + o - 4”. Ese + o - 4 se puede achicar mientras más datos haya.

3. ¿Creés que el mercado de carbono es una herramienta eficaz para generar impacto climático real?

Sí, es eficaz en el sentido de que permite que los proyectos logren las metas que se proponen. Si un proyecto dice que va a mitigar cierta cantidad de toneladas, lo puede hacer. Pero no es la única herramienta para enfrentar el cambio climático. Se necesita mucho más.

El mercado debería escalar y crecer más rápido, pero uno de los principales frenos es el precio: no está alineado con el valor percibido. Si lo estuviera, probablemente habría más transacciones. Hoy en día falta confianza en el sistema, aunque el potencial está.

Quienes invierten en proyectos de carbono quieren garantías, y muchas veces eso se logra cuando hay un respaldo institucional fuerte. Por eso, los programas que logran escalar son los que tienen apoyo global. Los compromisos Net Zero de grandes corporaciones también juegan un papel importante.

Para llegar a un mercado de un billón de créditos, probablemente se necesite el apoyo de algún organismo internacional que respalde y dé confianza.

4. ¿Qué opinás del rol de la inteligencia artificial en este proceso?

La inteligencia artificial es altamente universalizable, por lo que se puede aplicar en muchos aspectos del proceso. Por ejemplo, puede ayudar a calificar la calidad de los créditos (rating), democratizar el acceso para pequeños productores a tareas que hoy son complejas, o transparentar el mercado mostrando precios promedio de transacciones.

También puede contribuir a que los procesos sean más rápidos, eficientes y, sobre todo, más transparentes.

5. ¿Qué tipo de regulación o estandarización creés que haría falta para que estos modelos puedan escalar con legitimidad y confianza?

El problema es como una mamushka: el modelo matemático está embebido en la información de los proyectos, y los sistemas de certificación son muy lentos. Las certificadoras también lo son, y uno de los grandes obstáculos es que los estándares actuales son difíciles de verificar sin incurrir en altos costos. Cada vez que querés verificar algo, tenés que pagar.

Hay una desconexión importante: quienes certifican están alejados del mundo del software, y quienes desarrollan software desconocen los procesos burocráticos. Deberíamos poder compartir la información en un ecosistema

digital, pero todavía no se hace. Todo se maneja con PDFs, archivos, personas leyendo documentos, lo cual es muy ineficiente.

Más regulación o más auditoría, en lugar de facilitar, muchas veces terminan siendo una traba. Además, hay mucha reticencia a compartir datos, en parte porque las certificadoras viven de ese negocio.

Respuestas de la entrevista semiestructurada a: Mauro Accurso - Senior Sales Manager, Agreea

Datos Personales: ¿Me autorizas a incluir tu nombre y tu rol en la publicación de mi trabajo?

Si

¿Podrías contarme un poco más sobre la empresa en la que trabajas y cuál es su rol dentro del mercado de carbono?

Agreea es desarrollador de proyectos de carbono en suelo y gestiona una plataforma digital para apoyar a los agricultores en su transición a prácticas regenerativas en Europa. Mi rol es la venta de créditos a compradores finales o intermediarios.

Sección 1 - Proveedores de créditos de carbono

1. ¿Qué tipo de organizaciones suelen ser las principales proveedoras de créditos de carbono? ¿Son mayormente startups, grandes empresas, gobiernos o comunidades locales?

En general suelen ser empresas medianas o grandes o si son startups suelen ser financiadas o invertidas por empresas más grandes que quieren estar en el mercado de carbono de alguna manera. Pero eso a nivel proponen, los proyectos suelen ser implementados en terreno por empresas más bien pequeñas o incluso ONGs muchas veces que hacen la ejecución.

2. ¿Qué características deben cumplir los proyectos para generar créditos de carbono de calidad?

Más allá de las cuestiones básicas de Adicionalidad, permanencia, etc, la transparencia y seriedad en el MRV y la metodología aplicada es clave para poder demostrar la calidad a los compradores.

Sección 2 - Demanda de créditos de carbono

3. ¿Qué tipo de empresas son las principales compradoras de créditos de carbono?

Empresas energéticas, tecnológicas y aerolíneas suelen liderar a nivel global sumado a empresas más de consumo o infraestructura un poco más a nivel local en los distintos países.

4. ¿Notas un cambio en el tipo de empresas interesadas en comprar créditos de carbono en los últimos años?

Las mayores empresas compradoras se han consolidado y se frenó la diversificación en el tipo de empresas y la entrada de nuevos actores.

Sección 3 - Tecnología y certificación en el mercado de carbono

5. ¿Qué tecnologías se utilizan mayormente en este mercado? ¿Crees que son suficientes?

Sobre todo satelitales pero no suele ser suficiente tanto en el sentido de cubrir todo el tipo de proyectos como en el sentido de que aún se necesita presencia en terreno.

6. ¿Consideras que la tecnología es un aspecto clave de este mercado?

Sí, sobre todo a futuro y para proveer información en tiempo real que permita verificaciones anuales y bajar los costes.

Sección 4 - Desafíos y futuro del Mercado de Carbono

7. ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta el mercado de créditos de carbono hoy en día?

La falta de demanda y regulación clara.

8. Desde la perspectiva de América Latina, ¿cómo ves la participación de la región en el mercado de carbono?

Tenemos algunos mercados líderes globales como Colombia, Brasil, México y Perú pero todavía quedan muchos mercados como Argentina y

el resto de la región con mucho potencial de crecimiento ya que cuentan con muy pocos proyectos.

9. ¿Crees que el mercado de carbono es una solución efectiva para la reducción de emisiones?

Más allá del mercado o cómo sea la transacción de los créditos o resultados o activos ambientales, todo el desarrollo de metodologías y reglas de MRV son fundamentales para poder hacer proyectos ambientales serios. Sin esa capa de estandarización es muy difícil desarrollar proyectos de reducción de emisiones a escala y con la confianza de los inversores de países desarrollados.

10. Desde tu perspectiva, ¿qué cambios o innovaciones podrían hacer que este mercado sea más eficiente y accesible en el futuro?

Necesitamos una regulación clara y simple para que las empresas inviertan y haya confianza para que los implementadores en terreno tengan certidumbre y puedan simplemente enfocarse en hacer los mejores proyectos posibles, lo cual ya es complicado en muchos países con desafíos socio-ambientales importantes.

Respuestas de la entrevista semiestructurada a: Simón Pierazzoli - Business Developer, The Carbon Sink

Datos Personales: ¿Me autorizas a incluir tu nombre y tu rol en la publicación de mi trabajo?

Si

¿Podrías contarme un poco más sobre la empresa en la que trabajas y cuál es su rol dentro del mercado de carbono?

Trabajo en The Carbon Sink, empresa que se ocupa de gestionar las emisiones de GEI para diversas empresas, de múltiples industrias, desde la medición, reducción y compensación de emisiones.

Me encargo del desarrollo de estrategias comerciales y de propuestas. También manejo el carbon trading ante las oportunidades de compensación de volúmenes considerables, estableciendo vínculos

comerciales con desarrolladores, traders y brokers de créditos, del ámbito regional e internacional.

Hacemos due diligences de los proyectos y guiamos a los clientes en todo el camino de la compra, desde la proyección hasta la adquisición. Trabajando con estándares como VERRA, y en menor medida GS y otros.

Sección 1 - Proveedores de créditos de carbono

1. ¿Qué tipo de organizaciones suelen ser las principales proveedoras de créditos de carbono? ¿Son mayormente startups, grandes empresas, gobiernos o comunidades locales?

Los principales proveedores son marketplaces de créditos de carbono, desarrolladores de proyectos y traders o brokers internacionales que trabajan con oferta disponible y acorde a los precios de mercado.

2. ¿Qué características deben cumplir los proyectos para generar créditos de carbono de calidad?

Adicionalidad de carbono.

Sección 2 - Demanda de créditos de carbono

3. ¿Qué tipo de empresas son las principales compradoras de créditos de carbono?

Oil & Gas

Logística

Servicios en general que corresponden a grandes cadenas de valor de empresas multinacionales

Construcción

4. ¿Notas un cambio en el tipo de empresas interesadas en comprar créditos de carbono en los últimos años?

No, noto una disminución. Los esfuerzos se enfocan en reducción de intensidad de emisiones mediante Capex y eficiencia operativa. Muchos compraron en su momento créditos debido a la novedad del mercado, ahora aflojaron y esperan reducir considerablemente para luego compensar, y no hacerlo a la par.

Sección 3 - Tecnología y certificación en el mercado de carbono

5. ¿Qué tecnologías se utilizan mayormente en este mercado? ¿Crees que son suficientes?

Para las TBS se utilizan mayormente energía eólica, hídrica y solar. En menor medida geotérmica, generación por biomasa y generación de biogas o biocombustible.

Nunca exploré Cookstoves no se de que trata ni hay demanda en Latam por lo menos de eso.

Biochar está comenzando a aparecer pero todavía tiene costes y precios muy elevados para que se pueda comercializar. La demanda hoy en día se enfoca mayormente en el precio de los créditos y en el vintage, no tanto en la calidad y permanencia de los proyectos. Debido a esto, tecnologías como Biochar o DAC quedan relegadas a unos pocos compradores del MVC y sujetas a proyectos financiados en su totalidad por empresas privadas.

6. ¿Consideras que la tecnología es un aspecto clave de este mercado?

Si, mientras pueda disminuir el coste de implementación, operación y MRV de los proyectos. Si a partir del uso de tech se aumentaran los costes no vale la pena, aún si esta tecnología permite mayor veracidad en la adicionalidad o calidad de los proyectos; los clientes hoy en su mayoría buscan BUENOS PRECIOS. Los esquemas de mercados regulados poseen impuestos al carbono o ETS que favorecen la demanda de proyectos de calidad pero con precios elevados para los parámetros de hoy en día.

Sección 4 - Desafíos y futuro del Mercado de Carbono

7. ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta el mercado de créditos de carbono hoy en día?

Falta de estandarización y transparencia en la contabilidad de créditos, regulaciones inconsistentes y políticas cambiantes, y un creciente escrutinio sobre la integridad de los créditos y las afirmaciones corporativas de neutralidad. Baja demanda y volatilidad en precios dificulta la competencia vs impuestos o esquemas regulados, el

financiamiento insuficiente para tecnologías emergentes, el acceso limitado para países en desarrollo y los retos en infraestructura y aplicación tecnológica dificultan su escalabilidad.

8. Desde la perspectiva de América Latina, ¿cómo ves la participación de la región en el mercado de carbono?

El potencial de América Latina en el mercado de carbono es enorme, sobre todo por la cantidad de tierras disponibles para proyectos y la riqueza de sus ecosistemas. Las metodologías AFOLU, como REDD+, IFM, ARR o ALM, pueden jugar un rol clave en la conservación y captura de carbono, pero hay muchas barreras que frenan su desarrollo.

Uno de los principales problemas es la falta de apoyo y claridad por parte de los gobiernos, lo que hace difícil atraer financiamiento y dar estabilidad a los proyectos. Todavía hay pocos esquemas regulados y muchas empresas no tienen incentivos reales para compensar sus emisiones, lo que limita la demanda de créditos en la región.

Si se logran reglas más claras, programas de cuantificación de emisiones y mecanismos de financiamiento más accesibles, la región tiene todo para convertirse en un líder en soluciones de carbono, especialmente NBS (Natural Based Solutions).

9. ¿Crees que el mercado de carbono es una solución efectiva para la reducción de emisiones?

Puede ser una herramienta útil para la reducción de emisiones, pero no es una solución mágica ni suficiente por sí sola. Hoy en día falta mucho por hacer en calidad de créditos, en regulaciones y legislaciones (ej impuestos al carbono REALES y no significativos o de tarifas bajas).

La falta de marcos regulatorios y apoyo gubernamental hace difícil canalizar inversiones hacia estos proyectos.

10. Desde tu perspectiva, ¿qué cambios o innovaciones podrían hacer que este mercado sea más eficiente y accesible en el futuro?

Es clave mejorar el MRV para emitir vintages más cercanos en menor tiempo y crear esquemas de financiamiento más ágiles y transparentes, eliminando burocracia innecesaria. También se necesita una mayor estandarización global para unificar criterios de calidad, junto con

tecnologías como blockchain y monitoreo satelital para garantizar trazabilidad y confianza.

Respuestas de la entrevista semiestructurada a: Guillermo Jelinski - Ingeniero en el Programa de Carbono de la Universidad Nacional de La Plata

Datos Personales: ¿Me autorizas a incluir tu nombre y tu rol en la publicación de mi trabajo?

Si

¿Podrías contarme un poco más sobre la empresa en la que trabajas y cuál es su rol dentro del mercado de carbono?

Es un programa destinado a certificar los estudios de huella de carbono que presenten empresas públicas y privadas y a verificar y validar los proyectos de captura de carbono. Además estamos trabajando en una plataforma tokenizada para el intercambio de créditos. El programa se gestiona desde la facultad de ingeniería de la Unlp y participan varias facultades.

Somos un equipo técnico de ingenieros mecánicos, hidráulicos, eléctricos, químicos, forestales, biólogos, economistas, arquitectos, que buscamos acompañar principalmente a las pequeñas y medianas empresas de nuestro país para que puedan llegar a la carbono neutralidad y asesorarlos en relación al mercado de carbono.

Sección 1 - Proveedores de créditos de carbono

1. ¿Qué tipo de organizaciones suelen ser las principales proveedoras de créditos de carbono? ¿Son mayormente startups, grandes empresas, gobiernos o comunidades locales?

Hoy día en Argentina son principalmente empresas que tienen importantes desarrollos forestales o de energía renovable, esencialmente solar. La idea es acompañar con nuestro programa a las startups, a las pymes (pequeñas y medianas empresas) para lograr sus objetivos de sustentabilidad.

2. ¿Qué características deben cumplir los proyectos para generar créditos de carbono de calidad?

Deben adecuarse a un estándar

Sección 2 - Demanda de créditos de carbono

3. ¿Qué tipo de empresas son las principales compradoras de créditos de carbono?

Las grandes empresas que necesitan mostrar el net zero

4. ¿Notas un cambio en el tipo de empresas interesadas en comprar créditos de carbono en los últimos años?

Si, las Pymes y startup pero se les hace más complicado lograrlo

Sección 3 - Tecnología y certificación en el mercado de carbono

5. ¿Qué tecnologías se utilizan mayormente en este mercado? ¿Crees que son suficientes?

En principio tecnologías básicas y se está comenzando a ver el uso de tecnologías más modernas y limpias pero en mi país es muy costoso adquirirlas aún

6. ¿Consideras que la tecnología es un aspecto clave de este mercado?

Por supuesto, cuanto mejor tecnología dispongan menos créditos necesitarán estas empresas para lograr el net zero

Sección 4 - Desafíos y futuro del Mercado de Carbono

7. ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta el mercado de créditos de carbono hoy en día?

La posibilidad de contar con un volumen importante de créditos para los que requieren de los mismos y la dificultad de acceder a tecnologías más limpias a un costo razonable. Es necesario además lograr compromiso de los estados para apoyar estas iniciativas lo que no siempre sucede.

8. Desde la perspectiva de América Latina, ¿cómo ves la participación de la región en el mercado de carbono?

Aún está en etapa inicial, creo que si los gobiernos no se preocupan en propender un mercado regulado no se logrará en principio un gran avance. Solo accederán a créditos de carbono las empresas más

importantes que tengan compromisos con países que les exijan ser net zero y cada vez se les complicará más acceder a esos créditos, al tratarse de un mercado voluntario sin demasiado impulso del estado.

9. ¿Crees que el mercado de carbono es una solución efectiva para la reducción de emisiones?

Si es un paso fundamental. Junto a las tecnologías limpias, la normativa más estricta y la concientización de la industria y de la población.

10. Desde tu perspectiva, ¿qué cambios o innovaciones podrían hacer que este mercado sea más eficiente y accesible en el futuro?

El compromiso de los estados en definir normas de aplicación regional cómo mínimo, el uso de estándares de calidad, el uso de tecnologías más accesibles para definir las base lines de los proyectos de captura de carbono así cómo el control de los mismos en el tiempo. Y sin duda el seguimiento mediante tokens disponibles en plataformas accesibles a todos la población.

Respuestas de la entrevista semiestructurada a: Gregorio Antonino - Líder equipo Tech, Ruuts

Datos Personales: ¿Me autorizas a incluir tu nombre y tu rol en la publicación de mi trabajo?

Si

¿Podrías contarme un poco más sobre la empresa en la que trabajas y cuál es su rol dentro del mercado de carbono?

Desarrollo de Tecnología para Monitoreo Reporte y Verificación

Sección 1 - Proveedores de créditos de carbono

1. ¿Qué tipo de organizaciones suelen ser las principales proveedoras de créditos de carbono? ¿Son mayormente startups, grandes empresas, gobiernos o comunidades locales?

Creería que empresas jóvenes. No se si startups precisamente pero más cerca de eso.

2. ¿Qué características deben cumplir los proyectos para generar créditos de carbono de calidad?

En mi opinión los créditos de calidad son los que corresponden a proyectos con enfoques holísticos o de triple impacto de manera tangible y transparente. De otra manera solo son transacciones de conjuntos de datos.

Sección 2 - Demanda de créditos de carbono

3. ¿Qué tipo de empresas son las principales compradoras de créditos de carbono?

Corporaciones con el dinero suficiente para comprar la compensación entera de su huella.

4. ¿Notas un cambio en el tipo de empresas interesadas en comprar créditos de carbono en los últimos años?

No

Sección 3 - Tecnología y certificación en el mercado de carbono

5. ¿Qué tecnologías se utilizan mayormente en este mercado? ¿Crees que son suficientes?

Generalmente tecnologías que brindan trazabilidad y facilitan el manejo y reporte con grandes volúmenes de datos. Sistemas de geoposicionamiento. Monitoreo Satelital. Bases de datos.

6. ¿Consideras que la tecnología es un aspecto clave de este mercado?

Si. Creo que hay requerimientos que son muy difíciles de cumplir sin el uso de las tecnologías actuales.

Sección 4 - Desafíos y futuro del Mercado de Carbono

7. ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta el mercado de créditos de carbono hoy en día?

Falta de un marco legal formal en la mayoría de los países. Sigue siendo voluntario. Fundamentos de base científica que según el tipo de proyecto pueden ser más o menos aceptados. El carbono no se ve. A las empresas les cuesta pagar por algo que no ven o perciben. Esto

hace que les sea difícil elegir proyectos en los que puedan confiar. El tiempo que llevan los procesos biológicos.

8. Desde la perspectiva de América Latina, ¿cómo ves la participación de la región en el mercado de carbono?

Creo que la cantidad de proyectos y biodiversidad hace que América Latina sea el escenario ideal para posicionarse como uno de los principales proveedores. Grandes regiones forestales en peligro como el Amazonas y abundancia de prácticas agrícolas.

9. ¿Crees que el mercado de carbono es una solución efectiva para la reducción de emisiones?

Solo si está acompañado de políticas adecuadas en cuanto a que las empresas sigan con las mismas prácticas y no bajen sus emisiones realmente el mercado se terminará agotando. Cuotas de compensación por ej por compañía.

10. Desde tu perspectiva, ¿qué cambios o innovaciones podrían hacer que este mercado sea más eficiente y accesible en el futuro?

Abaratar costos operativos manteniendo la calidad de los créditos (usar tecnología para eso) y que el cambio climático sea aceptado y validado globalmente por los gobiernos.

Universidad de
San Andrés

Anexo 3. Artículo 2 - Acuerdo de París (2015)

“1. El presente Acuerdo, al mejorar la aplicación de la Convención, incluido el logro de su objetivo, tiene por objeto reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza, y para ello:

a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático;

b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos; y

c) Situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

2. El presente Acuerdo se aplicará de modo que refleje la equidad y el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas y las capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales”.

Anexo 4. Texto NDC de Argentina

En diciembre de 2020 Argentina publicó la “Segunda Contribución determinada a Nivel Nacional de la República Argentina”. En este mismo texto se expuso que en el año 2016 se calculó, a través de una matriz de emisiones del gobierno, una emisión neta total de 364 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente; y que a raíz de esto, la República Argentina se compromete a una meta, aplicable a todos los sectores de la economía, de no exceder la emisión neta de 359 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente para el año 2030. En esta Segunda Contribución determinada a Nivel Nacional (NDC por su sigla en inglés) la República Argentina incrementa su compromiso respecto a la meta de mitigación presentada en 2016, significando una disminución total del 19% de las emisiones hacia 2030 en comparación con su máximo histórico de emisiones alcanzado en el 2007. Asimismo, en esta Segunda NDC se han realizado esfuerzos para balancear el enfoque entre los componentes de mitigación, pero también de adaptación social y medios de implementación, estableciendo sinergias entre los mismos.

Texto explícito de la meta:

La República Argentina no excederá la **emisión neta de 359 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂e) en el año 2030**, aplicable a todos los sectores de la economía.

Hacia 2030, los argentinos y las argentinas tendrán conocimiento sobre los efectos adversos del cambio climático, las correspondientes medidas de adaptación y habrán construido capacidades que les permitan responder solidariamente al desafío urgente de proteger el planeta.

La política climática de la República Argentina habrá logrado aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad de los diferentes sectores sociales, económicos y ambientales, a través de medidas que priorizarán a las comunidades y grupos sociales en situación de vulnerabilidad e incorporarán el enfoque de género y la equidad intergeneracional.

Todo ello será con miras a contribuir al desarrollo sostenible, construir una sociedad más equitativa, justa, solidaria y lograr una respuesta al cambio climático adecuada y compatible con los objetivos del Acuerdo de París.

Anexo 5. Datos recolectados en un modelo captura

Ejemplo tomado del modelo de captura de carbono de Ruuts

Algunos de los datos que se toman en cuenta:

carga animal promedio:

en línea de base = $0.53 \pm (0.57)$ EV/ha
bajo manejo holístico = $0.75 \pm (0.59)$ EV/ha

El promedio (media)

La variabilidad (rango intercuartílico)

materia seca promedio:

en línea de base = $4013 \pm (3877)$ kg MS/ha
bajo manejo holístico = $5024 \pm (4127)$ kg MS/ha

cantidad promedio de fertilizantes aplicados en ganadería:

en línea de base = $13 \pm (16)$ kg N/ha
bajo manejo holístico = $15 \pm (27)$ kg N/ha

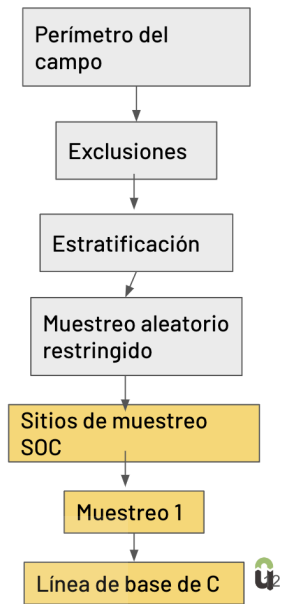
tasa promedio de emisión de CH₄ entérico:

en línea de base = 0.87 t CO₂e/ha/year
bajo manejo holístico = 1.23 t CO₂e/ha/year

→ Bajo MH se emiten en promedio 0.36 t CO₂e/ha más de metano entérico por año debido al aumento de carga.

Cómo se monitorean los campos:

Y cómo monitoreamos a campo el SOC??



luego de 5 años de regeneración

Muestreo 2 (2024) (mismos sitios)

Muestreo 1 (2019)

Test estadístico

Comparación de SOC

Secuestro de C ($\Delta SOC \text{ stock}_{t1, t2}$)

Re-calibración (trust-up) de modelo de simulación de C



Anexo 6. Emisiones globales bajo diferentes escenarios

Figure ES.3 Global GHG emissions under different scenarios and the emissions gap in 2030 and 2035

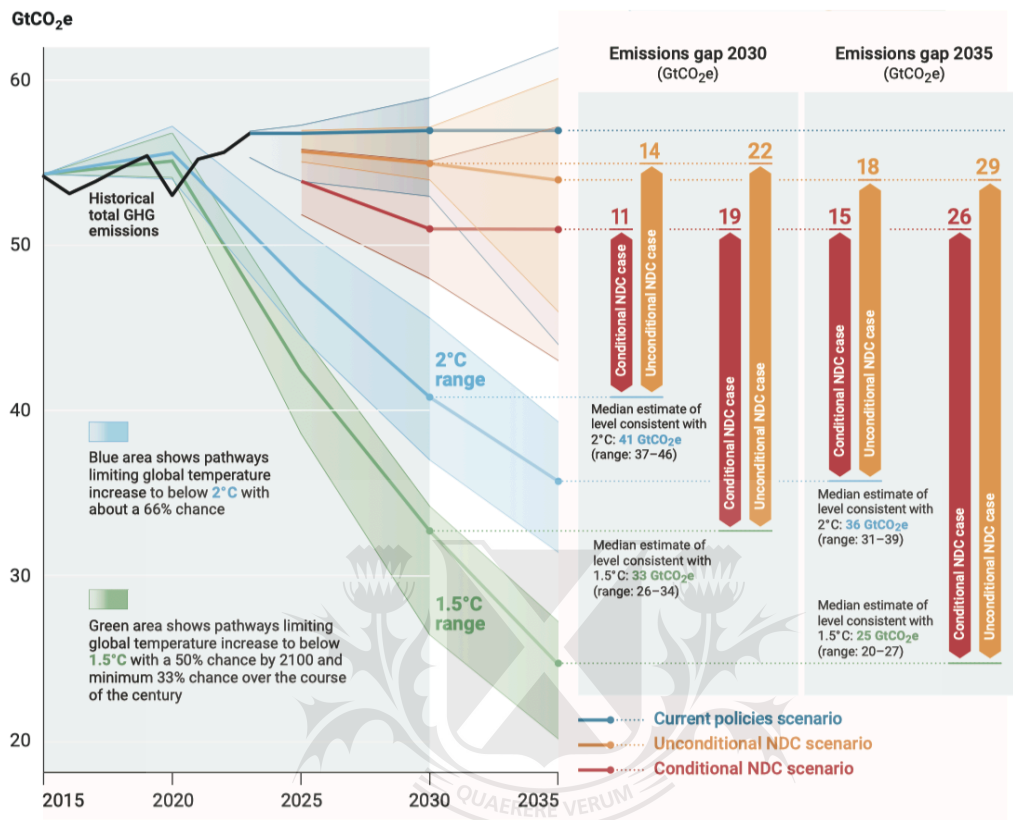
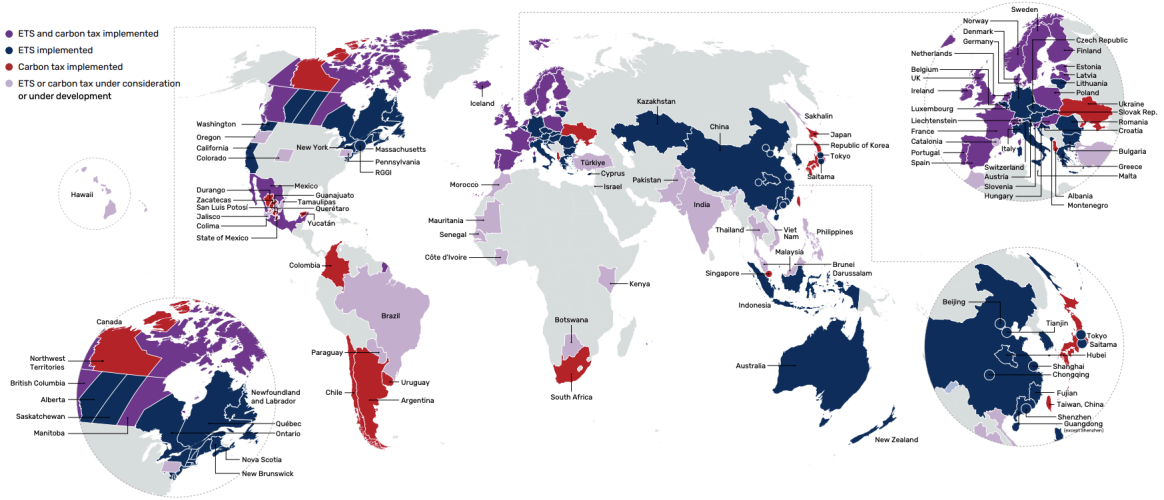


Table ES.2 Global total GHG emissions in 2030, 2035 and 2050, and estimated gaps under different scenarios

| Scenario | Projected GHG emissions (GtCO ₂ e) | Estimated emissions gaps (GtCO ₂ e) | | | |
|---|---|--|-------------|-------------|--------------|
| | | Median and range | Below 2.0°C | Below 1.8°C | Around 1.5°C |
| 2030 | | | | | |
| Current policies | 57 (53-59) | | 16 (12-18) | 22 (18-24) | 24 (20-26) |
| Unconditional NDCs | 55 (54-57) | | 14 (13-16) | 20 (19-22) | 22 (21-24) |
| Conditional NDCs | 51 (48-55) | | 11 (7-14) | 17 (13-20) | 19 (15-22) |
| 2035 | | | | | |
| Current policies continued | 57 (44-62) | | 21 (9-26) | 30 (18-35) | 32 (20-37) |
| Unconditional NDCs continued | 54 (46-60) | | 18 (10-24) | 27 (19-33) | 29 (21-35) |
| Conditional NDCs continued | 51 (43-57) | | 15 (8-22) | 24 (17-30) | 26 (19-33) |
| Conditional NDCs + all net-zero pledges | 43 (38-49) | | 8 (2-13) | 16 (11-22) | 19 (13-24) |
| 2050 | | | | | |
| Current policies continued | 56 (25-68) | | 36 (4-48) | 44 (12-56) | 48 (16-60) |
| Conditional NDCs + all net-zero pledges | 19 (6-30) | | -1 (-14-10) | 7 (-6-18) | 11 (-2-22) |

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2024).
Informe sobre la Brecha de Emisiones 2024.

Anexo 7. Mapa de impuestos al carbono y ETS



Instruments "under development" are where a government is actively working toward the implementation of a carbon pricing instrument and this has been formally confirmed by official government sources. This includes, for example, where a mandate has been established, but regulated entities do not yet face compliance obligations. If a government has announced its intention to work toward the implementation of a carbon pricing instrument and official government sources formally confirm that intention, the instrument is "under consideration." For those countries with multiple instruments that have both "under development" or "under consideration" and "implemented" instruments, the map will show the status of the latter. The status of instruments in subnational jurisdictions is also reflected in the map.

Fuente: World Bank. 2024. State and Trends of Carbon Pricing 2024.

Mapa de países en los que el gobierno participa activamente

FIGURE 13
Map of governmental crediting mechanisms



An instrument "under development" means that a government is actively working towards the implementation of a crediting mechanism, and this has been formally confirmed by official government sources. This includes, for example, where a mandate has been established but no credits have been issued. If a government has announced its intention to work toward the implementation of a crediting mechanism and official government sources formally confirm that intention, the instrument is "under consideration." For those countries with multiple crediting mechanisms that have both "under development" or "under consideration" and "implemented" crediting mechanisms, the map will show the status of the latter. The status of crediting mechanisms in subnational jurisdictions is also reflected in the map.

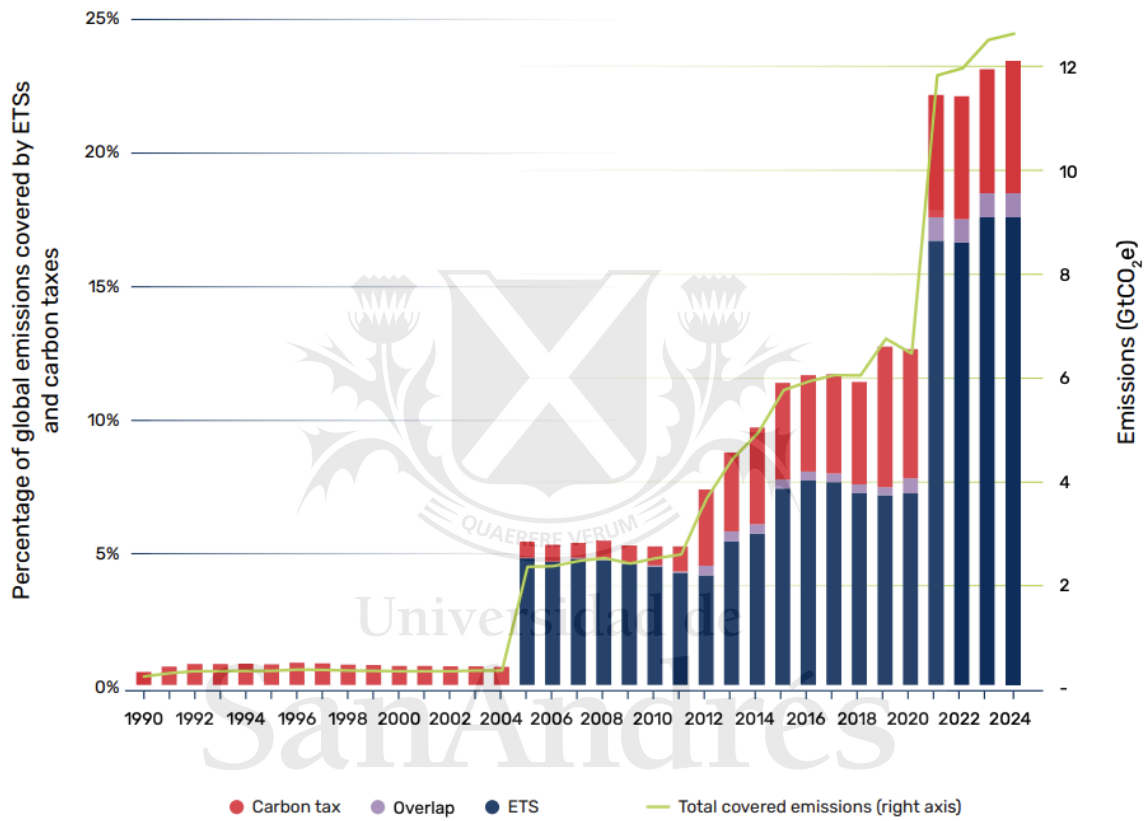
Fuente: World Bank. 2024. State and Trends of Carbon Pricing 2024.

Anexo 8. Emisiones globales de GEI compensadas

Emisiones globales de GEI cubiertas por los ETS y los impuestos al carbono

FIGURE 5

Global GHG emissions covered by ETSs and carbon taxes



Fuente: World Bank. 2024. State and Trends of Carbon Pricing 2024.