



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (ICADE)

**ANÁLISIS DE LOS MERCADOS DE
CARBONO Y SU INTERNALIZACIÓN
DESDE LA PERSPECTIVA
EMPRESARIAL Y GLOBAL EN BASE
A LA NORMATIVA ACTUAL Y LAS
AGENDAS CLIMÁTICAS**

Autor: Nicolás Renedo de la Lastra

Director: Laura Gissera Tierno

Abril de 2023 en Madrid, España

Resumen

Los mercados de carbono son un mecanismo que ha crecido mucho en los últimos años. Es importante conocer su contexto global y la internalización que han tenido durante este tiempo. Para ello, se ha realizado una investigación exhaustiva del tema, que abarca desde el origen y contexto en el que surgieron los mercados de carbono, entendidos como un sistema que permite a las empresas y particulares mitigar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), hasta su funcionamiento actual y los diferentes tipos de mercados que existen. También se ha analizado el papel que estos mercados juegan en la lucha contra el cambio climático y la promoción de economías sostenibles.

Palabras Clave

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), certificadoras de carbono, agendas climáticas, proyectos de absorción, mercados de carbono, crédito de carbono.

Abstract

Carbon markets are a mechanism that has grown a lot in recent years. It is important to know their global context and the internalization they have had during this time. To this end, an exhaustive investigation of the subject has been carried out, ranging from the origin and context in which carbon markets arose, understood as a system that allows companies and individuals to mitigate their greenhouse gas (GHG) emissions, to their current operation and the different types of markets that exist. The role that these markets play in the fight against climate change and the promotion of sustainable economies has also been analyzed.

Key Words

Sustainable Development Goals (SDGs), carbon certifiers, climate agendas, absorption projects, carbon markets, carbon credits.

Tabla de Contenidos

1. Introducción.....	5
1.1. Justificación elección del tema	6
1.2. Objetivos del proyecto	7
1.3. Metodología empleada.....	8
2. Marco contextual	9
2.1 Contexto socio-temporal.....	9
2.2 Factores influyentes en la aparición del cambio climático	10
2.3 Agendas climáticas	12
2.3.1 Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ODS)	12
2.3.2 Agenda de Acción Climática de las Naciones Unidas	24
3. Mercados de carbono	25
3.1. Definición de los mercados de carbono	25
3.2. Origen y evolución de los mercados de carbono	26
3.3. Funcionamiento de los mercados de carbono.....	27
3.3.1 Tipos de proyectos climáticos que generan créditos de carbono.....	28
3.3.2 Categorización de los tipos de créditos de carbono.....	30
3.3.3 Proceso de certificación de los proyectos de absorción.....	32
3.4. Tipos de mercados de carbono	35
3.4.1. Mercado Obligatorio.....	35
3.4.2. Mercado Voluntario.....	38
3.4.3. El mercado voluntario-regulado	41
3.4.4. Caso Colombia	43
4. Conclusiones.....	47
5. Referencias	52

Tabla de Figuras

Figura 1: Previsión de la evolución de la oferta de créditos de carbono	32
Figura 2: Creditos de carbono emitidos entre 1999-2021	40
Figura 3: Cobertura geográfica y etiqueta de compensación para los programas voluntarios	41
Figura 4: Impuestos al carbono en Colombia en 2022	45
Figura 5: Comparativa en el impuesto al carbono en Colombia frente al EU ETS	45
Figura 6: Proceso de certificado de proyecto de absorción.....	46

1. Introducción

Los mercados de carbono son un sistema que permite a las empresas y particulares mitigar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Tienen su origen en el contexto de la creciente concienciación de la sociedad con el cambio climático, la imposición de medidas y normativas sociopolíticas y la creación y puesta en marcha de las actuales agendas climáticas.

Estos mercados encuentran su eje de actuación en la compensación de huella de carbono para las empresas y organizaciones mediante la compraventa de permisos de emisión de carbono y proyectos certificados por un tercero. Estos permisos, llamados también “bonos de carbono” o “créditos de carbono” permiten a las empresas cumplir con sus obligaciones u objetivos de reducción de emisiones de manera eficiente y económica. De este modo y de forma adicional, crean valor a la empresa de diferentes formas que serán explicadas en el trabajo a desarrollar además de promover la inversión en tecnologías limpias.

Los diferentes agentes que actúan en los mercados, la oferta de activos y la diferente concienciación y actuación de las empresas en base a su tamaño y localización hace que los mercados se encuentren en una fase con un largo recorrido y crecimiento en los próximos años.

El trabajo de fin de grado tiene como objetivo explorar el papel fundamental de los mercados de carbono en la lucha contra el cambio climático. Para ello, se abordarán diferentes aspectos relacionados con este tema, comenzando por el origen y contexto en el que surgieron los mercados de carbono, así como los acuerdos internacionales que han impulsado su puesta en marcha. Además, se explicarán de manera clara y extensa los Objetivos de Desarrollo Sostenible, incluyendo su definición, objetivos y motivación. Se abordarán los diferentes aspectos que abarcan los objetivos, como la lucha contra la pobreza, la igualdad de género, la educación, la energía limpia y la acción climática, entre otros.

En cuanto al funcionamiento de los mercados de carbono, se explicará en detalle cómo se rigen la oferta y demanda, el proceso de certificación y verificación, y ejemplos de empresas desarrolladoras de proyectos y verificadoras. Asimismo, se analizarán los

proyectos de absorción y cómo estos contribuyen a la reducción de emisiones. También se profundizará en los diferentes tipos de mercados de carbono, tanto el voluntario como el regulado. Se explicará también como ha surgido el mercado voluntario-regulado de carbono como una alternativa para cumplir con los objetivos de reducción, y se explicarán las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos. También se estudiarán casos específicos como el caso del mercado voluntario-regulado de carbono en Colombia, que ha sido pionero en la implementación de este tipo de mercado en Latinoamérica. Se analizará el papel que ha desempeñado este mercado en la reducción de emisiones y cómo ha contribuido al cumplimiento de los objetivos climáticos del país.

Por último, se sacarán las conclusiones resultantes del estudio realizado a los mercados de carbono. El trabajo de fin de grado tendrá como objetivo ofrecer una visión completa y detallada sobre los mercados de carbono, desde su origen y contexto, pasando por los Objetivos de Desarrollo Sostenible, hasta llegar al funcionamiento y tipos de mercados de carbono. Además, se estudiarán casos específicos como el mercado voluntario-regulado de carbono en Colombia para comprender su impacto en la lucha contra el cambio climático.

En resumen, los mercados de carbono son una herramienta importante para combatir el cambio climático y promover economías sostenibles.

1.1. Justificación elección del tema

Durante el primer cuatrimestre de mi 4º curso en Administración y Dirección de Empresas bilingüe en ICADE, realicé prácticas en una empresa llamada Co2 Revolution. Esta empresa es líder en el sector de la reducción de gases de efecto invernadero en España. Es promotora y desarrolladora de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a través de la implementación de tecnologías de reducción de emisiones, como la captura y almacenamiento de carbono, la reforestación, la creación de bosques corporativos con el fin de compensar la huella de carbono de las empresas. También están involucrados en la comercialización de créditos de carbono y en la consultoría para ayudar a otras empresas a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. Este periodo de prácticas me ayudo a introducirme en el

componente práctico del mundo del cálculo y compensación de las emisiones de Co2 y más específicamente en los mercados de carbono, tanto en su crecimiento y expansión como en los posibles dilemas sociales que han originado su aparición.

Es por ello, que debido al desconocimiento general de la población con respecto a este sector en el que me he podido desarrollar y enriquecer en esta experiencia, he decidido realizar este trabajo ayudándome de mis previos conocimientos y una investigación certera en la materia.

1.2. Objetivos del proyecto

El objetivo de este trabajo es ofrecer una visión panorámica del crecimiento de este sector y acontecimientos venideros por suceder. Debido al desconocimiento del mercado, la información dispensada puede ser muy útil para el entendimiento de la actividad sostenible de las empresas realizada a nivel global tanto de manera voluntaria como obligatoria.

Dentro de los objetivos encontramos los siguientes:

1. Analizar minuciosamente el mercado de créditos de carbono y los diferentes agentes que operan en él. Se expondrá un contexto en el que los mercados han crecido y, por tanto, un origen de estos. Se describirán los diferentes mecanismos que rigen el mercado y se explicará cómo las empresas pueden compensar sus emisiones de gases de efecto invernadero a través de la adquisición de créditos de carbono. En este trabajo se explicará cómo se debe operar en los mercados de carbono y, las actividades que deben llevar a cabo las empresas que busquen compensar sus emisiones, las empresas que ofertan los créditos de carbono y lo que implica a terceros que se ven inmersos en el proceso de reducción de emisiones.
2. Además de explicar el origen y funcionamiento de este mecanismo se ofrecerá una visión panorámica y global de los mercados de carbono. El objetivo es proporcionar una comprensión más profunda del mercado de carbono en todo el

mundo, incluyendo las tendencias actuales y futuras. Adicionalmente, también se especificará en contenido referente a determinados países muy involucrados en este ámbito.

3. Por otro lado, este trabajo tiene como objetivo manifestar el impacto económico y reputacional de operar en los mercados de carbono con el fin de ayudar a las empresas a entender el cambio de tendencia en la actividad comercial de diferentes sectores. Se explorarán los diferentes escenarios que están surgiendo en el mercado y cómo las empresas pueden aprovecharlos para generar un impacto positivo en la sociedad y en el medio ambiente.
4. El objetivo es crear conciencia sobre el cambio climático y ayudar a las generaciones futuras a comprender los desafíos que se presentan en términos de nuevas normativas y planes de actuación. Se describirán los principales acuerdos internacionales relacionados con el cambio climático y se examinarán las acciones que las empresas pueden tomar para abordar los problemas ambientales y climáticos que se avecinan.

En conclusión, el trabajo tiene como objetivos fundamentales analizar en detalle el mercado de créditos de carbono y su funcionamiento, ofrecer una visión panorámica y global de los mercados de carbono, manifestar el impacto económico y reputacional de operar en los mercados de carbono, y servir de apoyo a futuras generaciones en la concienciación sobre el cambio climático y la comprensión de los escenarios futuros. Todo ello con el fin de ayudar a las empresas a entender el cambio de tendencia en la actividad comercial de diferentes sectores y cómo aprovechar esta situación para generar un impacto positivo en la sociedad.

1.3. Metodología empleada

Para la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado, se utilizarán tanto recursos lingüísticos como gráficos explicativos.

En primer lugar y con el uso de la lengua española, se empleará una metodología cualitativa haciendo uso de los mecanismos lingüísticos y literarios para explicar de la manera más detallada y objetiva los objetivos trazados. Para ello me dotaré de artículos

contrastados entre sí de proveniencia pública o en caso excepcional, privada con consentimiento.

Además, utilizaré elementos que me facilitaran el entendimiento del mercado y de los activos financieros que lo rigen. Por ello, además de números, se ofrecerán recursos gráficos para un mejor entendimiento como trabajo de investigación académico y la consecución de los objetivos planteados. Utilizaré ejemplos relevantes para la demostración y la comprensión de este Trabajo de Fin de Grado.

Como he dicho previamente y pudiendo ser aplicable a todo el trabajo, la información será recopilada por mí mismo a raíz de un estudio exhaustivo de artículos publicados por empresas, instituciones públicas, artículos periodísticos o citas de informes no financieros de organizaciones. Esta información será citada o incluida en la bibliografía.

2. Marco contextual

2.1 Contexto socio-temporal

Los mercados de carbono surgieron en respuesta a la preocupación a nivel global por el cambio climático y la creciente necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El cambio climático ha sido un tema de discusión desde finales del siglo XIX, cuando los científicos comenzaron a estudiar diversas posibles causas y consecuencias del calentamiento global. Sin embargo, fue ya en la década de 1980 cuando se publicaron ciertos informes que alertaban sobre el calentamiento global y sus posibles efectos como, por ejemplo:

- Informe “Changing Climate” (1979) del National Academy of Science de Estados Unidos.
- Informe “The Greenhouse Effect and Climate Change” (1988) del World Meteorological Organization and United Nations Environment Programme, que proporcionó a los científicos una visión con más detalle del cambio climático (Schwartz, 2018).

- Informe “Our Common Future” (1987) del World Commission on Environment and Development, considerado como uno de los primeros informes en utilizar el término “cambio climático”.
- Informe “Climate Change: The IPCC Scientific Assessment” (1990) por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas, que proporcionó una evaluación íntegra de la ciencia y sentó las bases para el trabajo que llevar a cabo por el IPCC en los años venideros (Houghton, 1990).

Estos informes, contribuyeron a la conciencia de la población y al campo de la política sobre el cambio climático y la adopción de medidas para abordar el problema. A partir de entonces, se ha convertido en un tema cada vez más importante en la agenda sociopolítica y ambiental a nivel mundial.

Debido a esta presión por parte de la sociedad a las autoridades tiene lugar el Protocolo de Kioto 1997, el cual estableció objetivos de reducción de emisiones para aquellos países industrializados. Es un acuerdo internacional que fue adoptado en 1997 y entró en vigor en 2005. El objetivo principal del Protocolo de Kyoto fue reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de los países industrializados en un 5,2% en comparación con los niveles de 1990 (Leggett, 2020).

Los mercados de carbono se han desarrollado en un contexto sociocultural favorable para su crecimiento y donde uno de los objetivos actuales de la raza humana es la mitigación del calentamiento global y la reducción de emisiones (Ludeña, 2015).

2.2 Factores influyentes en la aparición del cambio climático

Hay varios factores que pueden influir en la aparición de este fenómeno conocido como “cambio climático (Finneran, 2013):

1. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): La concentración de gases de efecto invernadero ha aumentado en gran parte debido a la actividad humana, especialmente las actividades agrícolas y la quema de combustibles fósiles para la producción energética. Esto ha provocado que gases como el dióxido de carbono (Co₂) y su retención en la atmósfera retengan el calor y contribuyan al calentamiento global.

Cuando se queman combustibles fósiles como el petróleo, carbón o gas, se liberan grandes cantidades de dióxido de carbono (Co₂) en la atmósfera. Por otro lado, otros gases son liberados como el metano y el óxido nitroso. Este aumento de la concentración de Co₂ en la atmósfera se ha visto incrementado en un 48,6% desde el siglo XVIII, alcanzando las 413ppm.

2. La deforestación de terrenos y la degradación de los ecosistemas provocada por la acción humana contribuyen al incremento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) puesto que se ve reducida la capacidad natural que tiene nuestro planeta para gestionar el carbono (EPA, 2021).
3. Ciclo del agua: El ciclo del agua se está viendo alterado teniendo como causa principal el cambio climático. Se ven diferentes cambios en este proceso como la intensidad o la frecuencia de las precipitaciones, la temperatura del agua de los ríos o su caudal y nivel. Se puede ver reflejado en tempestades o ciclones más intensos de lo habitual en los patrones de las lluvias.
4. El sistema marino: El cambio climático está afectando a los ecosistemas marinos, llegando incluso a desaparecer o sufrir grandes catástrofes. Por ejemplo, la erosión costera, que provoca inundaciones de zonas de costa y los daños materiales que supone.
5. El sistema terrestre: Así mismo, los terrenos están sufriendo daños considerables que afectan a la fertilidad del terreno y la agricultura, que además se ve afectada por las sequías y los cambios de temperatura.

2.3 Agendas climáticas

Las agendas climáticas son planes de acción que establecen objetivos específicos y estrategias para abordar el cambio climático. Estos planes pueden ser adoptados a nivel nacional, regional o internacional y suelen incluir medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, aumentar la eficiencia energética y fomentar el desarrollo de tecnologías limpias (Leggett, 2020). Actualmente, existen varias agendas que basan sus fundamentos en la responsabilidad social de las empresas y sus compromisos con el cambio climático:

2.3.1 Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ODS)

La Agenda 2030, también conocida por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), fue adoptada por las Naciones Unidas en 2015 y en la actualidad es probablemente la agenda pionera y guía del cambio tanto para la sociedad como para las empresas (Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible., 2015). Dibuja una hoja de ruta a través de los ODS buscando abordar temas como la pobreza, el hambre, la desigualdad o el cambio climático.

Las Naciones Unidas presentaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que consisten en un conjunto de 17 objetivos diseñados para transformar nuestro mundo antes del año 2030. A través de estos objetivos, los ODS nos muestran una dirección clara hacia un futuro mejor y más sostenible (KPMG, 2018). Los ODS presentan una oportunidad única para aumentar el impacto social y lograr un cambio duradero en nuestro mundo, y podemos comenzar a trabajar en ellos hoy mismo (Redondo, 2023). Los conocidos como Objetivos de Desarrollo Sostenible son los siguientes:

1. Fin de la pobreza:

What: Es un compromiso para poner fin a la pobreza de todo el mundo en todas sus formas. Este objetivo no solo aborda la igualdad de ingresos y salarios, sino

también la protección social, el acceso equitativo a los recursos, la propiedad, los derechos básicos y bienes, la resiliencia ante la vulnerabilidad climática y los cambios sociales y económicos. Para lograr estos objetivos, se han establecido seis metas específicas, diseñadas para abordar estos desafíos.

Why: No solo se contribuye a los ODS a través de iniciativas voluntarias o humanitarias. Las empresas pueden contribuir directa o indirectamente al desarrollo de la sociedad mediante su modelo de negocio, por ejemplo, ofreciendo productos y servicios asequibles a personas con menos recursos, implementando políticas sólidas de salud y seguridad que reduzcan los costos de salud, y brindando apoyo financiero a sus empleados para fomentar su estabilidad y, en consecuencia, aumentar la productividad.

How: Si queremos abarcar el primer ODS, una de las acciones que podemos realizar es evaluar y ajustar nuestro modelo de negocio. Por ejemplo, podemos establecer asociaciones con organizaciones locales para ofrecer precios más bajos a grupos específicos, en lugar de competir con ellas en áreas de menores ingresos. Esto puede ser beneficioso tanto para nuestra empresa como para la organización local. También se podría trabajar con pequeños productores y agricultores en nuestra cadena de suministro, lo que puede mejorar nuestra reputación y atraer nuevos clientes.

2. Hambre cero:

What: El segundo Objetivo de Desarrollo Sostenible se centra en erradicar el hambre y la malnutrición de todo tipo antes de 2030. Esto implica no sólo asegurar la disponibilidad de alimentos, sino también promover una agricultura sostenible y productiva. La inversión en desnutrición puede tener enormes beneficios en la mejora de los ingresos y gastos en la asistencia sanitaria. La agricultura sostenible y el uso de tecnología pueden resolver varios problemas al mismo tiempo.

Why: Las iniciativas relacionadas con este objetivo pueden atraer talento, crear mercados futuros y atraer clientes que estén dispuestos a pagar más por productos etiquetados como "responsables". A pesar de que estos problemas pueden parecer ajenos a las empresas en países desarrollados, la lucha contra el

hambre es una de las principales preocupaciones de los consumidores, lo que significa que las empresas deben tomar medidas para abordar este problema.

How: Para lograr el cumplimiento de este ODS, es clave prevenir la inflación en los precios de los bienes y servir de apoyo a los pequeños empresarios del sector agrícola, analizar su cadena de valor para conseguir el aprovisionamiento requerido y promover iniciativas en las empresas españolas.

3. Salud y bienestar:

What: Es esencial para el desarrollo sostenible asegurar vidas saludables y seguras y promover el bienestar para todos. Se han logrado avances en la reducción de la mortalidad infantil y materna, así como en el acceso al agua potable y saneamiento, y en el tratamiento de enfermedades mortales, pero aún hay mucho trabajo por hacer.

Why: Es clave desarrollar una ventaja competitiva enfocada a la innovación sostenible y utilizar recursos para la innovación. La clave radica en la exploración y creación de nuevos productos y servicios que den respuesta a las necesidades de los clientes. En este sentido, la innovación en pos de garantizar una vida saludable puede suponer una gran cantidad de oportunidades y ventajas competitivas para las organizaciones. Otro punto clave es el aumento de la productividad y satisfacción de los trabajadores. Es importante proporcionar un ambiente de trabajo seguro puesto que es un derecho humano fundamental y contribuye positivamente a la salud y el bienestar de los mismos que puede beneficiar a la empresa aumentando la productividad y aumentar la retención de empleados y mejorar la imagen de marca. Todos estos factores tienen un impacto en el desempeño general de una organización, lo que puede resultar en un mayor éxito en el mercado.

How: Con el fin de conseguir lo propuesto por el ODS número 3 son necesarias diversas conductas. La primera es la implementación de tecnologías de los alimentos, puesto que, aunque se piense que las mejoras en la Salud y bienestar son necesarias en los países subdesarrollados, hay mucho por hacer en todos los países puesto que a la vista está el gran número de accidentes laborales. El

segundo punto de mejora está en la implementación de iniciativas en las empresas. En los últimos años, se ha logrado un aumento significativo en la esperanza de vida en todo el mundo y la reducción de la propagación de enfermedades. Sin embargo, todavía hay problemas que enfrentar y que las empresas tienen que tomar parte de esta responsabilidad de cara a las inversiones.

4. Educación de calidad:

What: En los tiempos recientes, se han logrado avances significativos en la ampliación del alcance educativo y en las tasas de inscripción en todas las etapas, especialmente para el género femenino. No obstante, existe exclusión en el acceso a oportunidades educativas superiores de calidad para los infantes, los jóvenes y los adultos, a pesar del derecho global a la educación sin excepción. El ODS 4 se esfuerza por abordar esta desigualdad y promover el aprendizaje inclusivo y de calidad para todos, lo que a su vez fomenta el crecimiento sostenible y contribuye a la igualdad.

Why: Se requiere inversión en educación para el desarrollo de una fuerza de trabajo capacitada, aumentar la productividad y mejorar el crecimiento económico. Las empresas pueden contribuir capacitando a sus empleados, creando una mano de obra calificada y un aumento de salarios junto a la creación de un liderazgo de marca e imagen positiva corporativa.

How: Estableciendo una mejora de la educación digital que proporcione un acceso al conocimiento a todas las personas, de manera gratuita y online. De esta forma las corporaciones, pueden proporcionar plataformas lectivas para ofrecer formaciones a sus trabajadores, ya sea sobre salud o educación financiera entre otras formas de educar. También se pueden crear alianzas y uniones entre las empresas y las universidades o centros de estudio con el fin de atraer el talento joven y promover la innovación y la cultura.

5. Igualdad de género:

What: El objetivo 5 tiene como objetivo la eliminación de la discriminación y la violencia en contra de las mujeres adultas y de temprana edad, establecer la igualdad de oportunidades en el trabajo y el acceso a derechos sexuales.

Why: La igualdad de género es esencial para el crecimiento económico y el bienestar social. El empoderamiento de las mujeres produce un impacto positivo en la economía y en los negocios, puesto que basar los equipos en personas más diversas con diferentes ideas y opiniones es esencial para el éxito de una empresa. De hecho, las nuevas generaciones valoran la diversidad dentro de un mismo equipo de trabajo, lo que se traduce en una mayor atracción y retención del talento.

How: Para mantener la diversidad, las empresas deben fomentar la promoción del capital humano femenino, reducir la brecha salarial y ofrecer políticas de paternidad igualitarias. Para empoderar a las mujeres, las empresas deben proporcionar capacitación empresarial y comercial, apoyar la igualdad de derechos sociales y económicos, y fomentar la diversidad en la cadena de suministro y la financiación para la creación de nuevas empresas.

6. Agua limpia y saneamiento:

What: El ODS número 6 tiene como objetivo principal asegurar que las personas tengan acceso a agua potable y saneamiento, además de garantizar una gestión sostenible del agua y sus recursos, puesto que son esenciales para la salud, el medio ambiente y la economía. Según la ONU, más de 2 mil millones de personas viven en zonas de bajo nivel de agua y se espera que la escasez aumente y se intensifique en algunas áreas (Guterres, 2022).

Why: Este objetivo se centra en garantizar el acceso al agua puesto que no solo es esencial para la salud humana, sino que también tiene un impacto en la seguridad alimentaria, la energía, la salud ambiental y la economía en general. La escasez de agua afecta desproporcionadamente a las mujeres en muchos países y también puede afectar a las empresas que dependen del agua o lo

necesitan para sus procesos de producción. Por lo tanto, es importante tomar medidas para garantizar el acceso al agua para todos.

How: Las compañías pueden tomar medidas para reducir su Huella de Agua, para ello pueden asociarse con proveedores locales, cambiar la estrategia de abastecimiento, diseñar procesos de producción más sostenibles o cambiar sus procesos de producción. Por ejemplo, la transición de colecciones de ropa de moda menos "desechables" a diseños más atemporales puede reducir drásticamente el uso y la contaminación del agua.

7. Energía asequible y no contaminante:

What: El ODS 7 tiene como objetivo la accesibilidad energética. Aunque el uso de energía es una de las principales causas de emisiones de gases de efecto invernadero, la accesibilidad a la energía es fundamental para lograr muchos de los otros objetivos de desarrollo sostenible.

Why: El ODS 7 tiene un impacto directo en la salud, puesto que muchas instalaciones esenciales como hospitales no pueden funcionar sin energía y la contaminación del aire causada por el uso de madera y carbón para cocinar y calentarse se estima que causa más de 4 millones de muertes al año. La transición a energías limpias también tiene beneficios a largo plazo y puede reducir costes a las empresas, aunque plantea desafíos como una producción menos controlable y precios de energía y CO2 no suficientemente altos. Es esencial que las organizaciones se tomen en serio la eficiencia energética para reducir la vulnerabilidad y preservar los combustibles fósiles para aquellos que no pueden permitirse invertir en alternativas.

How: Dos de las principales formas en que las organizaciones pueden contribuir a este objetivo son mediante la mejora de sus procesos primarios y la asunción de la responsabilidad de su cadena de suministro. En particular, el sector de la hostelería ha estado dando pasos hacia la eficiencia energética, y se están utilizando métodos como la construcción de ventanas más grandes para aprovechar la luz natural, así como la tecnología de sensores más inteligentes para lograr una mayor reducción de energía y mejorar la experiencia del usuario.

Además, las organizaciones pueden reducir las emisiones de CO2 mediante la introducción de métodos de eficiencia energética en su cadena de suministro, exigiendo a los proveedores que informen sobre su huella de CO2 y seleccionando proveedores en función de su eficiencia energética.

8. Trabajo decente y crecimiento económico:

What: El crecimiento económico sostenible, el empleo y el trabajo decente son importantes para el desarrollo sostenible, pero ciertos grupos vulnerables como los trabajadores emigrantes, las personas con poca educación y las personas discapacitadas aún no tienen las condiciones adecuadas en el trabajo. A pesar de que el trabajo infantil ha disminuido en todo el mundo, todavía hay muchos niños involucrados, algunos de los cuales trabajan en condiciones peligrosas.

Why: El aumento de la población junto con la globalización presentan mayores responsabilidades y oportunidades. Los grupos vulnerables mencionados anteriormente pueden aprovechar estas oportunidades, ya que aún hay mucho espacio para el crecimiento económico sostenible. A pesar de ello, hay ciertos riesgos a la hora de buscar un crecimiento económico más sostenible como por ejemplo el crecimiento del mercado laboral y la aparición de la robotización con cierta influencia en la mayoría de los trabajos.

How: Una estrategia para fomentar la flexibilidad laboral y la adaptabilidad en entornos cambiantes es desarrollar plantillas de trabajo que permitan ajustarse a estas situaciones. Para ello, es necesario impulsar programas que promuevan el aprendizaje continuo. Este enfoque fomenta la colaboración entre diferentes departamentos de la empresa, lo que permite establecer objetivos comunes y aumentar la interacción entre los empleados.

9. Industria, innovación e infraestructura:

What: El noveno punto de desarrollo sostenible focaliza en fomentar la inversión en los sectores de industria, innovación e infraestructuras con el fin de impulsar el crecimiento económico. Esto es importante no solo para países menos

desarrollados, sino también para aquellos más desarrollados donde los cambios medioambientales y la eficiencia energética están impulsando la necesidad de este objetivo.

Why: Mejorando la infraestructura física y digital tiene un impacto positivo, haciendo a los productos más accesibles, transparentes y rentables. Esto genera empleos, aumenta la capacidad de producción y reduce la huella de carbono, así como también permite el uso de datos en las cadenas de producción.

How: Fomentar la investigación es clave para impulsar la sostenibilidad. En la era digital, la innovación no es solo una tarea interna, sino que ideas brillantes pueden venir de cualquier lugar y las personas están cada vez más dispuestas a compartirlas.

10. Reducción de las desigualdades:

What: El ODS 10 tiene como interés principal reducir las desigualdades entre y dentro de los países. A pesar de que los países menos desarrollados están haciendo progresos en la reducción de la pobreza, todavía existen grandes diferencias en el acceso a servicios esenciales como la educación y la salud. La desigualdad dentro de los países ha aumentado a pesar de una reducción en la desigualdad de ingresos entre los países.

Why: Trabajar para cumplir el ODS 10 puede brindar beneficios sociales y económicos a las empresas. Además, existen incentivos sociales que las empresas pueden aprovechar, lo que hace que valga la pena considerar el riesgo de actuar sobre este tema. La desigualdad salarial es un problema que se ha vuelto cada vez más importante en la sociedad. Las empresas pueden utilizar este tema para diferenciarse de sus competidores y mejorar su reputación, ya que pocas empresas han hecho eco de este tema, lo que ofrece un potencial para ser pioneros en este ámbito.

How: Para contribuir a este objetivo, las empresas podrían invertir en nuevos mercados emergentes, como el de la salud, lo que a su vez les brindaría nuevas oportunidades comerciales y crearía nuevos grupos de trabajo. Además, la igualdad de oportunidades debe extenderse a toda la plantilla, ofreciendo

flexibilidad y asegurándose de que las personas que utilizan horarios flexibles no se vean afectadas financieramente. Por último, las empresas pueden usar sus propios productos y servicios para aumentar la igualdad.

11. Ciudades y comunidades sostenibles:

What: El objetivo número 11 focaliza en la importancia de las ciudades como un lugar para vivir, trabajar y desarrollar negocios. Sin embargo, debido a la naturaleza de las ciudades, también son más susceptibles al impacto negativo de desastres naturales, como el calor, las inundaciones y los huracanes, junto con la pobreza y la delincuencia. El objetivo es asegurar que las ciudades sean un lugar de oportunidades para todos, donde los ciudadanos tengan acceso a servicios básicos como la energía, el alojamiento y el transporte.

Why: Este objetivo se centra en la importancia de las ciudades, ya que más de la mitad de la población mundial vive en ellas, pero también son propensas a desastres naturales y otros impactos negativos como la contaminación y la expansión urbana. Las consecuencias incluyen la afectación al medio ambiente, la salud de los residentes y la economía de la ciudad. El punto 11 trata de asegurar que las ciudades sean lugares de oportunidades para todos.

How: La tecnología y la innovación son fundamentales para desarrollar ciudades y comunidades sostenibles y alcanzar el ODS 11. En este sentido, el Internet de las Cosas y los edificios corporativos sostenibles son dos ejemplos concretos de cómo se puede avanzar en esta dirección. El Internet de las Cosas permite el uso de sensores de bajo costo y la disponibilidad de comunicaciones inalámbricas para modernizar hogares y edificios corporativos. Por otro lado, los edificios corporativos sostenibles pueden tener un impacto significativo en la reducción de emisiones de carbono, al mismo tiempo que se generan ahorros en costos y se fomenta la responsabilidad social empresarial.

12. Producción y consumo responsables:

What: El objetivo 12 de Desarrollo Sostenible se enfoca en mejorar la eficiencia en el uso de los recursos y la energía tanto en la producción como en el consumo. Esto no solo es una responsabilidad empresarial, sino que también involucra a los consumidores. Es importante hacer más con menos y avanzar hacia una economía circular para mantener nuestro nivel de vida.

Why: Aunque algunas organizaciones han adoptado medidas para reducir su huella de carbono por motivos económicos, todavía hay muchas oportunidades desaprovechadas, como el ahorro de energía a través de bombillas de bajo consumo. Hay una tendencia en las empresas a asumir la responsabilidad del impacto social, ecológico y económico, creando así valor económico y social.

How: Las empresas contribuyen a la sostenibilidad a través de la evaluación del de sus productos, la eficiencia energética y de recursos. La sensibilización de los clientes es crucial para minimizar las emisiones y preservar los recursos. La implementación de la economía circular supone un desafío, pero cada paso en la dirección correcta es valioso, y las empresas pueden comenzar con acciones pequeñas, como proporcionar medios para el reciclaje.

13. Acción por el clima:

What: Los países acordaron el Acuerdo de París en diciembre de 2015 en la COP21, con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global a 1,5 grados centígrados y reducir las emisiones para combatir el cambio climático. Este enfoque es el principal del ODS 13.

Why: El cambio climático afecta a todos los países y tiene consecuencias negativas en los ecosistemas, la salud y la seguridad, lo que afecta a las empresas. Los efectos pueden presionar los flujos de ingresos de las empresas, especialmente aquellos que dependen de la agricultura o el agua. El aumento de la temperatura puede disminuir los recursos hídricos o dañar los procesos agrícolas, lo que afecta a los proveedores.

Why: Las empresas deben comunicar a los inversores y accionistas la capacidad de respuesta a los riesgos del cambio climático en el reporting financiero. Además, los nuevos desarrollos tecnológicos pueden ayudar a las empresas a

reducir las emisiones al cambiar a la energía renovable. En este ODS los mercados de carbono toman un papel especial al permitir a las empresas comprar y vender créditos de carbono, lo que les brinda una flexibilidad para cumplir con los objetivos de reducción de GEI. Además, los mercados de carbono pueden generar fondos para la financiación de proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático en países en desarrollo.

14. Vida submarina:

What: El objetivo 14 de los ODS tiene como fin proteger los océanos, mares y biodiversidad marina, ya que estos tienen un gran valor económico y social en todo el mundo. Sin embargo, estos ecosistemas se ven contaminados por productos que afectan negativamente la salud de los seres vivos. Es necesario tomar medidas urgentes para limpiar los océanos y evitar que se conviertan en depósitos de residuos tóxicos.

Why: Por un lado, los consumidores están cada vez más conscientes de la contaminación plástica y la necesidad de proteger los océanos, lo que ofrece una oportunidad de mercado para las empresas que proporcionan productos sostenibles. Por otro lado, la introducción cada vez más frecuente de temas de sostenibilidad y responsabilidad social en la agenda política y regulatoria hace que sea esencial buscar materiales innovadores.

How: Es esencial seguir buscando otros materiales innovadores para mitigar el riesgo de no poder usar ciertos productos debido a regulaciones más restrictivas. Por otro lado, para cumplir el objetivo se pueden utilizar los residuos como recurso y eliminar el plástico, lo que no solo contribuye a reducir los costos de las empresas, sino que también aumenta la eficiencia.

15. Vida de ecosistemas terrestres:

What: Cada año, aumenta la degradación del suelo, la pérdida de tierras adecuadas para el cultivo, la sequía y la desertificación. El ODS 15 es importante para alcanzar el acuerdo de París para reducir el calentamiento

global. La naturaleza cíclica del ODS 15 lo relaciona con muchos otros y, por lo tanto, es importante para cualquier organización ponerlo en su lista de prioridades.

Why: El ODS 15 es fundamental porque la tierra es esencial para el crecimiento económico y el bienestar humano, en definitiva, otros ODS. Sin tierras de buena calidad, no se puede garantizar una buena salud y alimentación. Además, el ODS 15 es clave para la supervivencia de muchas empresas, especialmente las que dependen de la actividad agrícola, como la industria del café.

How: Para proteger la vida en la tierra y alcanzar el ODS 15, las empresas pueden fomentar el abastecimiento sostenible a través de la compra de materias primas y suministros con etiquetado responsable y desarrollar prácticas de reciclaje adecuadas, lo que contribuirá a reducir el vertido y la contaminación del medio ambiente.

16. Paz, justicia e instituciones sólidas:

What: El ODS 16 busca promover sociedades justas e integradoras con acceso a la justicia a través de instituciones en todos los niveles. Aunque pueda parecer exclusivo de los gobiernos, la rápida evolución tecnológica escrutinio público hace que sea difícil para los reguladores mantenerse al día, lo que lo convierte en responsabilidad de las empresas y del gobierno.

Why: Las empresas necesitan ser transparentes y éticas ya que cada vez más consumidores y grupos de interés valoran los valores corporativos. La información de las empresas y proveedores debe ser pública para cumplir con el ODS 16. Ser responsable de las acciones de la organización es importante y ser transparente es cada vez más valorado por el público.

How: Este objetivo enfatiza la importancia de la transparencia y la ética empresarial, ya que la demanda del público y los inversores por información veraz y accesible sobre las empresas y sus proveedores ha aumentado. Compartir información financiera y no financiera y elevar los estándares de los proveedores son dos puntos esenciales para evaluar el desempeño y el gobierno corporativo y crear instituciones sólidas y sostenibles.

17. Alianzas para lograr los objetivos:

What: Este último objetivo busca fomentar la colaboración y la cooperación entre los distintos sectores, tanto el público como el privado, con el fin de alcanzar los demás objetivos de desarrollo sostenible. Se trata de encontrar la unión de esfuerzos de todas las organizaciones, incluyendo personas, empresas, gobiernos y sociedad civil, para lograr objetivos comunes.

Why: La cooperación en áreas como finanzas, tecnología, comercio, políticas y alianzas es clave para el éxito. Además, las asociaciones no solo benefician a la sociedad en su conjunto, sino también a los agentes involucrados, generando nuevas oportunidades de mercado y empleo. Trabajar juntos por un objetivo común puede lograr soluciones más poderosas y eficaces que cuando se actúa solo.

How: Es importante la cooperación entre el sector público, privado y la sociedad civil para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible. Las alianzas pueden beneficiar a todas las partes involucradas y permitir que los impactos de los esfuerzos sean mayores.

2.3.2 Agenda de Acción Climática de las Naciones Unidas

La agenda de acción climática de las Naciones Unidas es un plan de acción global que busca limitar el aumento de la temperatura global a no más de 2 grados Celsius y, si fuese posible, a 1,5 grados Celsius por encima de los niveles preindustriales. Este plan de limitación del aumento de la temperatura fue adoptado en el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático (UNIDAS, 2015).

La Agenda encuentra su propósito en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, el aumento de la resiliencia y fortaleza frente al cambio climático y financiar aquella acción climática en todo el mundo. Esta agenda incluye diferentes medidas como la transición a una economía de abajas emisiones de carbono, la

adopción de energías renovables y verdes, la restauración y cuidados de los bosques y ecosistemas y la acción de promover prácticas agrícolas sostenibles con el fin de lograr los objetivos propuestos.

La Agenda de Acción Climática es un llamado a la acción global con un único propósito, proteger el planeta y preservarlo para las futuras generaciones. En ella se incluyen mecanismos de supervisión para garantizar que los países cumplan con sus compromisos climáticos y progresen combatiendo frente al cambio climático. Esta agenda alienta a las empresas a tener una responsabilidad social corporativa y contribuir con el logro de los objetivos de la Agenda de Acción Climática (Sarmad, 2018).

3. Mercados de carbono

3.1. Definición de los mercados de carbono

Los mercados de carbono son un mecanismo económico social que ha sido instaurado para abordar y mitigar el problema del cambio climático, mediante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero también conocidas como GEI (Ellerman, 2005). Estos mecanismos se construyen en base a que las emisiones de gases de efecto invernadero tienen un valor social, pero sobre todo y como parte fundamental de los mercados de carbono, un valor económico y que, por tanto, puede ser comercializado (Europea, Web oficial de la Unión Europea, 2023). Estas emisiones se intercambian teniendo como activos los créditos de carbono. Un crédito de carbono representa una reducción de GEI equivalente a una tonelada de dióxido de carbono (CO₂) o el equivalente a eso en otros gases de efecto invernadero. Los créditos de carbono son intercambiados en un mercado de carbono y esto permite que las empresas necesitadas de compensar sus emisiones, adquierir esos bonos a otras empresas que se hayan logrado reducciones de emisiones (Murray, 2004).

Así, se incentiva a las empresas a la reducción de emisiones y la compensación de estas mediante la creación de los mercados de carbono, donde el precio de los bonos de carbono se establece en función a la oferta y la demanda y a otros factores en los cuales

entraremos en detalle más adelante (Jung, 2021). Los mercados de carbono son un mecanismo complementario a las políticas que se imparten desde los organismos políticos.

Los mercados son conocidos por ser un tipo de sistema de límites y comercio (cap and trade, en inglés). Estos sistemas, también conocidos como tope y trueque, establecen un límite o tope máximo de emisiones de gases de efecto invernadero y se otorgan permisos o créditos de emisiones a las empresas que participan en el sistema (Institute, 2020). Este tope con el tiempo se va reduciendo y por tanto el total de emisiones se ven disminuidas.

Dentro de este límite es donde se crea el mercado de carbono y donde las empresas que necesitan compensar sus emisiones se ven en la tarea de reducirlas y aquellas empresas que se dedican a la reducción, pueden ayudar a la compensación. (Europea, Web oficial de la Unión Europea, 2023)

Esto también hace que se fomenten iniciativas de reducción de emisiones y se invierta en tecnología sostenible y de bajas emisiones, proporcionando flexibilidad a las empresas y disminuyendo costes.

3.2. Origen y evolución de los mercados de carbono

El concepto de los mercados de carbono surgió en la década de 1990 en las negociaciones sobre el cambio climático y el Protocolo de Kioto. Este acuerdo internacional entro en vigor en 2005 y fue el pionero de establecer objetivos de reducción en los países industrializados de emisiones de GEI en un 5,2% con respecto a los niveles de 1990. Uno de los mecanismos utilizados fue el Mecanismo de Desarrollo Limpio (Mauricio Ledezma Rodríguez, 2013). Este mecanismo permitía a estos países afectados obtener créditos de carbono por financiar proyectos de reducción de carbono en países en desarrollo. De esta forma se conseguía abordar los objetivos de reducción del Protocolo de Kioto (Lucatello, 2012).

En 2007 se creó el European Union Emissions Trading System (EU ETS), y con ello se creó el primer sistema de comercio de emisiones a nivel regional. Este sistema ha ido

evolucionando e involucrando desde industrias pesadas a otros sectores (European Comission, 2015).

En 2015 tiene lugar el Acuerdo de París. Este acuerdo internacional tenía como principal objetivo combatir el cambio climático, limitando el aumento de la temperatura a menos de 2 grados Celsius por encima de los niveles preindustriales. En este acuerdo los mercados de carbono fueron reconocidos como un pilar para lograr los objetivos y su importancia, lo que alentó a las empresas a su uso (UNFCCC, 2015).

Por último, en 2020 la UE presentó el European Green Deal. Este tratado se compone de una hoja de ruta para convertir Europa en el primer continente climáticamente neutro para 2050. Dentro de los objetivos, la Comisión Europea presenta la ambición de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en al menos un 55% para 2030, en comparación con los niveles de 1990 (Michaelowa, 2017). Por ello, se espera que la demanda de los créditos de carbono aumente y se fomente la cooperación para aumentar también la calidad de estos mercados (Europea, El Pacto Verde Europeo, 2019) .

A partir de entonces, los mercados de carbono han ido evolucionando y se han expandido a nivel mundial con la creación de otros sistemas de comercio. Además, gracias a la aparición de empresas que se dedican a la emisión de bonos de carbono, las empresas han visto una forma de reducción de GEI y han desarrollado nuevos acuerdos y formas de reducir su huella de carbono. Por otro lado, merece la pena explicar que las emisiones de GEI han ido aumentando a lo largo de los años de manera global y esta es la causa principal de cambio climático y en consecuencia, la aparición de los mercados de carbono (Datos Macro, 2021).

3.3. Funcionamiento de los mercados de carbono

Los mercados de carbono son una herramienta de lucha contra el cambio climático. Funcionan haciendo que las empresas y los países compren y vendan créditos de carbono en representación a la reducción de una tonelada de gases de GEI por cada crédito de carbono.

Las empresas en su día a día realizan actividades que generan emisiones de gases de efecto invernadero. Estas emisiones son de diferentes tipos en función del sector y la actividad empresarial. Podemos encontrar emisiones directas de fuentes estacionarias, emisiones de transporte, emisiones de refrigeración y aire acondicionado, y emisiones de residuos.

Para reducir estas emisiones y mitigar su impacto en el cambio climático, las empresas pueden implementar medidas de eficiencia energética, utilizar fuentes de energía renovable, reducir el consumo de energía y adoptar prácticas de gestión de residuos sostenibles, donde encontramos los mercados de carbono (Alonso, 2022).

Por otra parte, hay empresas que generan reducciones de emisiones de GEI y pueden vender bonos de carbono en los mercados de carbono. Por ejemplo, empresas forestales que se dedican a la restauración de los bosques, puede vender bonos de carbono generados por sus proyectos forestales con la absorción de CO_2 y la liberación de O_2 . Estas empresas son desarrolladoras de proyectos de absorción de GEI.

3.3.1 Tipos de proyectos climáticos que generan créditos de carbono

Los proyectos climáticos son proyectos que se enfocan en la eliminación de gases de efecto invernadero de la atmósfera (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, 2019). Existen diferentes tipos de proyectos que generan bonos de carbono en función de los sectores de actividad:

1. Soluciones basadas en la naturaleza (AFOLU):

- **Reforestación:** Los proyectos de reforestación generan créditos de carbono al absorber y almacenar dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera a medida que los árboles crecen. Estos créditos se basan en la diferencia entre las emisiones de CO_2 que se habrían producido si no se hubiera llevado a cabo la reforestación y la cantidad de CO_2 que efectivamente se ha absorbido y almacenado en la biomasa forestal.
- **REDD+:** En el caso de la protección del ecosistema (REDD+), los créditos de carbono se generan al evitar la deforestación y la degradación de los bosques, lo que implica la retención de carbono en la biomasa y el suelo forestal. Los créditos se emiten en función de la cantidad de emisiones de

CO₂ que se han evitado, en comparación con una línea base que refleja las tasas históricas de deforestación y degradación (Amy E Duchelle, 2018).

- **IFM:** En la gestión forestal mejorada (IFM), los créditos de carbono se generan mediante la adopción de prácticas de gestión forestal que aumenten el crecimiento y la capacidad de almacenamiento de carbono de los bosques, como la reforestación, la regeneración natural y la mejora de la calidad de la gestión forestal. Los créditos son emitidos dependiendo del carbono adicional almacenado en la biomasa y el suelo forestal, en comparación con una línea base que refleja las prácticas de gestión forestal anteriores.
- **Agricultura sostenible:** En la agricultura sostenible, los créditos de carbono se generan mediante la adopción de prácticas agrícolas que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y aumenten la capacidad de almacenamiento de carbono en el suelo, como la reducción del uso de fertilizantes, la rotación de cultivos y el cultivo sin labranza. Los créditos se emiten en función de la cantidad de emisiones evitadas y/o la cantidad de carbono adicional almacenado en el suelo (Luca Testi, 2020).

2. Energía limpia, eficiencia energética y procesos industriales

- **Energía Renovable:** Los proyectos de energía renovable generan créditos de carbono al producir energía a partir de fuentes renovables, como la energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica o de biomasa. Estos proyectos generan créditos de carbono al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que se habrían generado al producir energía a partir de combustibles fósiles (Sanchez, 2020).
- **Proyectos de eficiencia energética y proyectos industriales:** Estos proyectos pueden generar créditos de carbono cuando reducen las emisiones de GEI mediante la implementación de tecnologías y prácticas más eficientes. Por ejemplo, un proyecto de eficiencia energética en un edificio puede reducir las emisiones de GEI al mejorar el aislamiento, cambiar las bombillas por LED o actualizar los sistemas de calefacción y refrigeración.

3. Proyectos domésticos y comunitarios:

- **Soluciones de cocina limpia:** Los proyectos de soluciones de cocina limpia reemplazan los combustibles fósiles, como la leña y el carbón, por tecnologías más limpias y eficientes, como estufas mejoradas, biogás y energía solar térmica. Estas soluciones pueden reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la salud de las personas al reducir la contaminación del aire en el hogar.
- **Proyectos de acceso a agua limpia:** Los proyectos de acceso a agua limpia pueden generar créditos de carbono al proporcionar acceso a fuentes de agua limpia y segura, como la construcción de sistemas de agua potable, la implementación de técnicas de conservación de agua y la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

3.3.2 Categorización de los tipos de créditos de carbono

En función del tipo de proyecto, se pueden emitir diferentes tipos de créditos de carbono en función del sector y la actividad.

1. Mitigar

Los créditos de carbono que se consiguen mediante la mitigación de emisiones son aquellos que son generados debido a la acción de reducir o evitar la liberación de GEI. La mitigación de emisiones se realiza para disminuir la huella de carbono y reducir el impacto del cambio climático. Esto puede lograrse mediante la adopción de prácticas y tecnologías más limpias y eficientes en los procesos industriales, la generación de energía y el transporte, así como mediante la conservación y restauración de los ecosistemas (Pozo, 2016). Hay dos tipos de acciones en la mitigación:

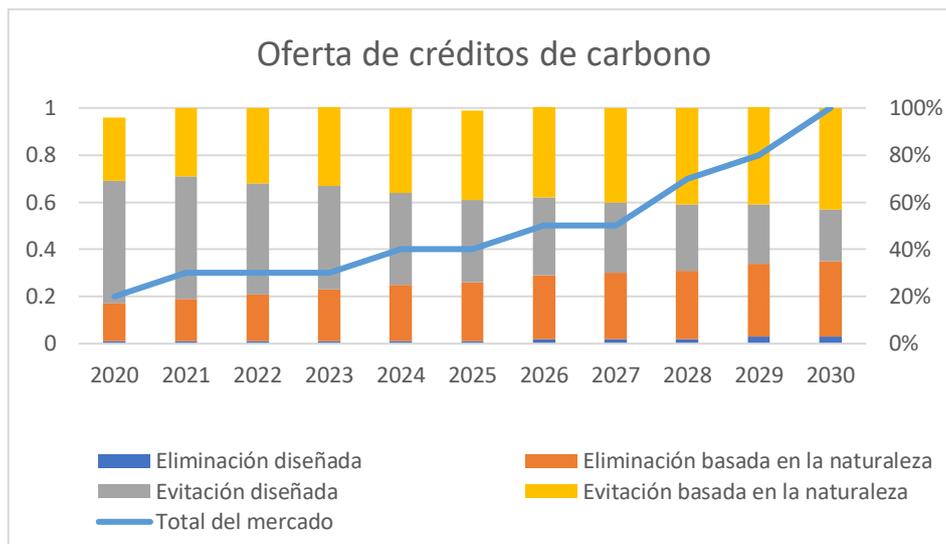
- **Reducir:** La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) consiste en disminuir la cantidad de gases que se emiten a la atmósfera y que contribuyen al calentamiento global y al cambio climático. Para lograr esto, es necesario implementar medidas que permitan reducir o evitar la emisión de GEI en actividades como la producción de energía renovable en lugar de combustibles fósiles, el transporte, la agricultura, la industria, entre otras.

- **Evitar:** Implica tomar medidas para prevenir la emisión de estos gases a la atmósfera. Esto se puede lograr mediante la adopción de tecnologías más limpias y eficientes, la mejora de procesos y prácticas de producción, la reducción del consumo de energía y el uso de fuentes de energía renovable.

2. Eliminar

La eliminación de emisiones de carbono significa eliminar completamente la liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Esto se puede lograr mediante la adopción de tecnologías y prácticas que no emiten gases de efecto invernadero, como el uso de energías renovables en lugar de combustibles fósiles, la mejora de la eficiencia energética, la eliminación de residuos sin emisiones de gases de efecto invernadero, y la adopción de prácticas agrícolas sostenibles.

Sabiendo ya los tipos de créditos y de proyectos, podemos analizar la tendencia futura y presente de la oferta de créditos de carbono. Estos bonos de carbono y proyectos de absorción cada día avanzan más en camino a abordar soluciones naturales a medida que la adicionalidad de las fuentes renovables se ve disminuida. El principio de adicionalidad es un principio que establece que las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero que se realizan en proyectos de mitigación de carbono deben ser adicionales a las reducciones que se habrían producido de todas maneras. Esto significa que las reducciones de emisiones no deben estar basadas en actividades que ya estaban en marcha antes del proyecto. Por un lado, tenemos las soluciones basadas en la naturaleza, encontramos la evitación basada en la naturaleza y la eliminación basada en la naturaleza, sin duda siendo esta última la más tendenciosa a futuro. Por otro lado, encontramos las soluciones de ingeniería, las cuales se dividen en evitación y eliminación diseñadas. En este gráfico podemos observar cómo, con respecto al total de toneladas ofertadas, las toneladas basadas en proyectos de evitación diseñada han disminuido en estos años y se prevé que continúe siendo así. Asimismo, la oferta de proyectos de evitación y eliminación basada en la naturaleza crece a un gran ritmo, lo que nos indica este porvenir en la tendencia de la oferta de proyectos de absorción (BCG, 2023).



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (BCG, 2023)

3.3.3 Proceso de certificación de los proyectos de absorción

El proceso de certificación de proyectos de carbono es una tarea minuciosa que se centra en garantizar la integridad ambiental y la credibilidad de los mercados de carbono. La certificación se lleva a cabo mediante una evaluación crítica de las actividades de reducción o eliminación de emisiones de GEI. Por ello, las empresas certificadoras de proyectos llevan a cabo procesos exhaustivos de validación y verificación de los proyectos (Gold Standard, 2021).

Para que un proyecto sea certificado, debe tener unos planes de proyecto, se tiene que poder medir la cantidad de emisiones reducidas o eliminadas y se tiene que poder demostrar la adicionalidad del proyecto. Si una empresa desea certificar su proyecto de absorción de carbono, debe seguir un proceso de verificación y validación de acuerdo con los estándares establecidos por la organización certificadora.

Estas empresas suelen seguir los siguientes pasos:

- Planificación del proyecto: La empresa debe el proyecto de absorción de carbono, estableciendo objetivos claros y definidos, identificando los proyectos específicos que se llevarán a cabo y estableciendo un cronograma.

- Monitoreo y medición: Es necesario establecer un sistema de monitoreo y medición de las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan por el proyecto y de la cantidad de CO₂ que se está absorbiendo (Lobos, 2005). Para ello, se pueden utilizar diferentes metodologías, herramientas y tecnologías, según el tipo de proyecto (Acosta, 2001).
- Verificación de los datos: Una entidad de verificación totalmente independiente de la empresa certificadora debe revisar los datos que han obtenido y las metodologías empleadas para asegurar que sean precisos y confiables. En este paso hay un punto de dolor puesto que ciertas empresas utilizan empresas afines a ellos para verificar los proyectos (García-Calleja, 2012). Esto disminuye la confianza en los proyectos. Por ello las empresas deben de ser totalmente independientes y no tener ningún lazo que una a las entidades.
- Validación: Una vez que los datos han sido verificados, una entidad de validación independiente evalúa el proyecto para asegurarse de que cumpla con los estándares establecidos para la absorción de carbono.
- Emisión de créditos de carbono: Por último, cuando el proyecto ha sido validado, se emiten los créditos de carbono que pueden ser comercializados en los mercados de carbono. La emisión de créditos de carbono es un proceso que puede durar mucho tiempo. Hay que tener en cuenta que dependiendo de la tipología del sumidero de carbono (proyecto de absorción), las toneladas se emiten en diferentes periodos. Por ejemplo, un proyecto de reforestación debe tener en cuenta el crecimiento de los árboles, el clima, el país y la especie. Por ello, estos proyectos y estas emisiones pueden durar años.

Las principales empresas certificadoras de proyectos son:

- Verified Carbon Standard (VCS): Es una de las certificadoras más utilizadas y fiables puesto que ha verificado más de 2000 proyectos en más de 70 países distintos. Esto representa una reducción superior a las 500 millones de toneladas de Co₂.

- Gold Standard (GS): Esta certificadora es una organización que fue fundada en 2003 y que ha certificado más de 1400 proyectos desde entonces, lo que equivale a más de 100 millones de toneladas de Co2.
- American Carbon Registry (ACR): Esta empresa certificadora, es líder del programa de proyectos registrados del “California’s Cap and Trade Program” y ha emitido más de 200 millones de créditos de carbono.
- Climate Action Reserve (CAR): Esta empresa se dedica a promover la reducción de emisiones a partir de la certificación de proyectos de carbono, así como un registro de estas emisiones verificadas. Se han registrado más de 10 millones de toneladas en más de 500 proyectos.
- Cercarbono: Esta empresa española está especializada en proyectos de reducción y absorción de emisiones de carbono. Ofrecen tanto servicios de verificación como de certificación. Aunque no son tan grandes como las anteriores, han certificado en torno a 170 proyectos de carbono, equivalente a 30 millones de toneladas.
- AENOR: Otra de las empresas españolas líderes en la certificación y evaluación de diferentes ámbitos. Entre sus especialidades se encuentran los créditos de carbono. AENOR destaca por su minuciosa y crítica metodología que ofrece gran fiabilidad a sus proyectos, que según su sitio web ha certificado más de 3 millones de créditos de carbono en todo el mundo y está creciendo a gran escala.

Estas empresas de certificación son contactadas por las empresas desarrolladoras de proyectos de absorción con el único propósito de que sus proyectos de las diversas tipologías vistas anteriormente sean verificados y certificados. De esta forma, estos proyectos pueden pasar a ser un “producto” que pueden comercializar, con la tonelada de carbono como activo.

Las empresas que necesitan compensar sus emisiones contactan con las diferentes entidades o administraciones para calcular su huella de carbono. En el caso de España, las empresas calculan su huella de carbono en base a la normativa y los estándares establecidos por el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Registro Nacional de Huella de Carbono, Compensación y Proyectos de Absorción de CO2 (MITERD, 2022). Este proceso consiste en identificar y cuantificar

todas las emisiones de GEI a lo largo de su actividad y su cadena de valor. Tras cuantificarlas, se procede a la verificación y validación de las emisiones. En España, la empresa puede optar por hacerlo público en el Registro Nacional de Huella de Carbono, Compensación y Proyectos de Absorción de CO₂ con el fin de tener transparencia.

Tras haber calculado su huella de carbono, las empresas que quieren compensar sus emisiones de GEI entran al mercado de carbono demandando créditos de carbono que las empresas que ofertan dicho activo pueden comercializar. Así, las empresas reciben un título que certifica su reducción de emisiones y que, con el fin de cumplir con los objetivos sociales y medioambientales, buscan la neutralidad de su empresa o lo que se conoce por ser “net zero”. En el caso de España, esto va en línea con la estrategia de descarbonización a 2050. La Estrategia de Descarbonización a 2050 será revisable cada cinco años e incluirá, al menos, un objetivo intermedio de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero indicativo en 2040. La Estrategia de Descarbonización a 2050 será aprobada mediante real decreto del Consejo de ministros (Meer, 2022).

3.4. Tipos de mercados de carbono

Los tipos de mercados de carbono están determinados en función a la predisposición de las empresas a la hora de compensar sus emisiones y el alcance geográfico de las regulaciones que los rigen y los mecanismos de fijación de precios que utilizan. Dependiendo del país y las normativas, las empresas operan en los diferentes tipos de mercados.

3.4.1. Mercado Obligatorio

Los obligatorios de carbono, también conocido como mercados regulados, son mecanismos donde los participantes están obligados a cumplir con unos límites máximos estipulados de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos límites están establecidos por la regulación de cada país, teniendo un alcance y unas obligaciones dependientes del área de actuación y de cómo los gobiernos nacionales o regionales han establecido dichos límites. Con el fin de alcanzar dichos límites las empresas pueden optar por diferentes caminos de cumplimiento. Por ejemplo, pueden adquirir créditos de

carbono, desarrollar tecnologías más limpias y sostenibles o llevar a cabo acciones que impliquen reducciones de GEI.

A través de este sistema, se emiten permisos de emisión que permiten a las empresas emitir una cantidad limitada de GEI. Estos permisos pueden ser intercambiados entre las empresas y se pueden comprar y vender en el mercado. Si una empresa emite menos GEI de lo que se le permite, puede vender los permisos no utilizados en el mercado, mientras que, si emite más, debe comprar permisos adicionales.

Los mercados regulados de carbono tienen unos subtipos que pueden variar dependiendo del país o región:

- ❖ Esquema de comercio de emisiones (ETS): En este tipo de mercado regulado de carbono, se establecen unos límites máximos de emisiones para determinadas industrias en específico y se emiten permisos de emisión que pueden ser comercializados.

El mejor ejemplo de ETS es el Sistema de Comercio de emisiones de la Unión Europea (EU ETS), introducido en el 2005. Es un sistema cap and trade y en el caso de este mercado, el límite de emisiones se va reduciendo cada año hasta llegar el año 2030 a un límite de un 43% menor que en 2005 (Yuliya Lovcha, 2022). El concepto "Cap" se refiere al límite máximo de emisiones permitidas para cada Estado miembro de la Unión Europea, sin ser penalizados. Si se supera este límite, se aplican sanciones, pero el esquema ofrece incentivos importantes para que los Estados puedan reducir sus emisiones de CO₂ y evitar dichas sanciones (Stavins, 2008). El término "Trade" se relaciona con la transferencia de derechos de emisión entre los participantes del mercado, lo que incentiva a las empresas a invertir en maquinaria y equipos más eficientes y a reducir las emisiones de CO₂ a un costo bajo para el planeta (European Commission, 2015).

Este mercado abarca alrededor del 45% de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE. De este modo, se incentiva a las empresas a emitir por debajo del límite y así poder comercializar las toneladas de Co₂ restantes.

Las fases del EU ETS se han desarrollado en las siguientes etapas:

1. Fase 1 (2005-2007): Esta primera fase fue de aprendizaje y preparación de la fase 2 con el fin de cumplir los objetivos del Protocolo de Kioto. Con esta fase se cubrieron las emisiones de pocas industrias. Desde el año 2005, la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto ha hecho que el mercado de carbono tenga una regulación obligatoria y deje de ser respaldado voluntariamente por algunas empresas y países que anteriormente habían asumido compromisos con la creencia de que el Protocolo no era vinculante (Lafferriere, 2008). Además, las asignaciones de reducción de emisiones a las empresas fueron gratuita en su mayoría, con una multa de incumplimiento de 40€ por tonelada. Además, las emisiones se calcularon por estimaciones por falta de datos. A pesar de ello, destacó el establecimiento de un precio al carbono y la creación de una infraestructura necesaria y el mercado de emisiones entre los miembros de la UE. El precio al carbono es el costo que se aplica a las emisiones de gases de efecto invernadero, con el objetivo de incentivar la reducción de emisiones. Este precio puede ser establecido por los gobiernos o por los mercados de carbono (Kallhauge, 2021).
2. Fase 2 (2008-2012): La segunda fase destaca por la bajada del límite en las emisiones, se unieron tres nuevos países y se redujo la proporción de asignaciones gratuitas y aumento la multa por incumplimiento. Se añadió el sector de aviación y el registro paso de ser el regional a ser el registro de la Unión. Debido a la crisis, hubo una bajada inesperada de las emisiones y resulto en la bajada del precio de los créditos (Lozano, 2021).
3. Fase 3 (2013-2020): En esta última fase la principal novedad fue la introducción de un límite de emisiones para la UE en lugar de tener límites nacionales.

Según los reportes anuales del mercado de carbono del Banco Mundial, las emisiones pasaron de 321 millones de derechos en 2005 a 1.100 millones en 2006 y 2.100

millones en 2007. En la fase 2 siguieron aumentando hasta representar en 2010 el 84% del valor total de mercado mundial del carbono, pasando a ser negociados en 2012, 7.900 millones de derechos de emisión (Sistema de Comercio de Emisiones de la UE (EU ETS), 2021).

- ❖ **Impuesto sobre el carbono:** Es un mecanismo económico que busca conseguir la internalización de los costes de las emisiones de carbono en los precios de los productos y servicios de los países en los que se aplica el impuesto. Se trata de la imposición de una tasa a las emisiones de dióxido de carbono y otros GEI y así, incentivar la reducción de emisiones. Esto, no requiere un mercado de carbono y por tanto las emisiones no se comercializan.

El impuesto al carbono se basa en el principio de que aquel que contamina, paga, es decir, las empresas que emiten GEI son responsables de pagar el daño que causan. Muchas naciones aplican los precios del carbono de formas diferentes. Por ejemplo, Suecia fue el primer país en promulgar un impuesto sobre el carbono en 1991, mientras que Canadá y otros países lo han hecho recientemente (Macarena Larrea Basterra, 2020).

En general, la necesidad de reducir las emisiones de GEI para atenuar los efectos del cambio climático ha impulsado el establecimiento de impuestos sobre el carbono. Varios expertos creen que el precio del carbono es uno de los mejores métodos para reducir las emisiones de GEI, ya que anima tanto a las empresas como a los consumidores a buscar formas de reducir sus emisiones (De Micheli, 2006).

3.4.2. Mercado Voluntario

En el mercado voluntario las empresas actúan dentro de un sistema de comercio de emisiones regido por las reglas y normas no vinculantes y no reguladas por ningún gobierno. A diferencia del mercado regulado de carbono, las compensaciones son opcionales.

En este mercado las instituciones o empresas que quieran compensar sus emisiones pueden comprar o vender los créditos de carbono. Dichos créditos de carbono se crean a partir del desarrollo de proyectos que reducen o eliminan las emisiones de GEI. Estos proyectos pueden ser de diferentes tipologías como por ejemplo de energía renovable, proyectos de reforestación y conservación de suelos y bosques captura y almacenamiento de carbono. Además, en el mercado voluntario no existen límites establecidos en la cantidad de bonos de carbono que se pueden generar. Por tanto, al ser ilimitados, el precio del crédito está establecido en base a la oferta y la demanda y la calidad de cada proyecto de absorción (Climate Trade, 2023).

Gracias al aumento de la conciencia social, el mercado voluntario de carbono ha crecido significativamente en los últimos años y se ha visto reflejado en el aumento de la demanda por parte de empresas y organizaciones que buscan reducir su impacto ambiental y mejorar su imagen. Debido a la voluntariedad del mercado, el beneficio que las empresas consiguen es el reconocimiento de haber compensado sus emisiones de manera voluntaria y, por consiguiente, mejorar su imagen corporativa.

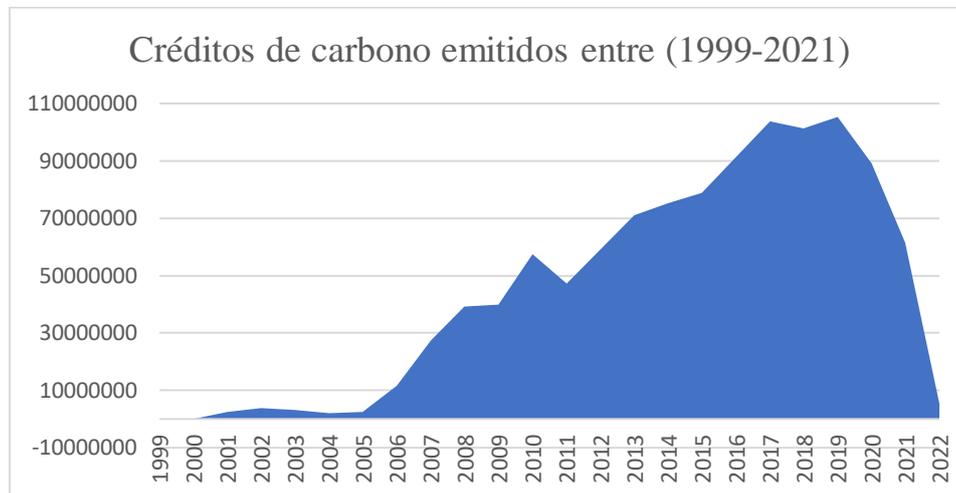
Uno de los grandes ejemplos de compensación voluntaria es la creación de bosques corporativos donde las empresas, junto a una desarrolladora de productos, crean y le ponen nombre a su propio bosque a través del cual, además de compensar sus emisiones, realizan campañas de marketing para la empresa.

Los principales mercados voluntarios de carbonos son los siguientes:

- ❖ Verified Carbon Standard (VCS): También conocido como el Registro Verra o Verra Registry”, también ha sido mencionado en las certificadoras de proyectos. A su vez, VCS contiene un registro que es uno de los programas de reducción de emisiones más utilizados del mundo debido a su alta calidad de proyectos (Verra , 2023).

En este registro, al tener a disposición los datos públicamente suministrados y accesibles podemos descargar un fichero Excel y observar directamente la evolución de créditos de carbono emitidos en proyectos a lo largo del tiempo. En esta gráfica podemos observar que los créditos de carbono se empezaron a emitir desde 1999 a pesar de que el registro de Verra es posterior (2006). Esto se debe a que los proyectos se registran una vez son verificados y certificados y, por tanto,

imaginemos que un terreno fue reforestado en 2004. Tiene que pasar un proceso de verificación y validación hasta que, posteriormente queda reflejado en el registro y es posible compensar las emisiones con dichas toneladas de carbono.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (Verra , 2023)

- ❖ **Gold Standard:** También mencionado en los certificadores de proyectos, Gold Standard tiene también a disposición pública un registro donde se administran proyectos de diferentes tipologías. En este registro podemos encontrar desde la plataforma de compensación de la ONU a una empresa de un individual que oferta créditos de carbono (Gold Standard , 2023).
- ❖ **American Carbon Registry (ACR):** Este mercado de carbono es uno de los primeros mecanismos voluntarios de reducción de emisiones de GEI de América del Norte. Desde su nacimiento, ha desarrollado estándares y metodologías para la medición, registro y verificación de proyectos de reducción de emisiones (American Carbon Registry, 2023).
- ❖ **Climate Action Reserve (CAR)** es otro de los registros voluntarios de compensación de carbono con sede en Estados Unidos fundado en 2001. Como organización sin ánimo de lucro, busca la reducción de emisiones de GEI y la implementación de proyectos de absorción y mitigación (Climate Action Reserve, 2021). Esta

organización certifica y verifica estos proyectos de diferentes tipologías y además ofrece asistencia para desarrolladores de proyectos a cumplir con los estándares de verificación y certificación (Climate Action Reserve, 2023)

- ❖ **Plan Vivo:** El Plan Vivo es un programa voluntario de compensación de carbono que fue creado en el 2004 por la ONG “The Plan Vivo Foundation”. Se enfoca en la compensación de gases de efecto invernadero con proyectos de absorción en comunidades locales promoviendo prácticas sostenibles que reduzcan las emisiones de GEI y además brinden beneficios sociales, como ofrecer puestos de trabajo a las comunidades en desventajas (Plan Vivo, 2023). Su impacto ha superado los 7 millones de toneladas de Co2 reducidas, las 850 comunidades implicadas en sus proyectos y las 265.000 hectáreas bajo control (IHS Markit, 2023) .

Programas "voluntarios" de compensación de emisiones (gestionados por ONG)	Cobertura geográfica	Etiqueta utilizada para los créditos de compensación
American Carbon Registry	Estados Unidos, Internacional	Emission Reduction Tonne (ERT)
Climate Action Reserve (CAR)	Estados Unidos, México	Climate Reserve Tonne (CRT)
The Gold Standard	Internacional	Verified Emission Reduction (VER)
Plan Vivo	Internacional	Plan Vivo Certificate (PVC)
The Verified Carbon Standard	Internacional	Verified Carbon Unit (VCU)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (Carbon Offset Guide , 2020)

En esta tabla podemos ver para los diferentes mercados voluntarios de carbono y programas de compensación de carbono, la etiqueta que se utiliza para sus proyectos de compensación y además la cobertura geográfica a nivel internacional (Carbon Offset Guide , 2020).

3.4.3. El mercado voluntario-regulado

El mercado voluntario-regulado de carbono es un tipo de mercado de carbono que combina elementos tanto del mercado voluntario como del mercado regulado.

Por una parte, en el mercado voluntario los proyectos reducen las emisiones de carbono de forma voluntaria sin ninguna regulación y, por tanto, los créditos de carbono generados pueden ser vendidos a aquellos que los demanden. Por otro lado, el mercado regulado se encuentra regido bajo unos estándares y requisitos establecidos por un gobierno en un marco nacional o regional donde los créditos de carbono se utilizan para cumplir con los compromisos de reducción de emisiones.

El mercado de créditos de carbono voluntarios permite a los proyectos cumplir los requisitos del mercado regulado y, al mismo tiempo, vender créditos de carbono en el mercado voluntario, lo que les da la oportunidad de obtener ingresos adicionales. Los proyectos tienen más flexibilidad y la posibilidad de obtener más beneficios vendiendo créditos de carbono en ambos mercados. Por lo tanto, puede haber una mayor demanda de créditos de carbono de proyectos que cumplan tanto los requisitos del mercado regulado como los del mercado voluntario (Axel Michaelowa, 2019). Es importante señalar que los programas de mercados voluntarios de los distintos países pueden tener normas y requisitos diferentes para producir y vender créditos de carbono.

Actualmente son varios los países en los cuales esta tipología de mercado se está desarrollando. A pesar de ello, es mucho menos común que el mercado voluntario o regulado por separado. Algunos de los países son:

1. Brasil: Con el programa de Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Agricultura (ABC). Esto fue lanzado en 2010 como un ejemplo de mercado voluntario-regulado en Brasil (Fernández García, 2014). Este programa incentiva a los agricultores a adoptar prácticas sostenibles y reducir las emisiones de GEI, generando créditos que pueden vender en el mercado regulado.
2. México: Se desarrolló el Programa de Carbono Neutralidad como ejemplo de mercado voluntario-regulado en 2012 (Ranero, 2018). Permitió a las empresas mexicanas compensar sus emisiones de GEI con las compraventa de créditos de carbono que cumplen con los criterios del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto (Rontard, 2020).
3. Colombia: En Colombia, se han establecido mecanismos que han hecho que el mercado voluntario-regulado sea una alternativa útil para las empresas que

quieren compensar sus emisiones. EL Programa de Acción Nacional del Cambio Climático (PANCC) fomenta la venta de créditos de carbono y la compra de estos tanto en el mercado regulado como en el voluntario.

3.4.4. Caso Colombia

Tras haber recopilado información y haber estudiado los casos de los países donde los mercados de carbono están muy presentes, he llegado a la conclusión que Colombia es uno de los países que llaman la atención a la hora de observar el desarrollo de sus mercados y la compraventa de sus créditos de carbono.

Por su situación geográfica y sus recursos naturales, Colombia es un mercado destacado en los mercados del carbono. El país tiene muchos bosques y biodiversidad, lo que lo convierte en un excelente candidato para proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y preservación de la biodiversidad. Una diferencia la podemos encontrar en la rapidez a la que crecen los ecosistemas en Colombia, un ejemplo de ello puede ser el crecimiento de una de las especies más plantadas para mitigación de gases de efecto invernadero como son los eucaliptos. El tiempo que tarda un eucalipto en crecer puede variar dependiendo de varios factores, como el clima, la calidad del suelo y la especie de eucalipto. En Colombia, el tiempo que tarda un eucalipto en crecer puede ser diferente debido a las diferentes condiciones climáticas y de suelo. En algunas regiones de Colombia, los eucaliptos pueden crecer más rápido debido a las condiciones favorables de crecimiento pudiendo tardar en torno a los 7 y 10 años mientras que en Galicia, España con unas condiciones diferentes puede tardar entre 10 y 15 años (Fincalista, 2021). Esto se debe a la disposición del Co₂ y horas de luz que pueden tener las diferentes especies. Esto es muy interesante a la hora de desarrollar proyectos en Colombia puesto que los créditos de carbono se van emitiendo año a año en función de la cantidad de oxígeno que los árboles emiten en la atmósfera y, por tanto, cuanto más rápido crezcan, más grandes son y antes liberan oxígeno.

Colombia es también una de las naciones de América Latina más comprometidas con la reducción de emisiones, y ha puesto en marcha políticas y medidas para fomentar el crecimiento del mercado del carbono (Castiblanco-Rozo, 2022). Por ejemplo, la nación ha establecido un diversos instrumentos económicos impulsados por el estado

colombiano que tienen como propósito desligar las emisiones de GEI del crecimiento económico. Estos instrumentos han conseguido que los mercados de carbono tengan una gran importancia como herramienta para combatir el cambio climático (Alzate, 2019).

En Colombia, existen dos tipos de mercados de carbono: el mercado voluntario y el mercado regulado. El mercado voluntario permite a las empresas y organizaciones comprar créditos de carbono de proyectos certificados por organizaciones internacionales, como el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Por otro lado, el término "mercado regulado" se refiere a la puesta en marcha de proyectos para reducir las emisiones y a la emisión de créditos de carbono que pueden ser adquiridos por las empresas que deben adherirse a los límites de emisión fijados por el gobierno (Germán Romero, 2018). Este mercado está controlado por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y se rige por la Ley de Cambio Climático.

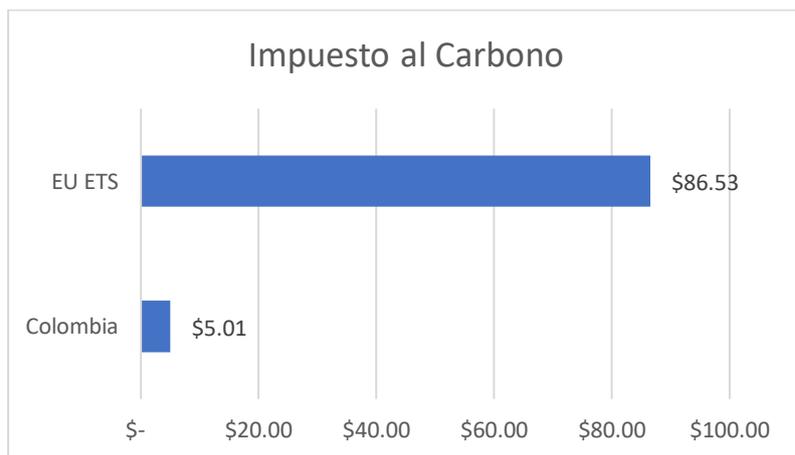
El mercado voluntario-regulado apareció en el contexto en el que el mercado voluntario no es suficiente para cumplir con los objetivos de reducción del gobierno. Por ello, encontramos instrumentos que se han desarrollado con el fin de alcanzar dichos objetivos.

- ❖ Por una parte, encontramos el impuesto al carbono. Este impuesto es un instrumento que desincentiva el uso de los combustibles fósiles y fomentan un uso eficiente de los mismos. Representan un pago proporcional a la cantidad de gases de efecto invernadero que se emiten. En el caso de Colombia, se impuso en el año 2016 (Alvarado, 2022) con la ley 1819 de la Reforma Tributaria Estructural (Ministerio de ambiente del gobierno de Colombia, 2017). Además, con el tiempo se han ido modificando las tasas impositivas y añadiendo nuevos mecanismos. Así mismo, cada GEI tiene una tarifa específica, a 2022 las tarifas son las siguientes, en pesos colombianos (Valora Analitik, 2022).

Combustible	Unidad	Tarifa/Unidad
Co2 eq	Tonelada	\$ 20.500
Carbón	Tonelada	\$ 52.215
Fuel Oil	Galón	\$ 238
Jet Fuel	Galón	\$ 202
Kerosene	Galón	\$ 197
Gasolina	Galón	\$ 169
Gas Natural	Metro cúbico	\$ 36
ACPM	Galón	\$ 191
Gas Licuado de petróleo	Galón	\$ 134

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (Valora Analitik, 2022)

Este impuesto es aplicable a todos estos combustibles, cabe destacar que el Gas Natural al que afecta es aquel que se usa en refinería de hidrocarburos y la industria petroquímica y el Gas Licuado de Petróleo es aquel que se usa para la venta de usuarios industriales). La suma de las emisiones debidas a todos estos combustibles equivale al 27% de las emisiones totales del país.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de (Carbon Pricing , 2023)

En un principio el impuesto al carbono sobre la tonelada de Co2 Equivalente se encontraba en \$15.030 pesos colombianos, actualmente está en \$23.745 pesos colombianos, lo que equivale a 5,01 dólares estadounidenses mientras que el impuesto al carbono en el EU ETS está en \$US 86,53 (Carbon Pricing , 2023).

Además, el impuesto debe pagarse cuando se vende en el territorio nacional, cuando el productor del combustible lo retira para su propio consumo o cuando el combustible es importado y es pagado por el sujeto pasivo al por el responsable del impuesto, quien paga a la dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN). El sujeto pasivo suele ser un distribuidor o mayorista (Acharya, 2022).

- ❖ Por otro lado, existe el mecanismo de no causación. Este mecanismo está operativo desde el 1 de junio de 2017 y fue creado para permitir que el impuesto no se cause a cambio de la compensación de emisiones de gases de efecto invernadero ocasionadas por la quema de combustibles fósiles gravados por dicho impuesto. La compensación se lleva a cabo por medio de certificados de reducción de emisiones. El proceso es el siguiente:



Para acceder a la exención del impuesto, los proyectos deben cumplir con criterios específicos de elegibilidad y transparencia en su implementación. Ejemplos de proyectos elegibles incluyen aquellos relacionados con energías renovables, proyectos forestales, reducción de emisiones en vertederos, prácticas de ganadería sostenible y mejoras en la eficiencia energética en calderas, entre otros. Los consumidores finales también pueden optar por la exención del impuesto al carbono mediante acuerdos con sus proveedores. El impuesto nacional al carbono no se aplica a los sujetos pasivos que obtengan la certificación de ser carbono neutro, ya

sea directamente o a través de sus consumidores finales, según la reglamentación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Sin embargo, la exención del impuesto no puede superar el 50% del monto total del impuesto. Además, la certificación de carbono neutro no se puede volver a utilizar para obtener los mismos beneficios ni otros tratamientos tributarios en el futuro (Valora Analytik, 2022).

4. Conclusiones

Para cumplir con los objetivos propuestos al inicio del trabajo, se ha analizado minuciosamente el mercado de créditos de carbono y los diferentes agentes que operan en él, se ha llevado a cabo una exhaustiva investigación y análisis de la literatura existente en el ámbito de los mercados de carbono. Se han identificado y descrito los diferentes mecanismos que rigen el mercado de créditos de carbono, así como las principales empresas que ofertan estos créditos y las actividades que deben llevar a cabo las empresas que buscan compensar sus emisiones de gases de efecto invernadero.

En cuanto al contexto en el que han surgido los mercados de carbono, se ha realizado un estudio histórico de su evolución desde la creación del Protocolo de Kyoto hasta la actualidad, incluyendo el papel que ha jugado el Acuerdo de París en la regulación y desarrollo de estos mercados. Gracias a estos acuerdos surgieron los ODS, los cuales han sido explicados minuciosamente para la comprensión de estos objetivos fundamentales de las empresas en los años venideros. A partir de estos acuerdos, las empresas, países y regiones están actuando y llevando a cabo medidas efectivas para la reducción de emisiones. Además, se ha profundizado en el principio de adicionalidad de carbono, que es fundamental para la efectividad de los mercados de carbono, y se ha analizado la importancia de las certificadoras de carbono en la verificación y validación de los proyectos de reducción y absorción de emisiones.

En cuanto a la descripción de cómo las empresas pueden compensar sus emisiones de gases de efecto invernadero a través de la adquisición de créditos de carbono, se han

abordado las diferentes opciones y estrategias que pueden seguir las empresas para reducir sus emisiones y cumplir con sus objetivos de sostenibilidad. Entre estas opciones encontramos diferentes opciones:

- **Evaluar o calcular la huella de carbono:** Las empresas pueden calcular su huella de carbono con el fin de encontrar las principales fuentes de emisiones y establecer sus objetivos de reducción. Para ello las empresas, a través de agentes de medición pueden llevar a cabo esta acción. En el caso de España se puede realizar a través de la herramienta de medición de huella de carbono del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD, 2022).
- **Reducir su huella de carbono:** Las empresas pueden implementar multitud de acciones eficientes que lleven a la reducción de su huella de carbono. Algunos de los ejemplos indicados en el trabajo son la utilización de energía renovable, creación de un bosque corporativo, digitalización de las herramientas de trabajo, reducir el uso de materiales no sostenibles o la movilidad sostenible de sus empleados (Sancho, 2020).
- **Compensar las emisiones no evitables de la empresa:** Las empresas tienen la opción de comprar créditos de carbono y con ello, compensar sus emisiones. Estos créditos provienen de proyectos de reducción, absorción o mitigación de emisiones que operan en los mercados de carbono.

También se ha destacado la importancia de la transparencia y la trazabilidad en la adquisición de créditos de carbono para garantizar la efectividad de estos. Por ello, se han proporcionado las principales certificadoras y verificadoras de proyectos, así como los principales registros donde los proyectos de absorción son registrados. Estos proyectos crecen día a día y tratan de ofrecer siempre el número actualizado de créditos de carbono. Como se ha explicado también, es muy importante la transparencia en los proyectos puesto que, además de indicar fiabilidad y calidad, proporcionan datos actualizados debido a que los bonos de carbono no son emitidos en su totalidad a lo largo de los años, sino que a medida que pasa el tiempo, se van emitiendo en función de la tipología de proyecto y país en el que se ha desarrollado dicho plan de reducción de emisiones.

En este trabajo se buscaba proporcionar una comprensión profunda de los mercados de carbono a nivel global. Se han analizado diferentes fuentes de información, estudios y comparativas entre países, incluyendo informes de organizaciones internacionales como la ONU. En el trabajo también se ha explicado cuando surgen los mercados de carbono y en el contexto en el que estos crecen, defendiendo los objetivos que persiguen, analizando las tendencias actuales y futuras de los mercados de carbono como el aumento en la demanda de créditos de carbono por parte de las empresas, así como el impacto de las políticas nacionales e internacionales en el mercado. También se ha mostrado como la tendencia de la oferta de créditos de carbono se está enfocando en soluciones basadas en la naturaleza y especialmente en eliminaciones naturales, donde se espera que aumenten hasta en un 20% desde 2025 a 2030 (BCG, 2023).

Además, con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se ha dado una respuesta al impacto de las políticas y regulaciones climáticas internacionales en el mercado. Por otra parte, se ha proporcionado información detallada sobre ciertos países altamente involucrados en el mercado de carbono, incluyendo la Unión Europea, Estados Unidos, Latinoamérica e incluso un caso específico como el de Colombia, puesto que, tras analizar diferentes escenarios, las políticas regulatorias y la existencia de un mercado voluntario-regulado en este país, se vio una oportunidad para analizarlo en detalle. Se han examinado también las políticas y regulaciones climáticas de las regiones y principales tipos de mercados de carbono, así como su papel en panorama global. Por ello, para este segundo objetivo se ha logrado proporcionar una comprensión profunda de los mercados de carbono y esta información puede resultar útil para investigadores y empresas interesadas en la reducción de emisiones.

Durante la investigación realizada se ha logrado explorar el impacto económico y reputacional de operar en los mercados de carbono, analizando los diferentes escenarios que están surgiendo y como las empresas pueden sacar partido de dicha situación y generar un impacto positivo en la sociedad. Por ello, se han presentado ejemplos de cómo las empresas pueden utilizar sus compensaciones de Co₂ para dar una buena imagen corporativa y adoptar medidas sostenibles en su modelo de negocio, logrando mejorar su posición económica y social. Por ello se deben tener en cuenta las diferencias entre operar en los mercados voluntarios o los mercados regulados. Cada

uno de ellos tiene un componente que lo diferencia del otro y es la manera en la que las empresas acuden a ellos.

En el mercado voluntario las empresas, como su nombre indica, acuden de manera voluntaria y con la intención de ser carbono neutros. De esta forma, las empresas pueden llevar a cabo iniciativas de reducción de emisiones que llevan a la empresa a una posición ventajosa sobre el resto de las empresas que no están obligadas a compensar sus emisiones. Hoy en día grandes fondos de inversión y de gestión de activos están fluctuando su capital a empresas sostenibles y neutras en emisiones, es el ejemplo de Blackrock (Martín, 2020) y Vanguard. Debido a esto, las empresas predispuestas a compensar sus emisiones en el mercado voluntario mantienen una ventaja competitiva frente al resto por el simple hecho de participar en los mercados de carbono.

En el mercado regulado de carbono, las empresas tratan de cumplir los objetivos y requisitos legales impuestos por las regiones y países. Así, las empresas que implementen tecnologías limpias en sus procesos productivos y logren ser carbono neutros pueden mejorar su reputación y demostrar el compromiso por la sostenibilidad, lo que atraerá la satisfacción de sus inversores y atraerá más. Por otro lado, las empresas que logren bajar sus emisiones por debajo de lo requerido pueden comercializar sus créditos de carbono y obtener un beneficio económico debido a la realización de una buena política sostenible a costa de empresas que no logran sus objetivos.

Por último, se ha conseguido servir de apoyo para futuras generaciones y crear conciencia sobre el cambio climático describiendo los principales acuerdos internacionales relacionados con este fenómeno, como el Acuerdo de París, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático (CMNUCC) y diferentes escritos sobre el cambio climático a modo de documentación de apoyo.

Con ello, también se ha destacado la importancia de la responsabilidad corporativa y las diversas acciones que pueden abordar las empresas para enfrentar los problemas ambientales.

En conclusión, este trabajo de fin de grado ha tratado de reflejar la realidad situacional de los mercados de carbono desde una perspectiva empresarial y evaluar las posibles

tendencias futura analizando reportes y estudios recientes desde el origen de este mecanismo creado para combatir el cambio climático junto al Protocolo de Kyoto en la década de 1990. El porvenir de estos mercados de carbono está por determinarse por el momento puesto que es relativamente temprano para sacar conclusiones definitivas. Sin embargo, no es un error afirmar que la tendencia ascendente de la oferta y la demanda de los créditos de carbono invitan al optimismo y a que las empresas prosigan invirtiendo en negocios sostenibles para atraer la inversión y mejorar su imagen corporativa.

5. Referencias

- Acharya, A. M. (2022). *Carbon markets, innovation and technology spillover*. Journal of Cleaner Production.
- Acosta, M. (2001). UN MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DEL CARBONO EN LOS COMPARTIMIENTOS SUBTERRÁNEOS (RAÍCES Y SUELO) DE SISTEMAS FORESTALES Y AGRÍCOLAS EN TERRENOS DE LADERA EN MÉXICO. 15.
- Alonso, A. M. (2022). *El cambio climático y los mercados de carbono: el caso del European Union Emission Trading System*. Universidad del País Vasco.
- Alvarado, C. T. (2022). *PRECIO AL CARBONO EN AMÉRICA LATINA*. SPDA.
- Alzate, C. E. (2019). *Impuesto al carbono en Colombia: un mecanismo tributario contra el cambio climático*. Semestre Económico.
- American Carbon Registry. (2023). Obtenido de www.americancarbonregistry.org/how-it-works/registry-reports
- Amy E Duchelle, G. S. (2018). *What is REDD+ achieving on the ground?* Elsevier.
- Axel Michaelowa, I. S. (2019). *Evolution of international carbon markets: lessons for the Paris Agreement*. doi Foundation.
- BCG, S. (2023). *Una perspectiva del mercado voluntario de carbono*.
- Carbon Offset Guide . (2020). Obtenido de THE GREENHOUSE GAS MANAGEMENT INSTITUTE (GHGMI): https://www.offsetguide.org/wp-content/uploads/2020/03/Carbon-Offset-Guide_3122020.pdf
- Carbon Pricing . (2023). Obtenido de ETS & Carbon Taxes: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data
- Castiblanco-Rozo, C. (2022). *El papel del impuesto al carbono en la transición energética: una revisión de su aplicación en Colombia*. Gestión y Ambiente.
- Climate Action Reserve. (2021). Obtenido de How it Works: <https://www.climateactionreserve.org/how/>
- Climate Action Reserve. (2023). Obtenido de Climate Action Reserve Registry: www.thereserve2.apx.com/myModule/rpt/myrpt.asp?r=111
- Climate Trade. (2023). Obtenido de www.climate-trade.com/es/mercado-voluntario-y-mercado-obligatorio-de-creditos-de-carbono/
- Datos Macro. (2021). Obtenido de <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2>
- De Micheli, E. (2006). *Tendencias de Formación de Precio en el Mercado de Bonos*.
- Ellerman, A. D. (2005). *Markets for Clean Air*. Cambridge University Press.

- EPA. (2021). *Environmental Protection Agency*. Obtenido de Climate change science: www.epa.gov/climate-change
- Europea, C. (2019). *El Pacto Verde Europeo*.
- Europea, C. (2020). *Hacia un plan de recuperación sostenible para Europa*.
- Europea, C. (2023). *Web oficial de la Unión Europea*. Obtenido de https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_es#a-cap-and-trade-system
- European Commission*. (2015). Obtenido de https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en
- Fernández García, L. (2014). *Evaluación de los co-beneficios sobre el desarrollo sostenible y la reducción de la pobreza de proyectos de mitigación del cambio climático en Brasil*. E.T.S.I. Industriales (UPM).
- Fincalista*. (19 de Septiembre de 2021). Obtenido de <https://fincalista.com/blog/invertir-en-eucalipto/#:~:text=Un%20eucalipto%20necesita%20crecer%20durante,de%20300%E2%82%AC%20por%20hect%C3%A1rea>.
- Finneran, M. (16 de 1 de 2013). *NASA*. Obtenido de https://www.nasa.gov/centers/langley/science/climate_assessment_2012.html
- García-Calleja, M. T. (2012). *Mecanismo de Desarrollo Limpio para el comercio de carbono en un proyecto productivo*.
- Germán Romero, A. Á.-E. (2018). *Impactos distributivos de un impuesto al carbono en Colombia: vínculo entre modelos de microsimulaciones y equilibrio general*. Colombia: Scielo.
- Gold Standard*. (2023). Obtenido de Gold Standard Registry: <https://registry.goldstandard.org/projects?q=&page=1>
- Gold Standard*. (2021). Obtenido de What are carbon certifiers?: <https://www.goldstandard.org/impact/carbon-certification>
- Guterres, A. (2022). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas.
- Houghton, J. T. (1990). *Climate change: The IPCC scientific assessment*. OSTI.GOV.
- IHS Markit*. (2023). Obtenido de Plan Vivo Registry: www.mer.markit.com/br-reg/public/index.jsp?entity=retirement&sort=account_name&dir=ASC&start=0&acronym=PV&limit=15&additionalCertificationId=&categoryId=100000000000001&name=&standardId=100000000000004&unitClass=
- Institute, C. M. (2020). *transition to zero strategy*. Carbon Market Institute.
- Jung, H. (2021). *Carbon Emission Regulation, Green Boards, and Corporate Environmental Responsibility*. Finance Research Letters.
- Kallhauge, A. C. (2021). *CARBON PRICING LEADERSHIP REPORT 2020/2021*. Carbon Pricing Leadership Coalition.

- KPMG. (2018). *The Sustainable Development Goals: A business opportunity for global goals.* .
- Lafferriere, R. (2008). El Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto. 127-138.
- Leggett, J. A. (2020). *The United Nations Framework Convention on Climate Change, the Kyoto Protocol and the Paris Agreement: A summary.*
- Lobos, G. (2005). El Mercado de los Bonos de Carbono (“bonos verdes”): Una Revisión. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 42-52.
- Lozano, I. (2021). Evolución de los precios de los derechos de emisión de CO2 en el mercado europeo EU ETS: análisis y tendencias. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 227-239.
- Luca Testi, Á. L.-B. (2020). *El regadío y la mitigación del cambio climático (captura de CO2).* Federación Nacional de Comunidades de Regantes de España.
- Lucatello, S. (2012). Los mercados voluntarios de carbono en Norteamérica y su gobernanza. 22.
- Ludeña, C. (2015). *Cambio climático y mercados de carbono: repercusiones para los países en desarrollo.*
- Macarena Larrea Basterra, J. F. (2020). *La fiscalidad sobre el carbono. Una aproximación a los casos de Suecia, Irlanda y Francia.* Icade, Revista de la Facultad de Derecho.
- Martín, J. F. (2020). *Cambios en las estrategias de los Consejos de Administración durante el Covid-19 en las gestoras de fondos: Caso BlackRock.* Comillas.
- Mauricio Ledezma Rodríguez, Y. C. (2013). Marco de análisis del mecanismo de desarrollo limpio y las oportunidades del mercado del carbono para el desarrollo de Colombia. 32.
- Meer, I. A. (2022). *La apuesta por la transición ecológica en España : descarbonización e hidrógeno verde.* Universidad Pontificia Comillas.
- Michaelowa, A. (2017). Una nueva perspectiva del mercado de carbono. 189.
- Ministerio de ambiente del gobierno de Colombia. (2017). Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/ABC_DECRETO_926_de_2017.pdf
- MITECO. (2023). Obtenido de Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono: www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/registro-huella.aspx
- MITERD. (2022). Registro de huella de carbono, compensación y proyecto de absorción de dióxido de carbono. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/informeanual2021_tcm30-540226.pdf
- Murray, B. C. (2004). *Estimating Leakage from Forest Carbon Sequestration Programs.* Land Economics.
- (2019). *Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático.*

- Plan Vivo. (2023). Obtenido de <https://www.planvivo.org/>
- Pozo, D. F. (2016). *El cambio climático y su mitigación: Análisis de la eficiencia de los mercados de carbono en el período 2008 – 2012*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Ranero, A. (2018). *El financiamiento de los proyectos de carbono forestal: Experiencias existentes y oportunidades en México*. Xalapa: Madera bosques.
- Redondo, H. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Deloitte.
- Rontard, B. (2020). *Pagos por captura de carbono en el mercado voluntario en México: diversidad y complejidad de su aplicación en Chiapas y Oaxaca*. Sociedad y Ambiente.
- Sanchez, D. G. (2020). La energía renovable como motor de una economía descarbonizada e inclusiva hacia el 2050. *Revista De Política Económica Y Desarrollo Sostenible*.
- Sancho, J. L. (2020). *Sistema para la reducción de la huella de carbono*. Madrid: E.T.S.I. de Sistemas Informáticos (UPM).
- Sarmad, O. (2018). *La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC)*. Universidad de la Defensa Nacional UNDEF.
- Schwartz, S. E. (2018). *The Greenhouse Effect and Climate Change: The Intensified Greenhouse Effect*. American Journal of Physics.
- Sistema de Comercio de Emisiones de la UE (EU ETS)*. (2021). Obtenido de Comisión Europea: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en
- Stavins, R. N. (2008). *Addressing climate change with a comprehensive US cap-and-trade system*. Oxford Review of Economic Policy.
- (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas.
- UNFCCC. (2015). *Adoption of the Paris Agreement*.
- UNIDAS, N. (2015). *Acuerdo de París*.
- Valora Analitik. (1 de 11 de 2022). Obtenido de <https://www.valoraanalitik.com/2022/11/01/reforma-tributaria-colombia-asi-quedo-impuesto-carbono/>
- Verra . (2023). Obtenido de Verra Registry: <https://registry.verra.org/app/search/VCS>
- Yuliya Lovcha, A. P.-L. (2022). *The determinants of CO2 prices in the EU emission trading system*. Applied Energy.