

07

Una revisión de literatura sobre el mercado de Bonos de Carbono

A literature review on the Carbon Credits market

FECHA DE RECEPCIÓN: 02/10/2023
FECHA DE APROBACIÓN: 30/01/2024

Resumen

Erika Liliana Plaza Calle¹
Luis Bernardo Tonon Ordóñez²
Estefanía Cevallos Rodríguez³

El desarrollo y la producción industrial, han requerido un alto uso de combustibles fósiles lo que ha conllevado a un deterioro ambiental, en el contexto del cambio climático y gracias al Protocolo de Kioto, se creó el mercado de carbono como mecanismo de la economía verde. Mediante el método PRISMA se realizó una revisión descriptiva de literatura desde 2007 hasta el año 2022 para conocer cómo se desarrolló el mercado de bonos de carbono. En un primer momento, estos instrumentos financieros negociados en mercados internacionales facilitaron a países desarrollados el cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones, así como la financiación de proyectos limpios en países en desarrollo, sin embargo, su demanda disminuyó en 2013 bajo la crítica de si tenían verdadero compromiso ambiental o se estaba beneficiando a las grandes industrias para que puedan contaminar más. Finalmente, estos documentos fueron sustituidos por la negociación de bonos verdes al ser más flexibles.

Palabras Clave: cambio climático, deterioro ambiental, dióxido de carbono, mercado financiero

1 Universidad del Azuay • lilianaplaza1997@es.uazuay.edu.ec • <https://orcid.org/0009-0009-3642-487X> • Cuenca, Ecuador

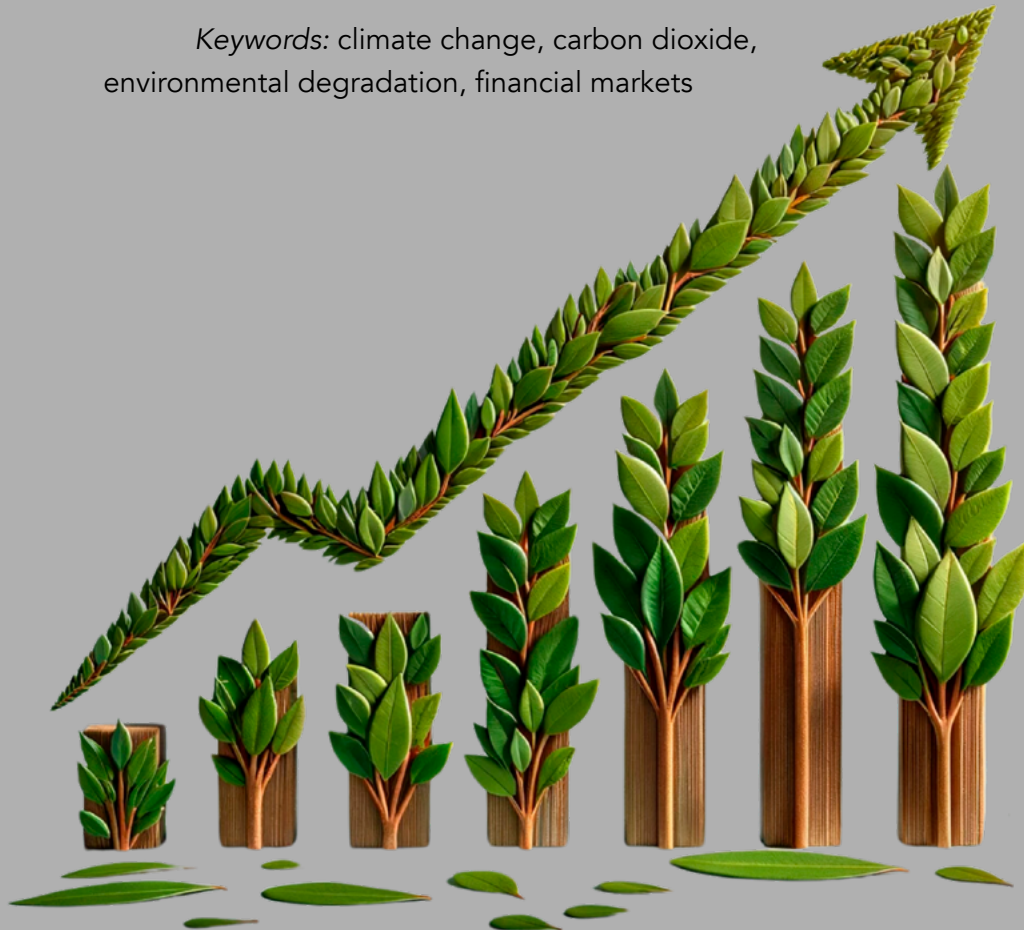
2 Universidad del Azuay • ltonon@uazuay.edu.ec • <https://orcid.org/0000-0003-2360-9911> • Cuenca, Ecuador

3 Universidad del Azuay • ecevallosr@uazuay.edu.ec • <https://orcid.org/0000-0001-8238-2337> • Cuenca, Ecuador

Abstract

Industrial development and production have required a high use of fossil fuels, which has led to environmental deterioration. In the context of climate change and thanks to the Kyoto Protocol, the carbon market was created as a mechanism of the green economy. Using the PRISMA method, a descriptive literature review was carried out from 2007 to the year 2022 to learn how the carbon credit market developed. At first, these financial instruments negotiated in international markets facilitated developed countries to comply with emission reduction commitments, as well as the financing of clean projects in developing countries, however, their demand decreased in 2013 under the criticism of whether they had true environmental commitment or were benefiting large industries so that they could pollute more. Eventually, these documents were replaced by the trading of green bonds because they were more flexible.

Keywords: climate change, carbon dioxide, environmental degradation, financial markets



Introducción

Vivimos en un mundo que se ve afectado por el cambio climático, que tiene recursos finitos y que requiere esfuerzos globales para lograr un futuro sostenible y bajo en carbono, donde los beneficios deben estar alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en este caso el ODS 13 Acción por el clima (Lou et al., 2022).

Los avances tecnológicos y el transcurrir de los años han requerido el alto uso de combustibles fósiles para las distintas producciones industriales, esta práctica se ha convertido en una necesidad para el desarrollo, y al mismo tiempo ha conllevado impactos negativos al medioambiente (Gazi et al. 2019). Autores como Antal y Van Den Bergh (2012) mencionaron que la contaminación ambiental estuvo estrechamente vinculada con el crecimiento económico, pues argumentaron que los sectores industriales más contaminantes eran los que mayor crecimiento económico generaban.

Duque y Arango (2016) mencionaron que en 1990 se reveló un incremento de CO₂ en la atmósfera; posteriormente, en el año 1992, en la Convención de las Naciones Unidas de Río de Janeiro llegaron a destacar la necesidad de la reducción de esas emisiones para enfrentar el cambio climático y sus posibles consecuencias negativas para la humanidad.

Según Salas y Maldonado (2020), el tema ambiental tomó fuerza en los últimos cuarenta años debido al aporte científico respecto a las tendencias sobre las consecuencias del incremento de los Gases Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, entre los estudios se destaca el aporte de Keeling (American Chemical Society National Historic Chemical Landmarks, 2015), que pronosticaba a través de la curva de Keeling, la duplicación de la densidad de dióxido de carbono (CO₂) en el ambiente y que la temperatura del planeta ascendería en 5 o 6 grados Celsius, esta investigación despertó el interés de líderes políticos internacionales.

Poleo (2016) consideró que se podía llegar a soluciones factibles para combatir este fenómeno, a través de tratados y normas internacionales. Uno de los tratados que permitió mitigar este tipo de impactos negativos en el ambiente fue el Protocolo de Kioto (PK), donde 37 países

industrializados se comprometieron, en 1997, a reducir sus emisiones de GEI. Para Haidar et al. (2015), esta iniciativa se dio por la presión social generada por varios activistas de Estados Unidos, Europa y Japón.

En 1997, los países que estaban dentro del PK y la Comunidad Europea acordaron reducir los GEI entre 2008-2012 en un 5% con respecto a los gases emitidos en 1990, sin embargo, el PK entró en vigencia el 16 de febrero de 2005 y finalizó en 2012 (López-Toache et al., 2016). Rontard et al. (2020) manifestaron que el Estado no puede ser el responsable de todo y que era necesario que entidades privadas, individuos, comunidades y la sociedad en general se incorporaran a esta política ambiental.

Con estos antecedentes, es importante mencionar que gracias al PK, se crearon el mercado de carbono y los mecanismos financieros que dieron origen a la economía verde; aunque los instrumentos más conocidos en este mercado fueron los bonos de carbono, considerados como herramientas de un sistema que comercializa instrumentos financieros que buscan reducir las emisiones de carbono y permiten que su negociación sea indistinta a la ubicación geográfica de las partes interesadas (Díaz, 2016).

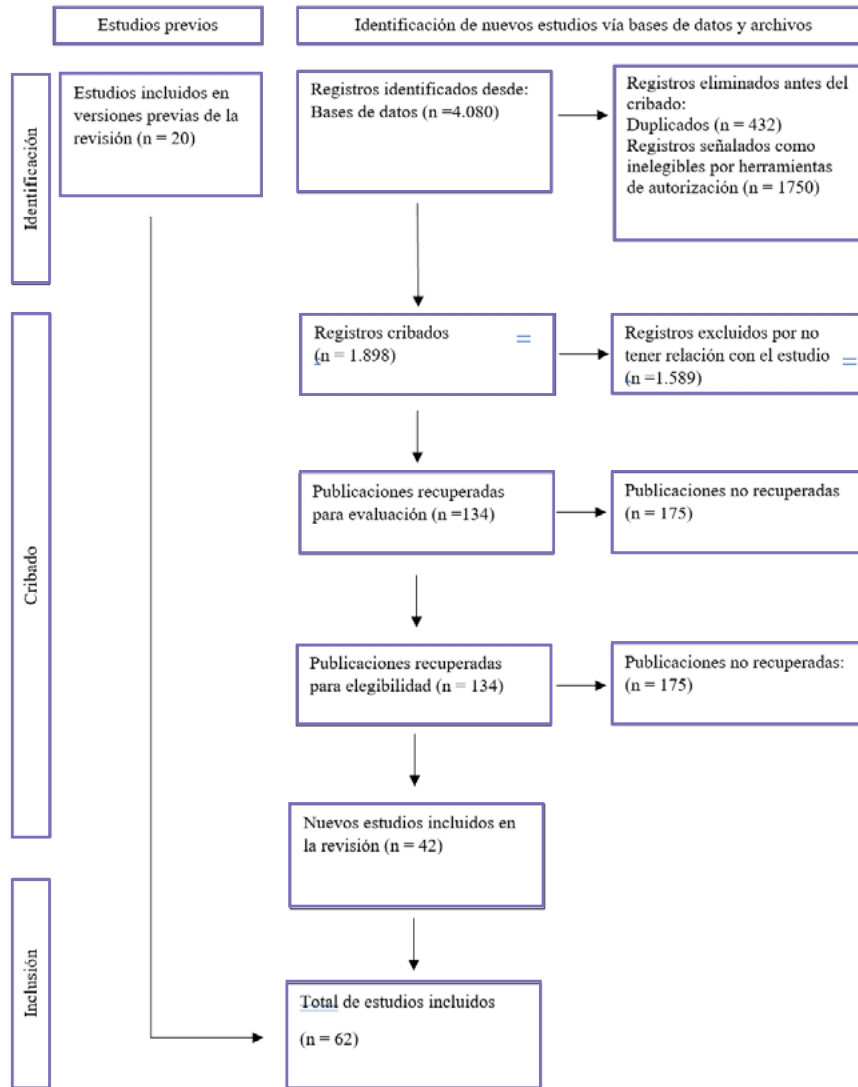
El objetivo de esta investigación, es mostrar a través de una revisión de literatura y utilizando el método PRISMA en repositorios digitales de búsqueda, recopilación y selección de información, acerca del desarrollo del mercado de bonos de carbono y la identificación de los factores que contribuyeron a su crecimiento.

Metodología

La información obtenida en esta revisión de literatura fue consolidada de acuerdo al método Prisma (Page et al., 2021), este constituye una guía de presentación de las revisiones de literatura y refleja de forma sintetizada la identificación y selección de estudios. Para obtener información necesaria respecto a los factores que propiciaron el desarrollo del mercado de bonos de carbono, se realizó una revisión descriptiva de la literatura publicada desde 2007 hasta el año 2022. En una primera etapa se hizo la selección de artículos obtenidos en bases de datos Scopus, el sistema Dialnet, en la red Redalyc y el buscador Google Académico, para la búsqueda de información se utilizaron términos clave como: "Protocolo de Kioto", "Certificados de Reducción de Emisiones (CER's)", "Mecanismos de Desarrollo Limpio", "Mercado de Carbono", "Instrumento Financiero", la búsqueda fue en tres idiomas (inglés, español y portugués), contando con 4080 publicaciones entre artículos y estudios de caso. La selección de las publicaciones más importantes fue de manera sistemática y ordenada, además la recolección de la información se la hizo en función de la cantidad de citas bibliográficas realizadas a cada artículo. Una vez seleccionados los documentos, se procedió a considerar la información contenida en el título y el resumen, tomando en cuenta estas limitaciones se seleccionaron 42 publicaciones que, sumadas a 20 artículos y a documentos institucionales, complementan un total de 62 referencias presentadas en esta revisión. Para mayor comprensión de los números descritos en esta metodología, se muestra en la Figura 1 el diagrama de flujo Prisma.

Figura 1

Diagrama de flujo Prisma



Nota. Adaptado de Page et al., 2021.

Mercado de Carbono

Antes de profundizar en el tema del desarrollo del mercado de bonos de carbono, es necesario conocer al mercado de carbono y su entorno. Según Godoy (2013), el mercado de carbono se refiere a las condiciones políticas, sociales y económicas que dan lugar a la negociación de derechos de emisión y créditos por reducción de emisiones, además lo describió como emergente, complejo y segmentado en el cual compiten dos productos, por un lado, los permisos de emisión y por otro lado las unidades de reducción de emisiones.

Para Duque et al. (2014), el mercado de carbono corresponde al sistema comercial en el que se otorgan permisos de emisiones para que puedan ser negociados entre países, entidades y personas. Es decir, el fin es la socialización entre naciones sobre el costo de mitigar dióxido de carbono y obtener beneficios de los costos marginales de los emisores y del interés de los adquirentes. El mercado voluntario de carbono permite que los gobiernos y las empresas participen en la compensación de carbono que va más allá de las medidas regulatorias creadas para reducir las emisiones (Lee et al., 2018).

Para Barros e Ipinza (2011), el mercado de carbono es un método transaccional para instituciones gubernamentales, organizaciones y personas, en el que se realiza la compra-venta de títulos de disminución de carbono; para su funcionamiento se divide en dos tipos:

Mercado de cumplimiento: Este mercado está asignado para los países que pertenecen a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, basado en los artículos emitidos por el PK (Organización de las Naciones Unidas, 1998).

Mercado Voluntario: Pertenecen a este mercado los países que no están registrados en el PK, pero que tienen la intención de colaborar con la detención del calentamiento global, ya sea impulsados por la responsabilidad social empresarial o la responsabilidad ambiental.

Mercado de Bonos de Carbono

El mercado de carbono dio origen a los bonos de carbono, a través de mecanismos que facilitaron a los países desarrollados, el cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones, además de la promoción para la financiación de los denominados “proyectos limpios” en los países en desarrollo.

La Asociación Latinoamericana de Instituciones Financieras para el Desarrollo (2019) mencionó que antes de definir estos bonos era necesario señalar la diferencia respecto a otro producto que se encuentra estrechamente relacionado por su nombre, pero tiene un tratamiento diferente. Por un lado, están los bonos verdes que son instrumentos financieros de deuda, mientras que los bonos de carbono son documentos que certifican la reducción de carbono, considerando que un CER, o bono de carbono, equivale a una tonelada métrica de CO₂ y es un activo con una especie de garantía de un proyecto de reducción de emisiones.

Ochoa (2016) mencionó que la idea de emitir certificaciones nació de los políticos y los ejecutivos de las empresas, quienes bajo una lógica económica convirtieron a la contaminación en un bien transable, a un precio fijado en el mercado, ocasionando que la industria de los combustibles fósiles permanezca en el mercado y otorgando el derecho de comprar emisiones para contaminar más. Además, mencionó que el comercio de emisiones cambia la idea de combatir el cambio climático a la de la creación de un sistema financiero en el cual los proyectos industriales y agrícolas se transforman en equivalencias falsas (Qin et al., 2015).

Según Liu y Cooper (2020), este fue un tema dominado por economistas para establecer políticas que regulen el mercado, y sociólogos que analizaron la interrelación de la sociedad y el ambiente; el desarrollo del mercado ha estado dominado por la política y por desacuerdos institucionales como en la UE, que inicialmente no quería acogerse a este tipo de mercado, pero después de un análisis identificó que este mercado podía establecerse en cualquier país, con votos a favor por la mayoría cualificada del gobierno de cada país.

Para Bailey et al. (2011), la modernización ecológica, era necesaria para lograr la eficacia entre el medio ambiente y la economía, es decir

se debía naturalizar el neoliberalismo de la gobernanza política, como un giro a la gobernabilidad tradicional para pasar de un Estado que controlaba de manera directa la actividad económica, a un Estado facilitador que crea las condiciones para que los actores económicos gobiernen actividades particulares, este nuevo enfoque de gobernabilidad dio origen a varios instrumentos de política ambiental, entre ellos los bonos de carbono.

Ellerman y Montero (2007) mencionaron que para evitar distorsiones en el mercado se debía establecer un esquema obligatorio para todos los países, lo que fue aceptado por Alemania y Reino Unido, mientras que algunas Organizaciones Ambientales No Gubernamentales (ONG's), se opusieron al comercio de emisiones, argumentado que se quería recompensar emisiones de CO₂ pasadas, al final terminaron por aceptar este comercio.

Spaargaren (2013) manifestó que se darían nuevas oportunidades y negociaciones a través del mercado de carbono, pues los inversores privados podrían mover dinero y tener poder sobre el carbono que emiten las grandes y pequeñas industrias. Por su parte Meckling (2011) agregó que las industrias con más emisiones de CO₂ buscarían pactos transnacionales y resultarían favorecidas con el comercio de emisiones. Para López Toache et al. (2016), los países industrializados serían los primeros obligados a reducir sus emisiones, siendo una alternativa la compra de bonos de emisiones a las naciones en desarrollo que no ocupan todo su margen de emisiones, reduciéndolas de manera paulatina.

Para Frohmann y Olmos (2013), los inicios del mercado de carbono crearon políticas comerciales como la eliminación de barreras al comercio de bienes y servicios amigables con el ambiente, las mismas que permitieron un aumento en la disponibilidad de bonos, disminución en el precio, y la promoción del uso de otros recursos energéticos diferentes al carbono.

Según Baranzini et al. (2017), el tema del carbono fue un problema político mundial, por lo que se promovió mecanismos de compromiso de emisiones como los CER's que buscaron relacionar a través de créditos a los países desarrollados con los países en vías de desarrollo. Este mecanismo fijaría el precio del carbono a nivel mundial, rigiéndose

a las reglas y normas políticas emitidas por los países negociantes.

En 1990, la UE había acordado reducir sus emisiones de GEI en un 20% para el año 2020 y se planteó también que la reducción de emisiones puede lograrse fuera de la UE en países en desarrollo. Además, busca que las instalaciones sujetas a comercio de emisiones, utilicen un volumen limitado de CER, generadas a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), para cubrir sus propias emisiones de GEI (Vasa, 2012). Para Sreekanth et al. (2016), la implementación del MDL en los países en desarrollo debe tener la posibilidad de enfocar esfuerzos regionales específicos con tecnologías apropiadas.

Comercialización de Bonos de Carbono

Este mercado se mueve de la siguiente manera, cada tonelada de CO₂ que deja de difundirse en el ambiente se simboliza con un bono de carbono, y a la par este documento representa un permiso para emitir el gas a la atmósfera por una proporción igual, los vendedores potenciales están representados por las organizaciones que emanaron CO₂ en cantidades menores a las permitidas en su cupo y los posibles adquirentes son entidades que no cuentan con la tecnología apropiada para adaptarse a la demanda del mercado verde, situación que les lleva a exceder su cupo de asignación y buscar la forma de mitigar voluntariamente la dispersión de CO₂ (Pérez, 2010).

López Toache et al. (2016) mencionaron que los bonos de carbono están presentes en el sector privado con el objetivo de mejorar la calidad del ambiente y, además, recibir incentivos económicos por sus procesos de producción limpia, por otro lado Jin et al. (2020) agregaron que parte de los impactos positivos que generó la emisión de CER's, era la atracción de inversiones para proyectos que mejoran la economía de países en vías de desarrollo.

La Bolsa de Comercio de Buenos Aires (2022) mencionó que se permitió la creación de nuevos mercados de capitales ofertando activos innovadores que han logrado la participación activa de los sectores públicos y privados, pues, es mejor adquirir un CER a un precio bajo que hacer la solicitud y compra de un permiso de emisión; además mencionó

que la creación de proyectos para emitir CER's disminuye la pobreza por medio de la creación de fuentes de trabajo.

La compra-venta de estos derechos podía ser intercambiable libremente como cualquier *commodity* en la bolsa de valores, estos derechos económicos fueron transados en mercados bursátiles tales como: la Bolsa del Clima de Chicago y la Bolsa del Clima de Europa (Barros e Ipinza, 2011). Lino y Marmolejo (2019) agregaron que las reducciones certificadas de emisiones lograron un impacto positivo a nivel mundial en el primer periodo (2008-2012), rebasando los 1000 millones de unidades emitidas.

Para garantizar los derechos de los CER's, el emisor podía someter al proyecto a una fiscalización externa independientemente de sus valores y desarrollo de negocios, este tipo de acciones hacían que los bonos se vean más interesantes para los inversionistas, es necesario mencionar que este proceso de aclaración y prestigio tenía un costo adicional (Fatica & Panzica, 2021).

Participantes

Como vendedores estuvieron los países en vías de desarrollo que no tienen obligaciones de reducción de emisiones, pero pueden participar en este mercado a través de la planificación y ejecución de proyectos de mecanismos de desarrollo limpio, los cuales generan rentabilidad económica con la venta de CER's (Méndez, 2012).

Según Carbon Market Watch (2010), existían diversos tipos de compradores de bonos de carbono, los mismos que podían ser privados, públicos, gobiernos, fondos de carbono y brokers, también se mencionó como intermediarios a los consultores del sector de MDL puesto que son los encargados de hacer el seguimiento de la documentación requerida, la gestión del proyecto y además, facilitan la comercialización de los CER's. Mientras que Barros e Ipinza (2011) argumentaron que los principales compradores eran las industrias responsables de la mayor emisión de carbono en el ambiente, es decir, aquellos sectores empresariales productores de energía eléctrica, acero, hierro, transformadoras de pe-

tróleo, mineras y en fin, todas aquellas organizaciones que en los procesos de transformación emitían de manera excesiva CO₂ a la atmósfera, el objetivo de estas industrias es disminuir las emisiones de CO₂ y en el caso de no poder cumplirlo, tienen la opción de adquirir los permisos de emisión a otras empresas que han logrado reducciones máximas de este gas.

El Banco Mundial compraba bonos de carbono por encargo de países (Eguren, 2007); además fue uno de los principales motores que impulsó la mitigación de los daños al medio ambiente. Este organismo fue quien estuvo dando pasos para determinar una visión hacia el 2020 que lleve al cumplimiento de los objetivos trazados en la segunda parte del PK.

Negociación

Para Lino y Marmolejo (2019), el precio de los CER's estaba dado por el prototipo de proyecto que se esté desarrollando y de la etapa de crecimiento en la que se encuentre el proyecto, de esta manera se sabe que el precio del proyecto será menor cuando sea vendido antes de llegar a la etapa de maduración. En la mayoría de veces la peculiaridad del precio es de dos tipos:

Fija: Se establece un precio por los CER's, no cambia con las variaciones que presente el mercado.

Flotante: Es un porcentaje del promedio del precio del CER en el mercado secundario, el emisor tiene acceso a las ganancias que se generen, pero de la misma manera deberá asumir las pérdidas por declinación de precios en el mercado.

Por su lado, Ledezma (2011) mencionó que como parte de estos tipos de precios se encuentra un modelo de comisiones, que identifica el cobro extra a favor de los revendedores, es decir, un porcentaje sobre el precio de reventa de un CER, para que, de esta forma el revendedor se haga cargo por adelantado de costos inherentes del proyecto.

Los factores que intervinieron en la cotización de un bono de carbono fueron: la forma de pago, el progreso de la propuesta y la aprobación y legalización de la certificación, es decir mientras este proceso tenía mayor avance menor era el riesgo para los solicitantes (Lobos et al., 2005). Por tal motivo los CER's se comercializaban en distintas etapas:

CER's de mercado secundario: Los intermediarios garantizan la compra y venta a las partes involucradas.

CER's emitidos en el mercado Spot: Son consumibles con el uso y se pueden trasladar entre países, además se pueden reservar para negociarlos en el mercado cuándo los precios suban.

CER's anticipados: Se da cuando los dueños de proyectos de desarrollo limpio requieren de dinero para terminar su financiación, pues ponen a la venta una parte de los CERs del proyecto y el precio es bajo debido al alto riesgo de entrega.

Para el caso de los CER's anticipados, Méndez (2012) agregó que al adquirir un certificado de reducción de emisiones se generaba incertidumbre de si son o no son considerados como bonos de carbono válidos, por ello los compradores aplicaban la siguiente fórmula para disminuir el riesgo y considerar el precio:

$$c'_i(x_i) = p = \frac{p_{CER}}{1-\rho}$$

Donde:

C_i (X_i): Es la función de costos de reducción de la contaminación de la firma *i*, la cual depende del nivel de reducción alcanzado *x_i*.

p: Precio de los permisos.

pCER: Probabilidad de que los certificados de reducción de emisiones no sean considerados como bonos de carbono válidos.

Es decir, la probabilidad de que un CER emitido de manera anticipada sea validado en el futuro depende de la reducción de CO₂ alcanzada y del precio de los permisos para poder validarlos. Es pertinente mencionar que la validación de un CER también dependía de ciertos indicadores (ver Tabla 1).

Tabla 1

Indicadores determinantes de viabilidad financiera en la emisión u obtención de CERs.

Dimensión	Obtención
Emisiones de CO₂ a nivel mundial	Toneladas de CO ₂ reducidas (tCO ₂ r).
Mercados de Carbono	Mercados de carbono dedicados a la comercialización de CERs.
Volatilidad de un bono de carbono	Índice de volatilidad de un CER.
Precio de un CER	Precio promedio de un CER al cierre de la bolsa.
Valorización actual de un CER	Cálculo del VAN.
Tasa interna de retorno	Método cruzado para calcular la TIR en función del VAN.

Nota. Adaptado de Gamarra, 2019.

En términos financieros la venta de un certificado de carbono incrementaba la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto, además simpli-

ficaba la inversión del mismo debido a la alta disposición del flujo de caja generado. En pocas palabras el ingreso neto de los proyectos estaba dado por la siguiente operación:

$$I = V * P - T$$

Es decir, el volumen de certificados de emisión en toneladas de CO₂ (V), por el precio del mercado en toneladas de CO₂ (P) y menos los costos de transacción de la certificación (T). Las variables de esta ecuación estaban sujetas a cambios, debido a los movimientos que se generaban en el entorno del proyecto (Duque et al., 2014). Desde esta misma perspectiva, Páez y Recalde (2016) agregaron que los CERs incrementaban la rentabilidad de un proyecto y lograban que los mismos sean accesibles a fuentes financieras diferentes a las tradicionales; además mencionaron que la tasa de retorno de un proyecto podía ser entre el 1% y 5%.

Por su lado, Bufoni et al. (2018) concordaron que un indicador que prueba la viabilidad de los CERs es la tasa interna de rendimiento del proyecto, en la cual se debe tomar en cuenta cuatro puntos: primero el CAPM (modelo principal de valoración de activos como punto de referencia ajustado por los riesgos promedio del mercado), el mismo que contará con una prima de riesgo adecuada que supere las tasas de los bonos que no contienen riesgo; segundo una tasa de préstamo que refleje el costo del proyecto; tercero el WACC (costo promedio ponderado de capital) de la empresa, mismo que tiene que estar en buenas condiciones y cuarto tiene que existir un gobierno que lo pruebe.

Comportamiento de los precios

Eguren (2007) mencionó que los precios de los CER's eran bajos (3,5 dólares por tonelada de CO₂), esto se debía al riesgo de la no existencia de un mercado formal de carbono, una vez que entró en vigor el PK los precios subieron, incrementando la cantidad de compradores y permitiendo que sean vendidos anticipadamente a precios *spots* a través

de contratos *forward*, es decir, se mantendría el precio establecido en el momento de la compra o venta del CER (Brandt y Westendarp, 2014).

Las cotizaciones de los bonos de carbono y el petróleo presentaban la misma tendencia, es decir, al aumentar el precio del petróleo, el precio de CO₂ se incrementaba, es entonces cuando se produce el intercambio de CO₂ por carbón, aumentando las emisiones y la demanda de CER's; este comportamiento se estableció durante la crisis del 2008 (Rey y Dopico, 2011).

El segundo periodo del PK fue puesto en vigencia en enero de 2013, a dicha fecha estaba conformado por 195 Estados y tenía que haber concluido en diciembre de 2020 (Contreras, 2013). En el año 2008 se presenta la crisis financiera mundial y se dio cabida al desarrollo de la economía verde (Miola et al., 2021). El segundo periodo de este mecanismo no pudo madurar debido al retiro de algunos países y a las exigencias del sector científico, además, las cotizaciones de los bonos en los mercados internacionales bajaron en un 82%, ya que, la prioridad del gasto se enfocó en recuperar las economías en crisis en la Unión Europea (mayor comprador de CER's), y en reactivar la economía después de la crisis del 2008, esta situación afectó la credibilidad del mercado, debido a que se le dio prioridad a otras economías (Ochoa, 2016).

En cuanto al año 2008, el precio de los CER's tuvo tendencia a la baja debido a la crisis inmobiliaria, esta crisis alcanzó un primer pico en septiembre del mismo año, con la caída del *big bank* de Lehmann Brothers, esta crisis causó la caída de las bolsas de valores en el mundo entero, para octubre de 2009 la recesión bancaria se convirtió en una crisis de deudas estatales (Bodemer, 2017).

En China, el mecanismo de comercio de reducción voluntaria de emisiones se ha desarrollado gradualmente y ha jugado un papel importante en siete mercados piloto de carbono, desde que en 2013 se publicó el comercio de reducción de emisiones de GEI, y alentó a las empresas fuera del mercado de carbono para conservar la energía y reducir las emisiones proporcionando beneficios para proyectos bajos en carbono. (Zhou et al., 2019).

Declive de las negociaciones

El Banco Mundial (2011) mencionó que la caída del mercado de los CER's se debió a la baja demanda de bonos de carbono y a que las empresas optaron por negociar con instrumentos más certeros en el mercado, dentro de este contexto, el Banco Mundial (2017) manifestó la preocupación ante la necesidad de inversiones más altas en mercados de carbono para alcanzar el objetivo del Acuerdo de París. Según González, (2017), se estimaba que para el periodo 2030-2050 la comercialización de megatoneladas de dióxido de carbono (MtCO₂), en países en vías de desarrollo y en especial en Latinoamérica aumentaría aproximadamente en un 500%, estas proyecciones se vieron afectadas por la entrada de los bonos verdes en el 2013, los mismos que indican un compromiso creíble con el medio ambiente, este instrumento nuevo que mueve las finanzas sostenibles permaneció en las industrias de China, Estados Unidos y Europa, donde el medio ambiente es importante para operar sus actividades, además han logrado que el mercado de valores responda positivamente a los anuncios de sus emisiones, solo en el año en el que inició su actividad, ha emitido bonos por alrededor de 5 mil millones de dólares, llegando a emitir bonos en el 2018 por un valor de 95.7 mil millones de dólares (Flammer, 2021).

En trabajos como los de Santos y Ferrera (2017) y Mardones y Baeza (2018) se definieron los bonos verdes como un instrumento que financia proyectos de energías alternativas, eficiencia medioambiental, transporte limpio o adaptación al cambio climático, emitidos por instituciones públicas o privadas, cabe aclarar que este tipo de bonos financian desde parques eólicos hasta la gestión de residuos.

A partir del 2014 los bonos verdes empezaron a crecer de manera exponencial, este crecimiento tomó fuerza en el 2015 con el Acuerdo de París (García, 2016), dentro de sus tres objetivos principales se estableció situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que lleve a un desarrollo adaptable al clima y con bajas emisiones de GEI (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

Discusión

Esta investigación determinó que los factores que contribuyeron al desarrollo del mercado de bonos de carbono fueron ecológicos, económicos y políticos. Se consideró al factor ecológico como el elemento más importante para el crecimiento de este mercado, debido a que las variaciones climáticas que dejó el crecimiento industrial de los 90's, llevó a los grupos ecologistas a buscar oportunidades comerciales eficientes que logren equilibrar la salud ambiental y la economía a nivel mundial (Bailey et al., 2011).

La influencia económica se manifestó a través de la creación de instrumentos financieros que convirtieron a la emisión de CO2 en un bien comercial (Ochoa, 2016), transar este tipo de bien permitió que el sector privado tenga el poder sobre el CO2 emitido en el mundo (Spaargaren, 2013), pues al mover su dinero tenían la facultad de crear políticas económicas a su favor.

Políticamente se pretendió contribuir al desarrollo de los países y fortalecer las relaciones comerciales entre los mismos, debido a que la negociación de estos instrumentos financieros permitía que los países en crecimiento sean beneficiados con proyectos tecnológicos amigables con el ambiente (Baranzini et al., 2017), al mismo tiempo se generaban plazas de trabajo y mejoraba la calidad de vida. Además, este tipo de proyectos que requerían mano de obra calificada, impulsaban a que la población se prepare para ocupar cargos importantes.

Un aspecto positivo que sobresalió en esta investigación fue la participación de los BC en mercados bursátiles como la Bolsa del Clima de Chicago y la Bolsa del Clima de Europa (Barros e Ipinza, 2011), su paso por estos mercados fue halagado por ofertar un activo innovador que involucraba a los sectores público y privado (Bolsa de Comercio de Buenos Aires, 2022).

El aspecto negativo que mueve todo mercado es la especulación y este no fue la excepción, ya que una de las principales incertidumbres que tuvo al inicio del segundo periodo (2013-2020), fue su permanencia y la falta de confianza en la compra anticipada de los CER's, debido

a la ausencia de regulaciones internacionales para validarlos. González (2017) mencionó que la declinación de los bonos de carbono se dio por la entrada de los bonos verdes en el 2013, los mismos que garantizaron su permanencia en el tiempo con la renovación de tratados internacionales (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

Otro de los puntos a destacar fue que la tendencia de los precios de los CER's, estaba a la baja por la falta de un mercado formal de carbono y los precios al alza se daban cuando se renovaban los acuerdos internacionales (Eguren, 2007; Brandt y Westendarp, 2014). Mientras que Lino y Marmolejo (2019) afirmaron que el precio de los CER's se movía dependiendo del tipo de proyecto que se estaba desarrollando y la etapa de crecimiento en la que se encontraba.

Según Liu y Cooper (2020) sobre el origen de los bonos de carbono, el factor principal para el desarrollo de este mercado es la influencia ecológica y no la económica, los intereses económicos sobre este tipo de negociación se fueron dando con el tiempo. Grupos de ecologistas consideraron que realizar cumbres internacionales para informar acerca del desgaste ambiental, no era suficiente para concientizar a los países, sino que era necesario buscar un nexo entre la sostenibilidad ambiental y la economía mundial, los intereses económicos sobre este tipo de negociación se fue dando con el tiempo.

Lino y Marmolejo (2019) consideraron que el éxito de los CER's en el primer periodo (2008-2012), se dio gracias a un espejismo de compromiso ecológico y a medida que la conciencia social de sostenibilidad ambiental ha crecido en los últimos años, además, se ha podido crear un instrumento que cumple con un compromiso real, gracias al amplio portafolio de proyectos a favor de todas las partes involucradas y que consideran especialmente al ambiente.

Para Ochoa (2016), los CER's se convirtieron en un bien transable que transformaba la idea inicial de reducir la emisión de carbono a darle el poder al sector privado, de tal forma que no se estaba disminuyendo la contaminación, más bien se estaba otorgando el derecho a las grandes industrias de comprar CER's para contaminar más.

De la misma manera Baranzini et al. (2017), consideraron al factor político como principal influencia, pero bajo el mismo argumento expuesto anteriormente, no se cumplió con un compromiso real de disminución de CO₂, además puedo exponer mi desacuerdo bajo el argumento de que la corrupción de los gobiernos e intereses personales de las empresas modificaron las normas comerciales entre países a su favor, bajo el argumento de calidad ambiental, por lo que se convirtió en un negocio entre países que buscaba bienestar entre las partes, pero no que buscaban el beneficio mundial que mencionan López Toache et al. (2016); si bien, las grandes industrias realizaban proyectos de desarrollo limpio, estos eran limitados, pues solo tenían que ver con el desarrollo de energías limpias, las mismas que hacían que este mercado se mueva de manera circular y no se devuelva nada al ambiente.

Por su parte, Barrientos et al. (2014) mencionaron que el objetivo de los MDL es ayudar a reducir las emisiones de GEI, pero que las empresas no se comprometen por la causa, sino por los beneficios económicos que se pueda generar, considerando así que los MDL son métodos de financiamiento parcial y que contribuyen a la vanguardia tecnológica.

Los esfuerzos a nivel mundial promovidos por ciertos gobiernos y científicos han enfocado a la mitigación de los problemas de cambio climático, entre otros, con proyectos MDL, en este sentido países latinoamericanos con baja actividad industrial, se convierten en potenciales generadores de excedentes de emisiones de carbono, lo cual les da la posibilidad a estos países de involucrarse activamente en los mercados para obtener significativos beneficios económicos con inversión tanto nacional como internacional (Loewen De Enns, 2022).

Sin embargo, se expresaron temores acerca de los problemas del mercado voluntario de carbono convencional, como la baja confiabilidad de los créditos de carbono, la falta de transparencia contable, insuficientes herramientas regulatorias y relativamente altos riesgos comerciales, principalmente atribuibles a la ausencia de metodologías y procedimientos de validación. Para superar estos problemas y ganar credibilidad para los créditos de carbono, se desarrollaron una serie de estándares y registros de carbono voluntarios y objetivos que garantizaban la transparencia de las transacciones crediticias (Lee et al., 2018).

Cada vez es más claro que los créditos de carbono generados por los proyectos del MDL no brindan los mismos beneficios de desarrollo sostenible, como se esperaba gracias al PK. Ahora se ha desarrollado una certificación independiente para satisfacer las necesidades de los compradores que buscan créditos de carbono con altos niveles de beneficio. En promedio, los compradores están dispuestos a pagar una prima de precio de 1,12 por tonelada de dióxido de carbono equivalente por crédito de carbono en reconocimiento de los beneficios (Parnphumeesup & Kerr, 2015).

Un aporte importante es que este mercado empezó a darse de baja en el 2013 (González, 2017), pero su ausencia no se sintió por que los autores siguen asociando a los bonos de carbono con los bonos verdes, por tal motivo al entrar los bonos verdes en el mismo año al mercado, no se sintió su falta. Para otros autores los bonos verdes llegan como instrumento financiero medioambiental reforzado que cumple la misma función que los bonos de carbono, pues abarcan una variedad de proyectos medioambientales, normativas internacionales y son confiables en el tiempo.

En la actualidad se plantea a las finanzas verdes como una herramienta importante para lograr la neutralidad de carbono, en este contexto el crédito verde desempeña un papel importante entre el cambio climático y el impulso del crecimiento económico, se plantea que estos créditos verdes pueden promover la reducción de las emisiones de carbono. Conjuntamente, los intercambios y la cooperación internacional son cruciales, los gobiernos pueden cooperar con otros países para ajustar la estructura del crédito verde y desarrollar productos financieros bajos en carbono, para compensar las emisiones contaminantes (Jiao et al., 2023).

Conclusiones

Se puede concluir que los bonos de carbono se desarrollaron por la influencia de factores ecológicos, económicos y políticos, funcionando positivamente durante el primer periodo establecido por el Protocolo de Kioto, considerando que parte de los beneficios de los bonos de carbono han contribuido a la reducción de emisiones asegurando la protección de sumideros de carbono, como los bosques en donde se ubican los proyectos MDL pudiendo favorecer desde la visión del desarrollo sostenible a la conservación, sin embargo desde la visión ecológica, no se estaba cumpliendo un verdadero compromiso ambiental, pues a través de este mecanismo se estaba beneficiando a las grandes industrias para que puedan contaminar más.

Los CER's pueden resultar en reducciones de emisiones con diferentes niveles de efectividad, incluso si se asume que todos los créditos de carbono son perfectos, la realidad es que las emisiones se están trasladando de un sector a otro. Estas compensaciones por emisiones de carbono generalmente no son sostenibles en el tiempo, por lo que lo más eficiente sería que las industrias redujeran primero su huella de carbono individual.

Si bien los bonos de carbono se concibieron con un fin ambiental, puede darse el caso de la externalización de problemas ambientales, es decir que las empresas e industrias opten por comprar los bonos en lugar de implementar cambios significativos en sus prácticas para reducir las emisiones.

La caída de los precios de los CER's, la especulación de su permanencia en el mercado y la disputa de si tenían un verdadero compromiso con el ambiente, llevó a que su demanda disminuyera en el 2013 y sean sustituidos por el mercado de bonos verdes, el cual se maneja con mejores precios y tiene verdadero compromiso con la disminución de CO2 en el ambiente, además el mercado no pone tantas trabas para validar los proyectos como bonos verdes.

Las debilidades que presenta la investigación son la falta de información de la fecha de finalización de los bonos de carbono y las consecuencias que causó, se dificultó la búsqueda de información, pues como se mencionó se confunde los conceptos de estos instrumentos y se los asocia como lo mismo cuando cada uno cumple funciones diferentes. Este documento se considera un material útil para los interesados en la era del desarrollo sostenible, por ello se sugiere para futuras investigaciones analizar los diferentes instrumentos financieros sostenibles con el ambiente e indagar más a profundidad el aporte de los bonos verdes hacia la neutralidad de carbono cero.

Referencias

- American Chemical Society National Historic Chemical Landmarks. (2015). *La curva de Keeling: mediciones de dióxido de carbono en Mauna Loa*. National Historic Chemical Landmarks de La American Chemical Society. <https://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/keeling-curve.html>
- Antal, M. & Van Den Bergh, J. (2013). Macroeconomics, financial crisis and the environment: Strategies for a sustainability transition. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 6, 47-66. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2013.01.002>
- Asociación Latinoamericana de Instituciones Financieras para el Desarrollo. (2019). *Mercado de bonos verdes: ¿quiénes son sus protagonistas?*
- Bailey, I., Gouldson, A. y Newell, P. (2011). Modernización ecológica y la gobernanza del carbono: un análisis crítico. *Antipode*, 43(3), 682–703. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8330.2011.00880.x>
- Banco Mundial. (2011). *El Crecimiento del Mercado Carbono Global se estanca en un Contexto de Incertidumbre*. Grupo Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2011/06/01/growth-in-global-carbon-market-pauses-amid-uncertainty>
- Banco Mundial. (2017). *State and Trends of Carbon Pricing 2017*. Vivid Economics. <http://hdl.handle.net/10986/28510>
- Baranzini, A., Van Den Bergh, J., Carattini, S., Howarth, R., Padilla, E. & Jordi, R. (2017). Carbon pricing in climate policy: seven reasons, complementary instruments, and political economy considerations. *Wires Climate change*, 8(4), 1–17. <https://doi.org/10.1002/wcc.462>
- Barros, S. e Ipinza, R. (2011). *El cambio climático, los bosques y la silvicultura*. INFOR. 1–144. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/49172068-b2f4-4d04-8029-fa2f8c8fe2ab>

- Barrientos, P., Príncipe, R., Oshiro, R. y Vivanco, M. (2014). Mecanismo de Desarrollo Limpio: Mercado Potencial para Países en Desarrollo. *Pensamiento Crítico*, 6, 24–34. <https://doi.org/10.15381/pc.v6i0.9280>
- Bodemer, K. (2017). Europa y América Latina en la crisis financiera mundial: ¿quién puede aprender qué de quién? Europa y América Latina en la crisis financiera mundial: ¿quién puede aprender qué de quién? *Espiral*, XXIV.
- Bolsa de Comercio de Buenos Aires. (2022). *El mercado de carbono en la Bolsa de Comercio de Buenos Aires*. LA BCBA: Desarrollo Sostenible. <https://www.labolsa.com.ar/institucional/otros-mercados/carbono/>
- Brandt, A. y Westendarp, C. (2014). Estudio sobre sistemas de permisos comercializables para bonos de carbono en América Latina. *Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL)*, 65.
- Bufoni, A., Ferreira, A. & Oliveira, L. (2018). The quality of carbon management accounting reporting as a financial barrier to clean development mechanism projects development. *Cadernos EBAPE.BR*, 16(3), 345–354. <https://doi.org/10.1590/1679-395165381>
- Carbon Market Watch. (2010). *Manual del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)*. CDM Watch Scrutinizing Carbon Offsets. https://www.academia.edu/7083570/Manual_del_Mecanismo_de_Desarrollo_Limpio_MDL
- Contreras, D. (2013). El papel de la Unión Europea en las negociaciones internacionales sobre cambio climático. *Observatorio Medioambiental*, 16, 55–68. https://doi.org/https://doi.org/10.5209/rev_OBMD.2013.v16.43200
- Díaz, M. (2016). Bonos de carbono: un instrumento en el sistema financiero internacional. *Libre Empresa*, 13(1), 11–33. <https://doi.org/10.18041/libemp.2016.v13n1.25106>
- Duque, E. y Arango, L. (2016). Alternativa de las pequeñas centrales hidroeléctricas de Antioquia en el mecanismo de desarrollo limpio. *Revista Ciencias Estratégicas*, 24(35), 73–100. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=151352655005>

- Duque-Grisales, A., Patiño-Murillo, J. y Vélez-Gómez L. (2014). Aplicación del mercado de carbono en pequeñas centrales hidroeléctricas. *Energética*, (44), 19–32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=147040027002>
- Eguren, C. (2007). *Mercado de energías renovables y mercado del carbono en América Latina: estado de la situación de los proyectos de mecanismo de desarrollo limpio en los países de la región*. Naciones Unidas, CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/711e86eb-ca91-41bf-89f9-490644d92df9/content>.
- Ellerman, D. & Montero, J. (2007). The Efficiency and Robustness of Allowance Banking in the U.S. Acid Rain Program. *International Association for Energy Economics*, 28, 47–71.
- Liu, J. Ch. y Cooper, M. (2020). Mercados de Carbono y Gobernanza Ambiental Internacional. En K. Legan, J. Keller, M. Carolan y M. Bell (Eds.), *The Cambridge Handbook of Environmental Sociology* Cambridge. University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108554558.018>
- Fatica, S. & Panzica, R. (2021). Green bonds as a tool against climate change? *Business Strategy and the Environment*, 30(5), 2688–2701. <https://doi.org/10.1002/bse.2771>
- Flammer, C. (2021). Bonos verdes corporativos. *Revista de Economía Financiera*, 1–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.01.010>
- Frohmann, A. y Olmos, X. (2013). *Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/5e0a-7d7c-98bf-4678-8136-6c34bc9e2ebf/content>
- Gamarra, J. (2019). *Viabilidad financiera de la obtención de Certificados de Emisiones Reducidas a través de proyectos de forestación en la región de Cajamarca*. Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/21579>

- García, J. (2016). Impact of a carbon tax on the Chilean economy: A computable general equilibrium analysis. *Energy Economics*, 57, 106–127. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.04.014>
- Gazi, S., Đokić, M., Chin, K., Rou, P. & Sen, H. (2019). Visible Light-Driven Cascade Carbon-Carbon Bond Scission for Organic Transformations and Plastics Recycling. *Advanced Science*, 6(24). <https://doi.org/10.1002/advs.201902020>
- Godoy, M. (2013). *Mecanismos del Protocolo de Kioto: Desarrollo y oportunidades para Argentina*. Bolsa de Comercio de Rosario. www.bcr.com.ar/Publicaciones/Ediciones BCR/ Archivos de cortesía/ Lecturas 13/NataliaGodoy Meca- nismoPKenero.pdf
- González, A. (2017). Bonos de carbono, condena al subdesarrollo. *Segundo Congreso Internacional en Administración de Negocios Internacionales.*, 10–21.
- Haidar, V., Berros, M. y Levrard, N. (2015). Hacia una historia de la cuestión ambiental en América Latina: un análisis de los aportes de Guillermo Cano. *Revista de Historia del Derecho*, (50), 1-29. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/180121>
- Jiao, J., Zhang, J., Yang, J., Zhang, W., Guang, F. & Liu, L. (2023). The Study of Carbon Neutralization Effects with Green Credit: Evidence from a Panel Data Analysis for Interprovinces in China. *Sustainability (Switzerland)*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/su151713267>
- Jin, J., Han, L., Wu, L. & Zeng, H. (2020). The hedging effect of green bonds on carbon market risk. *International Review of Financial Analysis*, 71. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2020.101509>
- Ledezma, M. (2011). Penetración y Fortalecimiento del Mecanismo de Desarrollo Limpio y las Oportunidades del Mercado del Carbono para Colombia. *Revista Civilizar de Empresa y Economía*, 2(4), 25. <https://doi.org/10.22518/2462909x.234>
- Lee, D., Kim, D. H. & Kim, S. (2018). Characteristics of forest carbon credit transactions in the voluntary carbon market. *Climate Policy*, 18(2), 235–245. <https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1277682>

- Lino, K. y Marmolejo, C. (2019). Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y bonos verdes como movilizadores financieros ¿Una oportunidad para las inversiones alineadas al clima en Latinoamérica? *International Conference Virtual City and Territory*, 0(13). <https://doi.org/10.5821/ctv.8543>
- Lobos, G., Vallejos, O., Caroca, C. y Marchant, C. (2005). El Mercado de los Bonos de Carbono “bonos verdes”: Una Revisión. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo.*, 1(1). <https://doi.org/10.4067/riatvol1iss1pp42-52%0718-235X>
- López-Toache, V., Romero-Amado, J., Toache-Berttolini, G. y García-Sánchez, S. (2016). Bonos de carbono: financiarización del medioambiente en México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 25(47), 189–214.
- Lou, J., Hultman, N., Patwardhan, A. & Qiu, Y. L. (2022). Integrating sustainability into climate finance by quantifying the co-benefits and market impact of carbon projects. *Communications Earth and Environment*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00468-9>
- Loewen de Enns, D. (2023). Análisis del Tratamiento Contable y Tributario de los Bonos de Carbono en el Paraguay en el año 2022. *Revista De Ciencias Empresariales, Tributarias, Comerciales Y Administrativas*, 2(1), 28–47. <https://doi.org/10.58287/rcfotriem-2-1-2023-28>
- Mardones, C. & Baeza, N. (2018). Economic and environmental effects of a CO2 tax in Latin American countries. *Energy Policy*, 114, 262–273. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.12.001>
- Meckling, J. (2011). *Carbon Coalitions: Business, Climate Politics, and the Rise of Emissions Trading*. The MIT Press.
- Méndez, J. (2012). Causalidad y sensibilidad entre precios de los derechos de emisión europeos y los certificados de reducción de emisiones de mecanismos de desarrollo limpio en el mercado europeo de transacción de emisiones. *Estudios Gerenciales*, 28(124), 141–167. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(12\)70220-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0123-5923(12)70220-6)

- Miola, I., Junqueira, G., Prol, F., Vecchione, M., Ferrando, T. y Herrera, H. (2021). Bonos verdes en la ecología-mundo: capital, naturaleza y poder en la expansión financiarizada de la industria forestal en Brasil. *Relaciones Internacionales*, 46, 161–180. <https://doi.org/10.15366/relacionesinternacionales2021.46.009>
- Ochoa, O. (2016). Bonos de carbono: desarrollo conceptual y aproximación crítica. *Misión Jurídica*, 9, 289–297. <https://doi.org/https://doi.org/10.25058/1794600X.141>
- Organización de las Naciones Unidas. (1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático* (Vol. 61702).
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París. Cooperativismo y Desarrollo*. <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., Shamseer L., Tetzlaff, J., Akl, E., Brennan, S., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J., Hróbjartsson, A., Lalu, M., Li, T., Loder, E., Mayo-Wilson, E., McDonald, S, McGuinness, L., Stewart, L., Thomas, J., Tricco, A., Welch, V., Whiting, P. & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. Doi: 10.1016/j.recesp.2021.06.016
- Páez, J. y Recalde, M. (2016). Análisis de las negociaciones de mercado de carbono en la bolsa de valores de Ecuador. *Revista Publicando*, 3(9), 752–767. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5888319>
- Parnphumeesup, P. & Kerr, S. (2015). Willingness to Pay for Gold Standard Carbon Credits. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, 10(4), 412–417. <https://doi.org/10.1080/15567249.2010.551251>
- Pérez, G. (2010). Financiamiento de proyectos urbano-ecológicos mediante intercambio de bonos de carbono. *Urbano*, 13(22), 7–21.

- Poleo, D. (2016). ¿Cambio climático o variabilidad climática? Historia, ciencia y política en el clima mesoamericano. *Revista de Ciencias Ambientales*, 50(1), 24. <https://doi.org/10.15359/rca.50-1.2>
- Qin, J., Bai, X. & Xia, L. (2015). Sustainable trade credit and replenishment policies under the cap-and-trade and carbon tax regulations. *Sustainability (Switzerland)*, 7(12), 16340–16361. <https://doi.org/10.3390/su71215818>
- Rey, A. y Dopico, J. (2011). Los mercados de carbono en la Unión Europea: Fundamentos y proceso de formación de precios. *Revista Galega de Economía*, 20, 1–25.
- Rontard, B., Reyes, H. y Aguilar, M. (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*, 22, 212–236. <https://doi.org/10.31840/sya.vi22.2106>
- Salas, E. y Maldonado, E. (2020). Breve historia de la ciencia del cambio climático y la respuesta política global: un análisis contextual. *KnE Engineering*, 717–738. 10.18502/keg.v5i2.6294
- Santos, M. y Ferrera, R. (2017). Bonos verdes: una forma de financiación en continuo crecimiento. *Estrategia Financiera*, 42–48.
- Spaargaren, G. (2013). Flujos de carbono, mercados de carbono y estilos de vida bajos en carbono: reflexión sobre el papel de los mercados en la gobernanza climática. *Política Ambiental*, 174–193. <https://doi.org/10.1080/09644016.2013.755840>
- Sreekanth, K., Jayaraj, S. & Sudarsan, N. (2016). Certified emission reduction opportunities in the rural domestic energy sector: An economic analysis. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, 11(5), 458–464. <https://doi.org/10.1080/15567249.2011.628961>
- Vasa, A. (2012). Certified emissions reductions and CDM limits: Revenue and distributional aspects. *Climate Policy*, 12(6), 645–666. <https://doi.org/10.1080/14693062.2011.637817>

Zhou, Y., Gu, A. y Deng, M. (2019). Voluntary emission reduction market in China: development, management status and future supply. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 17(1), 1–11. <https://doi.org/10.1080/10042857.2019.1574458>