

**PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO: Conducta e incentivos de las empresas desarrolladoras y comercializadoras de proyectos para la generación de bonos de carbono en los mercados voluntarios de carbono.**

**ASESOR(ES):** John Jairo Garcia Rendon

**PROGRAMA:** Maestría en Economía Aplicada

**AUTOR(ES)**

Victor David Giraldo T.  
30070485234

71368836

vdgiraldo@eafit.edu.co

**1. INTRODUCCIÓN**

En el mundo existe un mercado emergente de reducción de gases de efecto invernadero motivado por acciones voluntarias de mitigación, más que por compromisos obligatorios o legales de reducir un margen de contaminación. El mundo está dividido en aquellos mercados de cumplimiento que buscan que los sectores productivos de un país disminuyan su huella de carbono y aquellos que se basan en transacciones voluntarias motivadas por la responsabilidad social y ambiental corporativa, el mercadeo y el posicionamiento de los agentes a nivel internacional (Finanzas Carbono, 2017; Ecosystem Marketplace, 2018; Herr et al., 2019; Wang et al., 2019; Kollmuss et al., 2008).

Los reportes recientes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático -IPCC ( 2019) por sus siglas en inglés y los reportes *Turn down the Heat* generados por el *World Bank Group* (2014) con el apoyo del Instituto para la Investigación del Impacto Climático advierten del incremento considerable en la temperatura mundial en la última década. Concluyen que si el mundo incrementa su temperatura en 2 °C, los efectos serán negativos en términos de seguridad alimentaria, olas de calor sin precedente y tormentas más intensas. El IPCC sugiere que para controlar dicho aumento, el mundo debe llegar a cero emisiones netas de gases a la atmósfera al final del presente siglo, lo cual implica el principal incentivo para tomar acción y promover el desarrollo de esquemas nacionales de reducción de efecto invernadero a partir de las estrategias del precio al carbono, los compromisos nacionalmente determinados ratificados en el acuerdo de Paris el año 2018 Hasta el año 2010, las transacciones realizadas en el llamado “mercado voluntario de carbono” correspondían a las generadas por el mercado del *Chicago Climate Exchange* (CCX), y las transacciones realizadas “*over the counter*” (OTC), que involucran un intermediario financiero (*broker*) (Finanzas Carbono, 2017

Inicialmente, el mercado *over the counter* fue poco regulado hasta que se desarrolló un conjunto de estándares y metodologías mediante las cuales los desarrolladores certificaron su reducción de emisiones (Finanzas Carbono, 2017). La demanda de bonos de carbono voluntarios bajo este sistema se dan más por presión corporativa asociada a requerimientos de accionistas y/o clientes, marketing, posicionamiento de marca, diferenciación de producto (“carbono neutral”), prácticas de responsabilidad

social empresarial, filantropía, mercadeo y relaciones públicas, cumplimiento de las regulaciones, estrategias financieras, entre otras (Nabernegg et al., 2019; Song et al., 2019; Bakhtiari, 2018; Finanzas Carbono, 2017). Es por esto que entre los compradores de créditos voluntarios se encuentra una gran variedad de entidades, incluyendo a empresas no reguladas, organizaciones no gubernamentales, municipalidades y gobiernos locales, universidades e incluso individuos (Zhu et al., 2019; Zhou & Li, 2017; Hu et al., 2015).

En la actualidad existen diversas plataformas donde se certifica la reducción de emisiones voluntarias por la implementación de proyectos asociados a diferentes tecnologías, como los proyectos forestales y de energías renovables. Estas plataformas son las encargadas de generar las reglas para la certificación de reducción de emisiones en diferentes sectores productivos y emitir de manera independiente los resultados de los procesos de validación y verificación de dichos proyectos. Estas plataformas, son reconocidas como los Estándares Voluntarios. Por otro lado, la validación de la información teórica y verificación de la implementación de las actividades de los proyectos, es desarrollada por entidades independientes, certificadas para auditar proyectos bajo diferentes normas a nivel internacional.

Los Estándares Voluntarios poseen infraestructura científica y metodológica que permite la cuantificación de manera transparente de la reducción de emisiones provenientes de iniciativas de mitigación de gases de efecto invernadero en el mundo. Organizaciones como Finanzas Carbono<sup>1</sup>, y *Ecosystem Marketplace*<sup>2</sup> son las encargadas de generar los reportes anuales que dan cuenta del avance y la magnitud de los proyectos que generan bonos de carbono y se certifican a través de los Estándares Voluntarios. Solo *Ecosystem Marketplace* Ofrece estadísticas por sectores productivos y volúmenes de bonos de carbono comercializado en el mundo, así como los ingresos promedio generados por los mismos. No obstante, dicha plataforma (la única en el mundo con este tipo de reportes), no generan información a nivel de proyecto o entidad desarrolladora de los mismos (*Ecosystem Marketplace*, 2018).

Existen empresas privadas, organizaciones no gubernamentales y empresas mixtas encargadas de desarrollar e implementar este tipo de proyectos cumpliendo con las reglas y metodologías de los estándares voluntarios. Teniendo en cuenta esto, es importante tener claro que una empresa encargada de implementar un proyecto de reducción de emisiones, como por ejemplo sembrar árboles o instalar paneles solares, no necesariamente es aquella encargada de escribir la documentación y responder ante un auditor externo e independiente para el registro y la certificación de los proyectos ante el estándar voluntario. En algunos casos la empresa que desarrolla la documentación del proyecto, podrá ser la misma que implementa las actividades y comercializa los bonos, pero en otros, cada actividad es desarrollada por organizaciones diferentes. Además, el mecanismo está diseñado de tal manera que un desarrollador, comercializador o implementador de proyectos, no puede ser el mismo auditor que los certifica, evitando cualquier potencial conflicto de intereses y problemas de agencia<sup>3</sup>.

No obstante, a pesar de que existe una plataforma especializada en generar los reportes a nivel sectorial sobre la reducción de emisiones generada por los sectores productivos en los Estándares Voluntarios y denominada *Ecosystem Marketplace*, ha emitido reportes para un periodo que va desde

---

<sup>1</sup> La plataforma de conocimiento Finanzas Carbono es un vehículo de intercambio de información, capacidades y servicios online, que sirve como punto de encuentro para los diversos actores interesados en el financiamiento climático en América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://finanzascarbono.org/mercados/mercado-voluntario/acerca/estandares/otros/>.

<sup>2</sup> <https://www.forest-trends.org/ecosystem-marketplace/>

<sup>3</sup> Para mayor claridad pueden consultarse las reglas de los principales estándares. Para el caso del Gold Standard <https://www.goldstandard.org/globalgoals>. VCS: <https://verra.org/project/vcs-program/rules-and-requirements/>

el año 2006 hasta el año 2018. Estos reportes no incluyen análisis detallados a nivel de empresa desarrolladora o comercializadora y, por tanto, sobre la variación de precios, ni tampoco una identificación del impacto ambiental en reducción de emisiones de los proyectos que dichos desarrolladores han logrado registrar y certificar (Ecosystem Marketplace, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018). Además, a la fecha no existe un análisis que describa desde la teoría de la organización industrial, específicamente el paradigma estructura – conducta – desempeño, de las firmas u organizaciones que participan en el desarrollo y comercialización de dichos proyectos.

Otro elemento clave en el análisis del comportamiento de las empresas y los estándares, es evaluar los incentivos económicos que se generan para promover el desarrollo de proyectos en los mercados de carbono internacional. Esto implica, por tanto, que los actores interesados como los gobiernos, los dueños de proyectos y los proveedores entre otros, puedan conocer el impacto neto económico y ambiental de las inversiones para tomar decisiones en cuanto a la continuidad de su participación en el mercado (Perera et al., 2018; Dormady & Healy, 2018; Tang et al., 2015). La incertidumbre política, la provisión de cobeneficios y la disponibilidad de información confiable, son factores clave a la hora de incentivar los proyectos de reducción de emisiones y los incentivos, deben ser enfocados al desarrollo de políticas mixtas que promuevan la permanencia de los proyectos y beneficios ambientales a largo plazo como es el potencial caso de las normas que los gobiernos promuevan para reducir emisiones (Nabernegg et al., 2019; Song et al., 2019; Bakhtiari, 2018, Evans, 2018; Sheng & Qiu, 2018; Tang et al., 2015).

Así este estudio tiene como objetivo analizar el funcionamiento del mercado voluntario internacional de reducción de gases de efecto invernadero para la generación de bonos de carbono en el sector forestal y Energías Limpias (renovables y pequeñas centrales hidroeléctricas) a partir de a) la descripción de los incentivos que tienen las empresas en el mercado (oferta y demanda) de bonos de carbono, b) las principales empresas que certifican proyectos de generación de bonos de carbono y su impacto en términos de reducción de emisiones, c) explicar desde la teoría de la organización industrial el nivel de concentración de mercado de las empresas que generan bonos de carbono en el mundo y su participación en términos de reducción de emisiones y d) comprender cómo la variación en el precio de los bonos de carbono es explicada por la política ambiental de cada economía o país para aquellos proyectos registrados y emitidos en América y el Caribe.

A partir de una revisión documental de más de 7000 documentos asociados a los proyectos registrados y emitidos bajo los estándares voluntarios de carbono, se construye una base de datos de más de 3400 proyectos en el mundo y que permitieron generar un análisis descriptivo del impacto ambiental del sector forestal y energías limpias en cuanto a reducción de emisiones, así como los países que lideran dichas iniciativas y aún más importante, las principales firmas desarrolladoras y/o comercializadoras de proyectos que generan bonos de carbono.

Se obtuvo información suficiente para modelar a partir de la técnica de Panel de Datos dinámico, el precio del bono de carbono para una serie temporal de 12 años con variaciones de precios para más de 260 proyectos y un total de 1300 datos en América y el Caribe. Los resultados reflejan que además de que existe una alta concentración de mercado en dos principales estándares voluntarios (*Verified Carbon Standard* – VCS, por sus siglas en inglés y *The Gold Standard*), lo contrario ocurre con las empresas desarrolladoras donde aún existen más de 1000 empresas con participación en el mundo.

No obstante, entre 5 empresas desarrolladoras cubren la mayor generación de bonos de carbono a la fecha. Por otro lado, a nivel de impacto en reducción de emisiones por países China, India y el

sudeste asiático lideran el desarrollo de proyectos de bonos de carbono en energías renovables y pequeñas centrales hidroeléctricas. Perú, Colombia y Brasil lideran el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones en el sector forestal a nivel mundial y en general para ambos sectores en América y el Caribe. Dentro de los principales incentivos que han promovido la dinamización y generación de proyectos de reducción de emisiones, el principal corresponde al precio al carbono como estrategia de cada país para asociar un impuesto a las emisiones de CO<sub>2</sub>. En cuanto a la variación del precio del bono de carbono se determinó que el precio de venta está explicado por el país donde se localiza el proyecto, es decir su política ambiental, su PIB per cápita y los precios promedios de hasta dos años atrás. El resultado ratifica que aunque los compradores voluntarios buscan adquirir proyectos carismáticos con cobeneficios asociados, este tipo de etiquetas no incide significativamente en el precio de venta final.

Este estudio parte del entendimiento sobre qué es un estándar de carbono voluntario, los principales estándares y su importancia para reducir emisiones en el mundo así como el análisis de los principales estándares y su representatividad en el mercado. Luego hace un análisis sobre la conducta e incentivos para el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones en el mundo, el estado actual de los proyectos de reducción de emisiones certificados ante esos estándares por países y a nivel de empresa desarrolladora y/o comercializadora para finalizar con el entendimiento de las principales variables que permiten determinar la variación en el precio del bono de carbono para los proyectos forestales y de energías renovables en América y el Caribe y unas conclusiones sobre el tema estudiado.

## 2. MARCO TEÓRICO

Con el objetivo de reducir la cantidad de gases de efecto invernadero que se encuentran en la atmósfera, en el mundo se ha implementado un amplio rango de mecanismos de mercado y mecanismos basados en el precio del carbono para promover el desarrollo e implementación de tecnologías que favorezcan la reducción de gases de efecto invernadero tales como el metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y el ozono (O<sub>3</sub>) (Herr et al., 2019; Wang et al., 2019; Zhu et al., 2019).

En muchos casos la implementación de dichas tecnologías no es suficiente para eliminar la huella de carbono (contaminación por sus procesos productivos) de los gobiernos, las industrias y los ciudadanos. Cuando esto sucede, los que generan la contaminación recurren a las compensaciones por carbono, comúnmente denominados *carbon offsets* y que corresponden a unidades medibles, cuantificables y monitoreables de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Zhu et al., 2019; Ashley & Johnson 2018; Zhou & Li 2017; Tang et al., 2015; Bumpus & Liverman, 2008).

Los Certificados de Emisiones Reducidas (CERs por sus siglas en inglés) definidos por el Mecanismo de desarrollo Limpio (MDL) son conocidos como bonos de carbono. Un bono de carbono o *Carbon offset* es definido por tanto, como un instrumento que representa la reducción, emisión evitada o almacenamiento de una tonelada métrica de dióxido de carbono o su dióxido de carbono equivalente. Estos bonos son comercializados en los mercados de carbono (Ashley & Johnson 2018; Bumpus & Liverman, 2008; Naciones Unidas, 1998).

Existen dos tipos de mercados de carbono: los de cumplimiento o regulado y los voluntarios. El mercado regulado o sistemas de comercio de emisiones son utilizados por empresas y gobiernos que, por ley, deben reducir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero – GEI. Está regulado por regímenes

obligatorios de reducción de carbono, ya sean nacionales, regionales o internacionales (Wang et al., 2019). Actualmente existe un compromiso fuerte por parte de los países en metas de reducción de gases de efecto invernadero bajo el acuerdo de París. Muchos de ellos han definido sus compromisos de reducción de emisiones y los planes para implementar mercados domésticos de esquemas de precio al carbono y/o transacción de reducción de emisiones incluso entre países. El acuerdo de París contiene reglas que permiten actualmente este tipo de negociaciones por lo que los países que quieren generar transacciones internacionales están en proceso de estructurar todo el marco metodológico y las guías asociadas antes del año 2020 (Zhu et al., 2019; Ecosystem Marketplace, 2018; Liobikienė & Butkus, 2017).

Según el portal latinoamericano Finanzas Carbono (2017) y la plataforma de la Comunidad Europea para el Comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE), los sistemas de comercio de emisiones, también llamados “sistemas cap-and-trade” (de límites máximos y comercio), constituyen un enfoque para resolver, entre otros, problemas de contaminación del aire basado en el mercado y, por tanto, se espera que la curva de abatimiento corresponda a la diferencia entre el límite máximo y la línea base de emisiones que hubiera ocurrido en ausencia del ETS (de Perthuis, 2012). En dicho mecanismo, cada participante recibe una cantidad determinada de permisos de emisión, que puede realizarse en función de sus emisiones históricas o mediante un proceso de subasta. El precio de los permisos es determinado por el mercado, en función de la oferta y la demanda (Zhu et al., 2019).

De esta manera, durante el período de tiempo especificado, los participantes que emiten menos de lo permitido pueden vender sus permisos excedentes a aquellos participantes cuyas emisiones exceden su cantidad máxima permitida. Así, quienes pueden reducir sus emisiones sin incurrir en grandes costos (por ejemplo, invirtiendo en tecnologías más eficientes) tienen el incentivo para hacerlo, pues pueden beneficiarse vendiendo en el mercado sus permisos sin utilizar (Finanzas Carbono, 2017). En el otro extremo, para quienes es muy difícil o costoso reducir emisiones, la compra de permisos en el mercado puede resultar la opción más eficiente. Adicionalmente un porcentaje de los permisos de emisión pueden ser compensados a partir de los bonos de carbono generado en otros países (Ellsworth et al., 2012).

En 2019, 55 regiones que juntas representan el 40% del PIB global, cuentan con sistemas de comercio de emisiones, entre ellas: California, China, Corea del Sur, Nueva Zelanda, Suiza y la Unión Europea. La República Popular China lanzó en este año, su sistema de comercio nacional. Corea del Sur lanzó su sistema de comercio de emisiones en 2015 – el primero nacional de Extremo Oriente. Para cumplir con sus metas de reducciones de emisiones, en 2013 el Estado de California lanzó su sistema de comercio de emisiones. La provincia canadiense de Quebec también lanzó su sistema de comercio de emisiones en 2013, que desde 2015 se encuentra vinculado al mercado de California. RGGI (*Regional Greenhouse Gas Initiative*) es un sistema de comercio de emisiones que sólo regula al sector eléctrico en estados americanos: Connecticut, Delaware, Maine, Maryland, Massachusetts, New Hampshire, Nueva York, Rhode Island y Vermont (Ecosystem Marketplace, 2018; Finanzas Carbono, 2017). Europa posee el principal mercado donde se comercializan permisos de emisión. Y fue ratificado en el acuerdo de París en el año 2015 (Hu et al., 2015). Este mecanismo regula las emisiones principalmente del sector energético con que generan alrededor del 45% de las emisiones totales de la región (Zhu et al., 2019, Zhou & Li, 2018; Hu et al., 2015).

El mercado voluntario genera reducción de emisiones de gases de efecto invernadero–GEI que se generan de manera voluntaria donde los créditos de carbono generados se denominan *VERs* –(

*Verified Emission Reductions*) e incluso bonos de los mercados regulados (como los CERs del MDL) que se venden a compradores que de manera voluntaria buscan compensar sus emisiones (Herr et al., 2019; Ashely & Johnson, 2018; Arava et al., 2010). En los mercados voluntarios, se denomina estándar a aquella plataforma que proporciona los lineamientos y metodologías a seguir, que permitan la certificación de reducciones de emisiones de carbono de manera confiable, transparente y perdurable en el tiempo, y de esta forma comercializarlas. Los estándares pueden dividirse en dos grupos, aquellos que proporcionan los lineamientos para las estimaciones de carbono y aquellos llamados estándares de desempeño, que implican la certificación de los beneficios comunitarios, el clima y sobre la biodiversidad. En algunos casos se especializan solo en un tipo de cobeneficio. Por ejemplo, estándares que certifican la equidad de género y la participación de la mujer o estándares que solo se enfocan en la certificación del mejoramiento en temas sociales (Herr et al., 2019; Liu & Cui, 2017; Kollmuss et al., 2008).

En la actualidad existen aproximadamente 14 esquemas o estándares de certificación de proyectos de reducción de emisiones ampliamente aceptados. El portal Finanzas del Carbono, uno de los principales portales que recopila y describe información en torno al financiamiento climático, resume las características de los principales estándares en el mercado voluntario como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Principales estándares voluntarios en los mercados de bonos de carbono.

Nombre del estándar	Definición
Verified Carbon Standard (VCS)	“Originalmente llamado Voluntary Carbon Standard entró en operación en marzo del 2006 con el objetivo de dar uniformidad al mercado voluntario y credibilidad a los certificados de reducción de emisiones voluntarias (VERs – Verified Emission Reductions). Luego de un proceso de consulta que involucró a múltiples actores, una nueva versión del estándar conocida como “VCS 2007” fue lanzada a finales del 2007, la cual se convirtió en uno de los estándares voluntarios más utilizados actualmente a nivel internacional”.
The Gold Standard for the SDGs (GS)	“Fundación sin fines de lucro financiada por 60 ONGs que opera un esquema de certificación para garantizar la calidad de los créditos de carbono. Esta fundación registra proyectos que reducen emisiones de gases de efecto invernadero y certifica la efectiva reducción mediante la expedición de créditos llamados “GS VERs” (Gold Standard Voluntary Emission Reductions). Estos créditos pueden luego venderse tanto en el mercado voluntario como en los mercados de cumplimiento”. Actualmente este estándar también certifica Objetivos de Desarrollo Sostenible que cuenten con indicadores en los proyectos que se implementen.
American Carbon Registry Standard (ACRS)	“American Carbon Registry (ACR) es una organización sin fines de lucro que funciona como un registro de pre-cumplimiento y de reporte voluntario de emisiones. Sus estándares, metodologías y protocolos están basados en el estándar ISO 14064. ACR también acepta metodologías MDL y algunas del VCS. Los proyectos deben ser verificados por una tercera parte acreditada ante la ACR”.
Climate, Community, and Biodiversity Standards (CCB)	“Son un conjunto de criterios para evaluar proyectos de mitigación y sus co-beneficios. Los estándares son manejados por la CCBA (Climate Community and Biodiversity Alliance), un consorcio internacional de organizaciones no gubernamentales. El CCB no genera certificados transables sino que se aplica en conjunto con un estándar de carbono como el MDL o el VCS. CCBA requiere que los proyectos sean validados y verificados por auditores independientes para demostrar que no sólo reducen emisiones de GEI, sino que también generan beneficios colaterales para la comunidad y la biodiversidad”.

Nombre del estándar	Definición
ISO 14064/65 Standards:	Son parte de la familia de estándares ISO (International Organization for Standardization). Lanzados en 2006 y 2007, los ISO 14064/14065 cuantifican, reportan y verifican emisiones de GEI”.
Plan Vivo:	“Es un programa diseñado para proyectos de pagos por servicios ecosistémicos en áreas de manejo forestal comunitario y agroforestería. El programa está orientado a construir capacidades, lograr beneficios de carbono de largo plazo, diversificar sustentos de vida y proteger la biodiversidad. Actualmente, hay siete proyectos registrados en México, Uganda, Mozambique, Tanzania, Nicaragua, Bolivia y Malawi y proyectos en preparación en Camerún, Etiopía, México, Kenya, Nepal y Tanzania. Plan Vivo mantiene un listado de proyectos en su sitio web e ingresa los créditos emitidos (Certificados Plan Vivo) en el Registro Ambiental Marki”.
Socialcarbon Standard:	“Es un programa de certificación creado por la ONG brasileña Ecológica Institute. El estándar contabiliza los co-beneficios para la comunidad de proyectos que deben ser verificados mediante un estándar de contabilidad de carbono, como el VCS. El registro de proyectos ha estado manejado por Markit desde 2008. El estándar mide el grado de sostenibilidad de los proyectos en seis aspectos: social, humano, financiero, natural, carbono y biodiversidad”.

Fuente: Definiciones tomadas del portal Finanzas Carbono, 2017.

Por lo general los compradores voluntarios compran créditos para compensar sus propias emisiones asociados a temas de responsabilidad social y ambiental corporativa y existen otros denominados de pre-cumplimiento que compran mayores volúmenes de créditos para compensar en un futuro su huella de carbono e incluso comercializarlos con otros compradores en su sector productivo (Liu & Cui, 2017).

Los desarrolladores de proyectos que se certifican para la generación de bonos de carbono corresponden a empresas públicas, privadas o no gubernamentales que cuentan con las capacidades técnicas para entender y aplicar las metodologías requeridas por los estándares de carbono para la certificación de la reducción de emisiones, debido a la implementación de un proyecto en los diferentes sectores productivos. Estos desarrolladores tienen la capacidad de poner en el mercado los bonos de carbono requeridos por los compradores voluntarios o de pre cumplimiento. Dentro de los sectores productivos que más demanda tienen para la generación de bonos de carbono, se encuentra el sector energético, liderado por la nueva tendencia de la certificación de proyectos de energías renovables con la premisa de su aporte al crecimiento económico y el sector forestal, enfocado principalmente en la certificación de proyectos de reforestación conocidos como proyectos AR y proyectos de deforestación y degradación evitada y protección de las reservas de carbono, comúnmente conocidos como REDD+. (IPCC, 2014).

Entre Enero y Marzo de 2018 se caracterizó por ser los tipos de proyectos implementados en el mercado voluntario que más generaron reducción de emisiones: 9.3 Millones de toneladas de CO<sub>2</sub> para el caso de los proyectos forestales y 3.9 Millones en el caso de los proyectos de energía renovable y eficiencia energética (Ecosystem Marketplace, 2018). Ambos tipos de proyectos están asociados a los sectores productivos que más emisiones generan en el planeta. El sector energético genera alrededor del 25% de las emisiones de CO<sub>2</sub> al planeta y la Agricultura, Forestal y otros usos del suelo, cerca del 24% de las emisiones de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2014).

Desde un punto de vista energético y de acuerdo con las estimaciones realizadas por *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN-21, 2018)*, en el año 2016 las energías renovables representaron el 18,2% del consumo global total y el número de países en el año 2017 con objetivos asociados a la implementación de proyectos de energía renovables incrementó considerablemente. En el año 2018, según los datos publicados por Eurostat<sup>4</sup> en el año 2017, la energía procedente de fuentes renovables representó el 17% del consumo bruto final de energía en Europa. Por países los mayores porcentajes de consumo energético procedente de renovables lo componen Suecia (51,0%), Letonia (35,8%), Finlandia (34,3%) y Austria (32,1%) y los más bajos Malta (1,4%), Luxemburgo (3,1%), Reino Unido (4,2%) y los Países Bajos (4,5%) (Greenpeace, 2014).

La innovación tecnológica en el sector energético a partir de la implementación de proyectos de energías renovables, ha jugado un papel importante en la transición hacia una economía energética sostenible y baja en carbono (Ashley & Johnson, 2018; Kallager et al., 2006; Anadon et al., 2011). Adicionalmente, ha tomado más relevancia la política y la regulación para estimular una clara demanda de energías limpias a través de estrategias de políticas de inversión, investigación, desarrollo, demostración e implementación de proyectos con energías limpias (Ashley & Johnson, Bakhtiari, 2018; Nemet & Kammen, 2007; Gallagher et al., 2012; Gruber et al., 2013). La Agencia Internacional de Energía (IEA, 2017) establece que se ha dado una rápida caída en los costos de implementación de energías limpias en el año 2016 y un crecimiento en la capacidad de generación de energía solar. Desde el año 2010 los costos de generación se han reducido en un 70% para el caso de energía solar, 25% en el caso de energía eólica.

Por otro lado, REDD+ reconoce los bosques y su papel clave en la mitigación del cambio climático mediante la eliminación de CO<sub>2</sub> de la atmósfera y su almacenamiento en la biomasa y los suelos. Esto también implica que cuando los bosques son talados o degradados, pueden convertirse en fuente de emisiones de gases de efecto invernadero, liberando ese carbono almacenado. Este tipo de proyectos ha sido implementado en los mercados voluntarios de carbono y más recientemente en los compromisos nacionales a partir de esquemas de pago por resultados (Foster et al., 2017; Barua et al., 2014).

En ambos casos donde REDD+ es implementado, existen interrogantes frente a la distribución de los incentivos financieros, los costos de implementación y el real impacto que ha generado en las comunidades y en términos de reducción de emisiones en las regiones y el mundo (Foster et al., 2017; Barua et al., 2014; Cattaneo et al., 2010). Se ha convertido por tanto, la asignación de recursos y los incentivos para la implementación de dicho mecanismo, en los temas de mayor espectro de discusión en los escenarios internacionales. Cattaneo et al. (2010) reconocen esta dificultad y concluyen que en la medida en que el proceso voluntario de implementar proyectos REDD+ se expanda a todos los países del mundo, será mayor la probabilidad de generarse una negociación para implementar un mecanismo internacional que permita reducir emisiones a partir de la deforestación evitada y la conservación de los bosques.

No obstante, un elemento clave para garantizar la implementación de este tipo de proyectos, es comprender quiénes y cómo generan la deforestación. Por tanto, los agentes y causas directas de deforestación se refieren típicamente a las fuentes de la deforestación, primer nivel o causas próximas y son relativamente fáciles de identificar. Por otro lado las causas indirectas que corresponden a los

---

<sup>4</sup> Eurostat es una página que ofrece información de estadísticas Europeas en temas de Economía Verde, Mercados de carbono, entre otros. Disponible en: <http://ec.europa.eu/eurostat>

principales motores de deforestación, son más difíciles de identificar. Otros autores las definen como motores próximos o directos y causas subyacentes (Geist & Lambin, 2001; Chakravarty, Ghosh & Suresh, 2011; KissinGer & Herold, 2012; Carodenuto et al., 2015).

En el caso de Pierce y Brown (1994) corresponden a los primeros estudios que identificaron dos causas principales que estimulan la deforestación y, por ende la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Estas causas siguen vigentes donde la primera corresponde a la competencia entre los humanos y otras especies por los nichos ecológicos remanentes en el territorio. Este factor es básicamente demostrado por la conversión de las tierras boscosas a otros usos como la agricultura, la infraestructura, el desarrollo urbano, la industria y otros. La segunda causa está asociada a fallas en el sistema económico que refleja el verdadero valor del ambiente. Muchas de las funciones de los bosques tropicales no poseen precios de mercado y en esos casos son ignoradas a la hora de tomar decisiones sobre su uso.

El entendimiento de estos conceptos, permitirá definir en cada región del planeta o economía, cuáles son las variables que inciden con mayor fuerza en la generación de emisiones y, por tanto, en la potencial generación de bonos de carbono a partir de la implementación de proyectos REDD+. Finalmente, El éxito en la implementación de proyectos REDD+ como medida de mitigación y generación de bonos de carbono, depende de la correcta implementación de las actividades de deforestación evitada en los territorios para garantizar la distribución eficiente de los beneficios (Foster et al., 2017; Cattaneo et al., 2010; Atela et al., 2015). No obstante, es importante tener claro que los mecanismos de pago por resultado, generan reducción de emisiones que permiten a los países cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones, más no la generación directa de bonos de carbono. Los bonos de carbono por tanto, se generan exclusivamente cuando el proyecto REDD+ se enmarca dentro de los mercados voluntarios.

Ecosystema Marketplace (2018) reconoce que los mercados voluntarios han evolucionado e identificado nuevas formas de adaptarse a los cambios en la política internacional. Uno de ellos es la incorporación de los objetivos de desarrollo sostenible en la certificación de los indicadores no asociados al carbono, como el empleo, la biodiversidad, las comunidades. Además, han apoyado el desarrollo metodológico de mercados de cumplimiento nacional como el Mexicano, Colombiano y los mercados africanos a través de la incorporación de mejores prácticas ya establecidas por los mercados voluntarios. Como resultado de estas estrategias más de 430 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (bonos de carbono) han sido generadas desde al año 2005 hasta 2019. Una cifra que supera todas las emisiones del sector energético en Australia en el año 2016.

Este reporte reconoce además que la participación activa de la industria internacional de la aviación, la cual está preparando el lanzamiento de lo que se convertirá en el más grande programa *cap and trade* en el mundo (Choi et al., 2018). Dichos programas de cumplimiento podrán tener un efecto importante en el mercado voluntario actual. Sin embargo, la manera en que se genere dicha afectación dependerá de cómo ambos mecanismos se relacionen. Este tipo de relacionamiento podría derivarse en la participación de los bonos del mercado voluntario como compensaciones permitidas en el mercado regulado. Otra opción está asociada al tipo de compensaciones voluntarias permitidas, donde los proyectos REDD+ se han perfilado como los más apetecidos por el sector de la aviación. Las intensas discusiones entre los gobiernos y la industria alrededor del mundo frente a este tipo de decisiones, hacen que el segundo semestre de 2018 y el año 2019 sean decisivos frente al desarrollo de los mercados de carbono en el mundo.

Un elemento importante en el análisis de los mercados internacionales de reducción de gases de efecto invernadero es el asociado al comportamiento de los oferentes y los demandantes (Zhu et al., 2019; Song et al., 2019, Pagoni et al 2018; Zhou & li, 2018). Temas estratégicos como fusiones, adquisiciones, poder y concentración en el mercado de bonos de carbono internacional desde el punto de vista de la teoría económica puede ser descrito a partir de la teoría de la organización industrial. Tirole (1998) la define como el estudio del funcionamiento de los mercados. Para otros es considerada la parte de la economía que estudia la estructura y el funcionamiento de los mercados, en especial en lo que se refiere al comportamiento competitivo de las empresas que actúan en ellos (Coloma, 2005). Segura (1993) la define como la rama del análisis económico que se ocupa de la formación de precios, normalmente bajo condiciones de equilibrio parcial, en mercados caracterizados por presentar imperfecciones.

Dicha teoría ha evolucionado en la historia hasta lograr la combinación de métodos de econometría moderna para describir el comportamiento competitivo de industrias particulares, luego dar una mirada a lo largo de las mismas para generar diagnósticos como el comportamiento estratégico de las empresas (Kadiyali et al., 2001; Schmalensee, 2012). Estos análisis permiten identificar prácticas que influyen sobre la estructura y funcionamiento de los mercados y cómo dichas prácticas permiten ejercer un mayor poder de mercado.

En este sentido, una de las principales herramientas para analizar dicho comportamiento por medio de la teoría de la organización industrial es la asociada con el Paradigma Estructura–Conducta–Desempeño que ha evolucionado a partir de las investigaciones generadas por Geroski (1988) y Bresnahan (1989), aportando a lo que actualmente se conoce como la Nueva Organización Industrial Empírica y que fundamenta sus desarrollos en el reconocimiento de que el costo marginal de las empresas no es observable y éste se estima con datos de precio de los insumos y otras variables asociadas con la oferta.

En La Nueva Organización Industrial Empírica una de sus líneas de trabajo tradicional se ha orientado a diseñar procedimientos para estimar parámetros de conducta. Autores como Bresnahan (1989), Geroski (1988), Hayde & Perloff (1995) han abordado la identificación y cuantificación del poder de mercado a partir de metodologías que utilizan el análisis de la estática comparativa de la industria. La premisa clave de este método es considerar el vector de precios y cantidades como el resultado del comportamiento maximizador de beneficios de las empresas, de tal manera que se pueda identificar el poder de mercado desde la estimación de la demanda, la oferta y la condición de equilibrio de mercado. Otros como Laffonte & Tirole (1993) establecen que el análisis de los incentivos y la regulación a partir de la aplicación de la teoría de juegos con los modelos de agente principal en la organización industrial, comercio internacional y economía regulatoria, las decisiones de los gobiernos juegan un papel fundamental en el curso de los mercados. Frente a esto Rocchi et al., (2018) proponen que, bajo los emergentes esquemas de precio al carbono en el mundo, es importante establecer mecanismos de regulación como el impuesto al carbono de frontera basados en las emisiones evitadas por los países que establecen dichos mecanismos y como herramienta de control para aquellos como Estados Unidos que aún no tienen compromisos claros frente al cambio climático.

Otro elemento clave en el análisis del comportamiento de las empresas y los estándares, es evaluar los incentivos económicos que se generan para promover el desarrollo de proyectos en los mercados de carbono internacional. Al respecto Fumo (2014) y Zhu et al., (2019) en el sector energético, reconocen que en el proceso de toma de decisiones para la elaboración de los esquemas de incentivos

óptimos, intervienen diferentes factores como los actores interesados, el perfil climático regional, las emisiones y los perfiles de costos de diferentes opciones energéticas, además de las prácticas regionales de consumo. Esto implica por tanto que los actores interesados como los gobiernos, los dueños de proyectos y los proveedores entre otros, puedan conocer el impacto neto económico y ambiental de las inversiones para tomar decisiones en cuanto a la continuidad de su participación en el mercado (Zhu et al 2019; Chang et al., 2019; Davhale & Sarkis, 2018; Perera et al., 2018; Dormady & Healy, 2018; Ashley & Johnson, 2018).

En el sector forestal la incertidumbre política, la provisión de cobeneficios y la disponibilidad de información confiable, son factores clave a la hora de incentivar los proyectos de reforestación. Los incentivos por tanto, deben ser enfocados al desarrollo de políticas mixtas que promuevan la permanencia de los proyectos y beneficios ambientales a largo plazo como es el potencial caso de las intervenciones gubernamentales, donde el principal objetivo es generar abatimiento de las emisiones de carbono (Zhu et al., 2019; Evans, 2018; Sheng & Qiu, 2018; Ashley & Johnson 2018).

En los últimos años, se han desarrollado diferentes aproximaciones desde la política ambiental en cuanto a incentivos económicos en los mercados de carbono. Varios estudios se han enfocado en aproximaciones basadas en precio y en regulaciones (Trivyza et al 2019; Zhu et al., 2019; Chang et al., 2019; Zhou & Li 2017; Benz & Strück, 2009; Chevallier, 2011; Tietenberg, 2006). Otros han buscado identificar las ineficiencias asociadas a la emisión de los permisos de emisión en los mercados regulados desde el punto de vista político (Chang et al., 2019; Nabernegg et al., 2019, Dewees, 2008; Ellerman et al., 2000) como las distorsiones generadas por la influencia en las regulaciones desde el gobierno (Song et al., 2019, Kabiri, 2016; Arimura, 2002) y las influencias asociadas a competencia imperfecta y poder de mercado (Sheng & Qiu, 2018; Benz & Strück, 2009; Chevallier, 2011; Malik, 2002). En el caso, por ejemplo, de los mercados regulados, las subastas se han incorporado como un mecanismo para promover la adecuada asignación de los permisos de emisión, así como la reducción en las distorsiones a los impuestos, dado que permiten una mayor flexibilidad en la distribución de costos, así como la promoción de innovación en los procesos de disminución de la contaminación (Burtraw & Sekar, 2014; Cramton & Kerr, 2002).

### **3. METODOLOGÍA**

#### **Análisis de la conducta en los estándares voluntarios**

Para el análisis de la conducta de los estándares en los mercados voluntarios se evalúa la información generada por centros especializados en temas de mercados de carbono que permiten entender la evolución del mercado de carbono voluntario en el mundo y sus nexos con los mercados regulados. Estos reportes son principalmente los asociados a los portales Finanzas Carbono y Ecosystem Marketplace, los cuáles contienen las estadísticas. Como punto de partida para el presente estudio, se contó con la información asociada a la participación en el mercado de los principales estándares voluntarios, en el que las empresas desarrolladoras y comercializadoras de bonos de carbono y objeto de este estudio emiten y tranzan los bonos de carbono generados por sus proyectos. Para esta información se estimó el indicador de concentración de mercado medido por medio del *Herfindahl – Hirshman Index* (HHI). Estos análisis preliminares nunca antes reportados a nivel de concentración de mercado, permitieron definir la base de datos a analizar. Es decir, aquella que aporta la información asociada a los estándares más importantes.

### **Conducta e incentivos para el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones**

Para el entendimiento en la evolución de los mercados de carbono voluntarios y los principales hitos que han permitido el desarrollo y adaptación de los mismos a los mercados de cumplimiento nacional, se tuvo en cuenta la serie de reportes generada por Ecosystem Marketplace desde 2007 hasta 2018, adicionalmente las bases de datos generadas por la plataforma internacional de compromisos nacionalmente determinados y que corresponden al principal incentivo político asociado a la permanencia de los mercados de carbono en cada país y quienes reportan los compromisos de los mismos frente a la reducción de gases de efecto invernadero y sus principales estrategias en los diferentes sectores productivos.

Adicionalmente se utilizan, los reportes generados por el banco Mundial<sup>5</sup>, *The Partnership for Market Readiness (PMR)* (2019), *Carbon Market Watch*<sup>6</sup>, *Carbon Pricing Leadership Coalition*<sup>7</sup>, *The Latin American Carbon Pricing Forum*<sup>8</sup>, que corresponden a las principales plataformas que analizan y describen el desarrollo de los mercados domésticos de reducción de emisiones en funcionamiento y en proceso de diseño, así como sus estrategias para establecer precios a los bonos de carbono. Estas plataformas ofrecen las bases de datos e información más reciente sobre la dinámica del mercado de reducción de emisiones en el mundo y los principales incentivos que determinan el precio al carbono. A pesar de que los datos se reportan solo hasta el año 2015, para los años siguientes no se reportan adiciones de nuevos estándares en los mercados voluntarios.

### **Estado de los proyectos de reducción de emisiones certificados ante los estándares voluntarios en el mundo**

Los antecedentes del presente estudio, incorporan de manera innovadora el análisis de indicadores de concentración de mercado para los estándares que certifican y emiten los proyectos de bonos de carbono a nivel mundial. El resultado clave de dicho análisis es la predominancia de dos estándares, el *Verified Carbon Standard (VCS)* y el *The Gold Standard* para los objetivos de desarrollo sostenible con una concentración de más del 90% de todas las transacciones y certificaciones a nivel mundial. Tomando como base dicho resultado, se procede a recopilar y analizar las bases de datos asociadas a dichos estándares.

En cada base de datos, cada proyecto certificado está compuesto por un grupo de documentos asociado a los diferentes estados del proceso de certificación como se muestra en la Tabla 2.

---

<sup>5</sup> <http://www.worldbank.org/en/programs/pricing-carbon#WhyCarbonPricing>

<sup>6</sup> <https://carbonmarketwatch.org/our-work/carbon-pricing/>

<sup>7</sup> <https://www.carbonpricingleadership.org/what>

<sup>8</sup> <https://www.kas.de/veranstaltungsberichte/detail/-/content/latin-american-carbon-pricing-forum>

Tabla. 2: Documentación asociada a los proyectos de carbono en los estándares voluntarios

Tipo de documento	Descripción
Documentación del proyecto	Documento general con la descripción del proyecto y la estimación teórica del potencial de reducción de emisiones. Este documento durante el proceso de certificación es validado por una entidad independiente.
Reporte de Monitoreo	Corresponde al documento que recopila la información sobre el estado actual de implementación de las actividades del proyecto. Corresponde a la cantidad de reducción de emisiones realmente generadas y es sujeto a verificación por una entidad independiente.
Documentos de registro	Derechos de comunicación y propiedad de los bonos: Corresponde a la información que da cuenta de quienes son los desarrolladores y dueños de los bonos de carbono, así como de la organización a cargo del manejo de la información y comunicación ante el estándar.
Información cartográfica	Archivo tipo KMZ o KML que corresponde a la localización de los proyectos. Se utiliza principalmente para los proyectos forestales y de energías renovables en el VCS y forestales en el The Gold Standard.

Fuente: elaboración propia a partir de las plataformas *VCS* y *The Gold Standard*

Para cada uno de los proyectos analizados se revisó la información contenida en los documentos anteriores con el objetivo de construir la base de datos requerida para el presente análisis, específicamente datos asociados a: Nombre del proyecto, nombre del desarrollador del proyecto y que corresponde al objeto de estudio del presente análisis, cantidad de reducción de emisiones anuales en toneladas de CO<sub>2</sub>-e, cantidad total de reducción de emisiones en tonCO<sub>2</sub>-e, total de reducción de emisiones verificadas en toneladas de CO<sub>2</sub>-e, período de acreditación del proyecto, tamaño del proyecto en ha y MW/hora para proyectos forestales y de energías renovables respectivamente, y certificación de cobeneficios.

En el caso particular de certificación de los cobeneficios, solo los proyectos certificados ante el VCS cuentan con dicha certificación a partir del uso del estándar CCB, es decir, la combinación VCS+CCB. Los proyectos certificados ante el *The Gold Standard* no cuentan con una certificación directa de cobeneficios. En general lograr una etiqueta o certificación de cobeneficios permite evidenciar si el proyecto de reducción de emisiones, además de generar bonos de carbono, tiene la capacidad de demostrar impactos netos positivos a nivel del clima, la comunidad y la biodiversidad y, por tanto, aunque no se ha demostrado una relación directa frente al incremento al precio en el bono debido a dicha etiqueta, los compradores voluntarios buscan comprar bonos de carbono de proyectos que tengan otros beneficios asociados.

Finalmente se construyó una base de datos unificada, la cual comprende la revisión de 7000 documentos mediante el uso del software libre R, a partir del cual se desarrollan gráficos y análisis descriptivos, así como la espacialización de aquellos proyectos que contaban con información cartográfica.

### Modelación del precio de venta de los bonos de carbono en América y el Caribe – Modelo econométrico

Para entender la variación del precio del bono de carbono en las diferentes economías (países) analizados se recolectó información promedia de precios de venta de bonos de carbono desde el 2006 a 2018. La base de datos se construyó a partir de la combinación de precios promedio reportados en Ecosystem Marketplace desde 2007 hasta 2016 y datos reportados por empresas desarrolladoras de proyectos de carbono en la región. Con esta información se creó una base de datos de precios en la cual se relacionan las variables de cada proyecto forestal o energético de reducción de emisiones en América y el Caribe junto con algunas variables macroeconómicas durante un periodo de 12 años (2006–2018).

Se utiliza un modelo de Panel de Datos desbalanceado para explicar el precio del bono de carbono por las características político-ambientales propias de cada economía o mercado (país), donde no solamente los incentivos, sino las instituciones juegan un papel importante en la determinación de estos precios. De manera general, el modelo econométrico considera la existencia de efectos específicos de cada economía. Este se representa por medio de la ecuación (1).

$$y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 x_{1i,t} + \dots + \beta_k x_{ki,t} + \mu_{i,t} \quad (1)$$

donde  $y_{i,t}$  representa el precio del carbono de la economía  $i$  en el año  $t$ .  $X_{i,t}$ , corresponde a las variables explicativas y  $\mu_{i,t}$ , al término de error.

Se evalúan los modelos a través de un pool por mínimos cuadrados ordinarios y un modelo dinámico del logaritmo natural de la variable dependiente, el precio, que como variables explicativas recoge los rezagos de esta variable y las variables independientes de cada economía como se presenta en la ecuación (2).

$$\ln(P) = \beta_0 + \beta_1 EC + \beta_2 RE + \beta_3 C + \beta_4 TamP + \beta_5 TP + \beta_6 E + \beta_7 PIB + \beta_8 \ln(P_{t-1}) + \beta_9 \ln(P_{t-2}) \quad (2)$$

donde:

$P$ : es el precio del bono de carbono en USD

$TP$ : Tipo de Proyecto: 1. Proyectos Forestales, 2. Proyectos de Energías renovables

$C$ : Cobeneficios asociados en clima, comunidad y biodiversidad

$EC$ : Corresponde a cada una de las economías analizadas: Estados Unidos

$WB$ : Clasificación de cada economía país de acuerdo al Banco Mundial, donde están economías de altos ingresos, ingresos medios y bajos ingresos.

$RE$ : Reducción de emisiones anuales en toneladas de CO<sub>2</sub>-e.

$TamP$ : Tamaño de proyecto en Ha o MW/h, dependiendo si es forestal o energético

$E$ : Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> (toneladas métricas per cápita) por economía.

$PIB$ : Producto Interno Bruto per cápita (US\$ a precios constantes de 2010).

$P_{t-1}$ ;  $P_{t-2}$ : Es el precio rezagado 1 y 2 periodos de acuerdo a los resultados obtenidos por medio del test de Granger

#### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### Análisis de la conducta en los estándares voluntarios

La Figura 1, elaborada con información tomada de los reportes generados por Ecosystem Marketplace desde el año 2007 al 2016, sobre la evolución de los diferentes estándares que certifican la generación de bonos de carbono en el mundo. Desafortunadamente para los años 2017 y 2018 no se cuenta con información reportada, dado el cambio en la forma en que los reportes se emiten y como consecuencia de la nueva dinámica mundial asociada al crecimiento de mercados de cumplimiento nacionales como el Colombiano (Ecosystem Marketplace, 2018). No obstante, con la información reportada hasta el año 2015, se observa que el número de estándares que brindan este servicio a pesar de la reducción significativa en el año 2011 a 11 empresas, ha mantenido un número relativamente estable de firmas en el mercado. Sin embargo, a partir del análisis del HHI estimado, es evidente que existe una concentración alta en el mismo y que ha aumentado entre 2008–2015, con un valor promedio para el periodo de análisis de 5.817 puntos, presentando el mayor grado de concentración en el último año, a pesar de que entre 2008 y 2014 osciló entre 1.914 y 3.790 puntos (Figura 2).

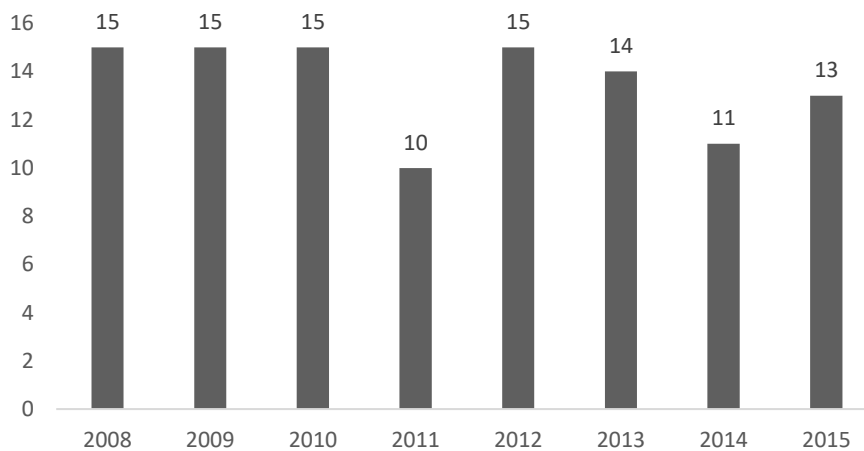


Figura 1. Número de estándares en el mercado de reducción de emisiones voluntarias en el mundo para el período 2008 a 2015.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de *Ecosystem Marketplace*.

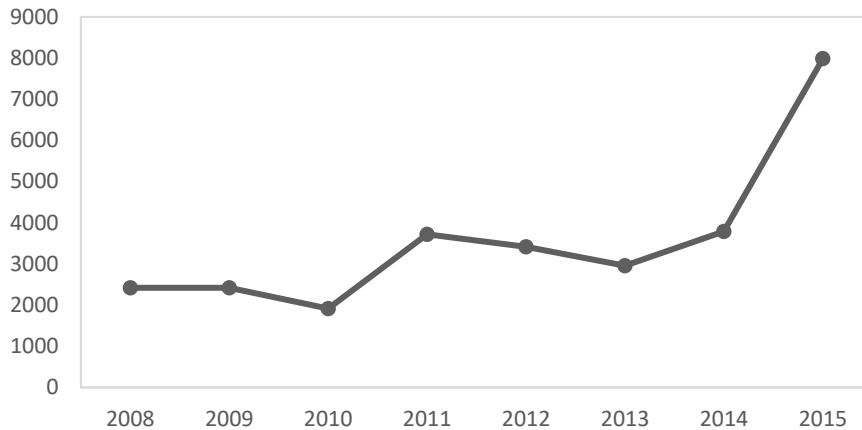


Figura 2. Evolución del Índice *Herfindahl – Hirshman* (HHI) para los establecimientos para el mercado de reducción de emisiones GEI voluntarias en el mundo.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Ecosystem Marketplace.

En el año 2015 prácticamente tres: VCS y sus fusiones VCS+CCB, VCS+ Social Carbon, *The Gold Standard* y CAR controlan más del 90% de las transacciones y participación en el mercado, reflejando un alto nivel de concentración en las transacciones del mismo (Figura 3). Adicionalmente, es claro el dominio sobre las transacciones de reducción de emisiones que posee el estándar VCS con aproximadamente un 70% de participación en el mercado, seguido por *The Gold Standard* con el 19% aproximadamente (Tabla 3).

Tabla 3. Índices de concentración para el mercado voluntario internacional de reducción de emisiones. Año 2015.

Estándar (empresa)	Participación (%)	Participación (Mill USD)	HHI
VCS+CCB	68,90	191,542	
GS	18,5	51,43	
CAR	3,6	10,008	
IP	2,0	5,56	
ACR	2,5	6,95	
CDM/JI	1,9	5,282	
PV	1,8	5,004	
ISO-14064	0,05	0,139	
WCC	0,05	0,139	
NTPS	0,02	0,0556	
JDS	0,01	0,0278	
Otro	0,02	0,0556	
	<b>100</b>	<b>276,193</b>	<b>5186,73</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de *Ecosystem Marketplace*.

Este escenario deja claro que en los estándares existentes para la emisión de bonos de carbono en el mercado voluntario, el *Verified Carbon Standard* es el más empleado a nivel mundial. Por otro lado, para el caso de la certificación de los cobeneficios comunitarios y sobre la biodiversidad, el VCS adquirió el estándar CCB y generó alianzas con el estándar Social carbón, los cuales históricamente fueron reconocidos como los estándares con mayor posicionamiento en la certificación de los cobeneficios sociales y en biodiversidad a nivel mundial.

En el caso del *The Gold Standard*, este inicialmente consideraba sólo dos categorías de proyectos elegibles para la generación de bonos de carbono, los proyectos de energías renovables y los de mejora de eficiencia energética (por ejemplo, digestores de biogás, hornos eficientes, tecnologías de tratamiento de agua, combustible de biomasa, iluminación eficiente, biodiesel con base en aceite o grasa de desecho). No obstante, en el año 2014, *The Gold Standard* adquiere los derechos de manejo y comercialización de los proyectos *CarbonFix*, generando una nueva categoría en su portafolio de proyectos denominada *Gold Standard AR* para proyectos de reforestación y restauración de ecosistemas.

El análisis de esta información evidencia que existen dos estándares en el mundo donde se certifica la mayor cantidad de proyectos de reducción de gases de efecto invernadero y que corresponden al VCS con los estándares de certificación de cobeneficios asociados (*CCBS* y *Social Carbon*) y *The Gold Standard*. Por tanto, las empresas que desarrollan y certifican proyectos para la generación de bonos de carbono bajo estos estándares, son las firmas objeto de interés para este estudio, dado que permitirá obtener una muestra mayoritaria y representativa sobre su comportamiento en el mercado.

### Conducta e incentivos para el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones

El cambio climático es un tema de análisis global e incluso desde su concepción más técnica, el impacto que se genera por la implementación de actividades que favorezcan o afecten la calidad ambiental, tienen efecto global como el asociado a la circulación de gases de efecto invernadero (Zhu et

al., 2019; Zhou & Li, 2018). Es por ello que la política de cambio climático se ha caracterizado por ser una iniciativa internacional. Algunos hitos que reflejan el desarrollo de dicha política corresponden al protocolo de Kyoto firmado en el año 1997 y el acuerdo de París en el año 2015 han ratificado y promovido una serie de estrategias asociadas a las finanzas climáticas y del carbono en el mundo (Gavard & Kirat, 2018; Zhou & Li, 2018; Liobikienė & Butkus, 2017).

Paralelamente en el año 2006 nacen los mercados voluntarios de carbono. Su objetivo principal fue promover la comercialización voluntaria de bonos de carbono y el desarrollo de proyectos de reducción de gases de efecto invernadero de manera más ágil y menos burocrática, así como promover la certificación de cobeneficios que incentiven a los compradores de bonos de carbono. Por otro lado, los estándares voluntarios generaron las únicas metodologías que existen para cuantificar el potencial de reducción de emisiones generadas por la conservación y deforestación evitada de los bosques. Estos proyectos conocidos como carismáticos atrajeron aún más a los compradores voluntarios en el mundo y en la región. América Latina y el Caribe, por ejemplo, se convirtieron en una de las regiones con mayor proyección en el mundo para el desarrollo de proyectos forestales (Figueres & Streck, 2009; Passero, 2009; Ecosystem Marketplace, 2007).

Desde el punto de vista económico los principales incentivos se asocian a la posibilidad de generar oportunidades en las regiones a partir de la generación de nuevos ingresos económicos para el establecimiento de los proyectos como el pago por bonos de carbono y cobeneficios (Herr et al., 2019; Karhunmaa, 2018), la nueva economía del cambio climático y la identificación de riesgos generados por el cambio climático en los diferentes sectores productivos (Ashley & Johnson, 2018). La conclusión general es que mientras más se retrase dicho cambio en la disminución de las emisiones, los costos para el desarrollo de negocios en todos los sectores productivos, tenderán a incrementarse (Trivyza et al., 2019; Zhu et al., 2019; Zhou & Li, 2018). Finalmente todas estas estrategias confluyen en un único y primordial incentivo que corresponde a poner un precio a la contaminación por las emisiones de CO<sub>2</sub> y comúnmente conocido como el precio al carbono. El precio al carbono representa todas aquellas estrategias en crecimiento en la política pública que buscan poner un precio a la contaminación por las emisiones de CO<sub>2</sub> para generar la disminución de las mismas e incentivar inversión pública y privada en alternativas más amigables con el medio ambiente (Zhu et al 2019; Song et al., 2019; Zhou & Li, 2018).

Esta estrategia parte de que los países analizan los costos externos de emisión de contaminación por carbono y su efecto negativo en actividades como la agricultura, la salud poblacional a partir de cambios en el clima como olas de calor, sequías, inundaciones, aumentos en el nivel del mar y conectan todos esos daños a los procesos productivos o fuentes que las originan a partir impuesto a la contaminación o precio al carbono. Dicho precio permite ajustar la carga asociada al daño ambiental hacia aquellos que son considerados los principales responsables por la misma y por ende que deben reducirla. Esto en teoría permitirá evitar lo que comúnmente se conoce como la tragedia de los comunes, donde los agentes económicos individuales obtienen el beneficio pleno de consumir combustibles fósiles, pero pagan una fracción no significativa asociada al costo de contaminar. Adicionalmente, ha evidenciado que a nivel de política pública estimula la disminución de los costos disminución de la contaminación (Boyce, 2018)

El precio al carbono por tanto genera un mensaje a nivel económico donde los contaminadores deciden la manera en que pueden reducir sus emisiones, como hacer cambios en sus sistemas

productivos o continuar contaminando y pagar por ello. Se considera que de esta manera el objetivo ambiental general es alcanzado de una manera costo efectiva para la sociedad. El precio al carbono también estimula el desarrollo de tecnologías limpias, innovaciones de mercado, nuevos combustibles y motores de desarrollo económico bajos en carbono de manera costo efectiva para las empresas (Trivyza et al 2019; Zhu et al 2019; Zhou & Li 2018; Boyce, 2018).

Según Boyce (2018) existen dos tipos de precio al carbono: Los sistemas de transacción de permisos de emisión comúnmente conocidos como ETS, por sus siglas en inglés y el impuesto al carbono propiamente dicho. Un ETS es por lo general un Sistema *cap-and-trade* donde el techo corresponde al nivel de emisiones de gases de efecto invernadero permitido para las industrias de un sector productivo (Lin & Jia, 2019). El impuesto al carbono establece un impuesto directo a las emisiones como el contenido de carbono en los hidrocarburos. Se diferencia del ETS en que no existe una cantidad pre determinada sujeta al impuesto y este aplica al total de las emisiones y no solo a un porcentaje como en el ETS. La selección de uno u otro mecanismo depende de las circunstancias económicas y políticas de cada país y su eficiencia para implementarlos (Nabernegg et al., 2019). Ambos mecanismos originan lo que comúnmente se conoce como mercados domésticos y permiten incluso la articulación de los bonos de carbono generados en los mercados voluntarios como una alternativa adicional de reemplazar el total o un porcentaje de los permisos de emisión e impuesto. Por ejemplo, Europa, China, Australia con su mercado doméstico se caracterizan por liderar proyectos nacionales de reducción de emisiones (Nabernegg et al., 2019; Song et al., 2019; Lin & Jia, 2019; Song et al., 2019; Bakhtiari, 2018; Zhou & li, 2018).

De acuerdo al *carbon pricing dashboard* del Banco Mundial<sup>9</sup> existen 57 iniciativas de implementación o pre estructuración de precio al carbono en el mundo con un potencial de reducción de emisiones estimada al año 2019 de 11 Gton CO<sub>2</sub>-e y que representan el 19.6% del total global de emisiones de gases de efecto invernadero. Para el caso específico de América y el Caribe, en la Tabla 4 se presentan los países con iniciativas implementadas y en diseño frente al precio al carbono. Adicionalmente la Figura 3 presenta la evolución del precio promedio de los bonos de carbono en el mercado voluntario para los países de América y el Caribe y el precio específico del carbono para aquellos países que han implementado dicha iniciativa y donde se observa que en Colombia y México el precio al carbono se ha orientado hacia la implementación de proyectos forestales y para el caso de Chile y Estados Unidos, se ha orientado hacia la implementación de proyectos de energías renovables.

Cabe resaltar que es en Colombia y Chile donde dicho precio rompe con la tendencia a la baja en el precio del bono de carbono para la región. Este resultado es importante, ya que evidencia la dinamización de la economía del mercado de carbono a partir de la implementación de políticas públicas asociada a dicho precio.

---

<sup>9</sup> El tablero del precio al carbono del Banco Mundial ofrece las estadísticas más actualizadas frente al avance de iniciativas del precio al carbono en el mundo. Puede consultarse en: <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>

Tabla 4. Modalidades del precio al carbono aprobadas y bajo implementación en América y el Caribe.

País	Precio al carbono	
	ETS	Impuesto al Carbono
Canada	✓	
EU		✓
Mexico	✓	✓
Colombia	✓	✓
Guyana Francesa		✓
Chile	✓	✓
Argentina		✓

Fuente: Elaboración propia a partir de *carbon pricing dashboard*.

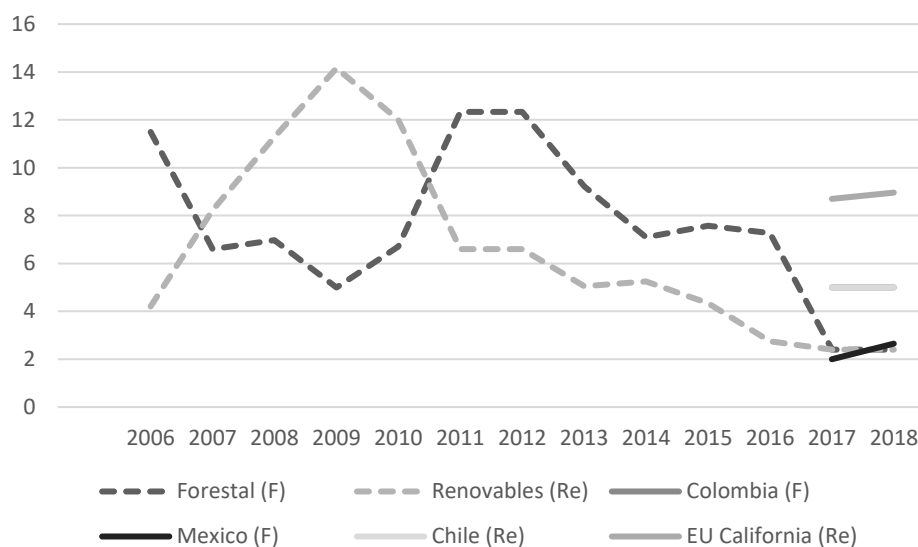


Figura 3. Comportamiento del precio del bono de carbono en América y el Caribe entre el año 2006 y 2018 y el inicio de mecanismos regulatorios asociados al precio al carbono a partir del año 2017.

Fuente: elaboración propia a partir de *Ecosystem Marketplace*

En cuanto a la conducta de las empresas desarrolladoras y/o comercializadoras de bonos de carbono, se identificó un total de 1.181 empresas que a la fecha han registrado proyectos de reducción de emisiones en los estándares voluntarios. El indicador HHI obtenido fue de 255,9 en 2018, lo cual refleja que para este año este mercado presenta alta competencia entre las empresas desarrolladoras con una baja participación de cada una de ellas en el mercado. No obstante, existe un grupo de empresas líderes que concentran el mayor beneficio ambiental en términos de emisión y registro de reducción de emisiones en sus proyectos, donde la primera tiene el 11% seguido del 6,6% y 4,2%, que ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente, y que en toneladas representan 0,88 billones de toneladas de CO<sub>2</sub>-equivalente (Tabla 5).

Tabla 5. Índice de concentración de Mercado para las empresas que desarrollan proyectos para la generación de bonos de carbono en el mundo (2018). La tabla presenta el porcentaje de participación para las primeras 20 empresas.

<b>Desarrollador de proyecto</b>	<b>Ton CO<sub>2</sub>-e</b>	<b>%</b>	<b>HHI</b>
			<b>255,9</b>
PT. Rimba Makmur Utama (PT. RMU)	447.110.760	11,1	
South Pole Carbon Asset Management	265.028.994	6,6	
Wildlife Works Department of Carbon Development	170.148.390	4,2	
Bureau of Energy Efficiency	140.000.000	3,5	
Ecological Carbon Offsets Partners, LLC (ecoPartners)	113.487.870	2,8	
InfiniteEARTH	105.815.130	2,6	
MEDIAMOS F&M SAS	105.048.208	2,6	
Wildlife Works Carbon	87.153.629	2,2	
Wildlife Conservation Society for the Ministry of Environment of the Royal Government of Cambodia	85.598.880	2,1	
ECOTIERRA Celso Alexis Navia Cuba	78.765.560	1,9	
Bosques Amazónicos	62.638.670	1,5	
NHPC Limited	59.997.962	1,5	
Mr. Ding, Zhaoming China Carbon Technology Co., Ltd.	55.056.939	1,4	
Jaiprakash Power Ventures Ltd	50.100.230	1,2	
MGM International S.A.S.	45.016.090	1,1	
Rainforest Alliance, Inc.	41.611.658	1	
Environmental Accounting Services (EAS) for Rainforest Project Management Limited	39.240.700	1	
Conservation International	36.988.140	0,9	
The Wildlife Conservation Society (WCS)	36.749.699	0,9	
Ecosystem Services LLC	32.695.560	0,81	
<b>Número de empresas: 1.181</b>			

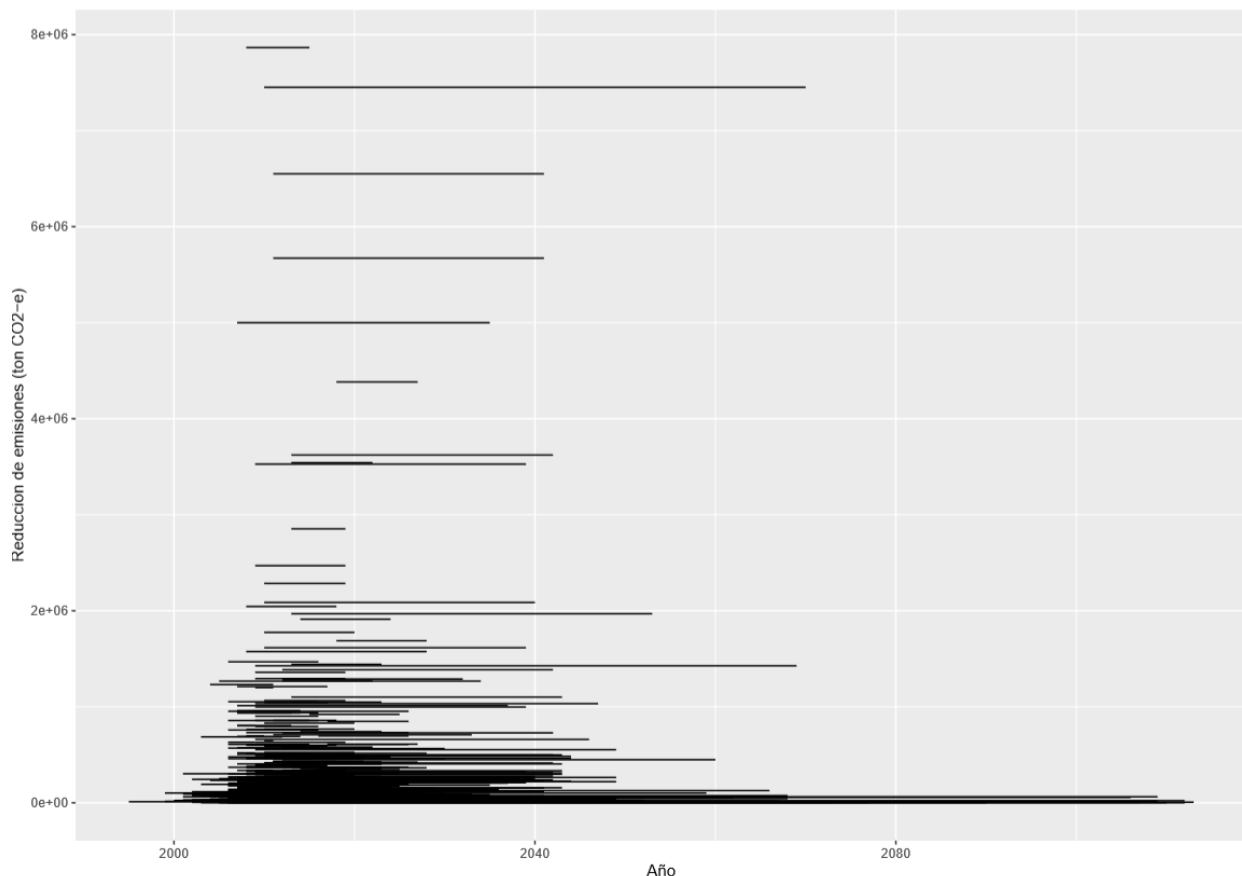
Fuente: elaboración propia a partir de datos VCS y *The Gold Standard*

### **Estado de los proyectos de reducción de emisiones certificados ante los estándares voluntarios en el mundo**

En total se recolectó información asociada a 2.444 proyectos en el mundo y con una serie temporal que abarca proyectos desde 3 años de duración hasta los 100 años (Figura 4). De este grupo de proyectos, 1.495 corresponden a proyectos de energías renovables y 949 a proyectos forestales. La Figura 5 presenta la distribución de los mismos en el mundo y el total de reducción de emisiones acumuladas alcanzadas por cada país durante el período de permanencia registrado de cada proyecto ante los estándares. En cuanto a energías renovables (Figura 6) además de China que lidera la generación

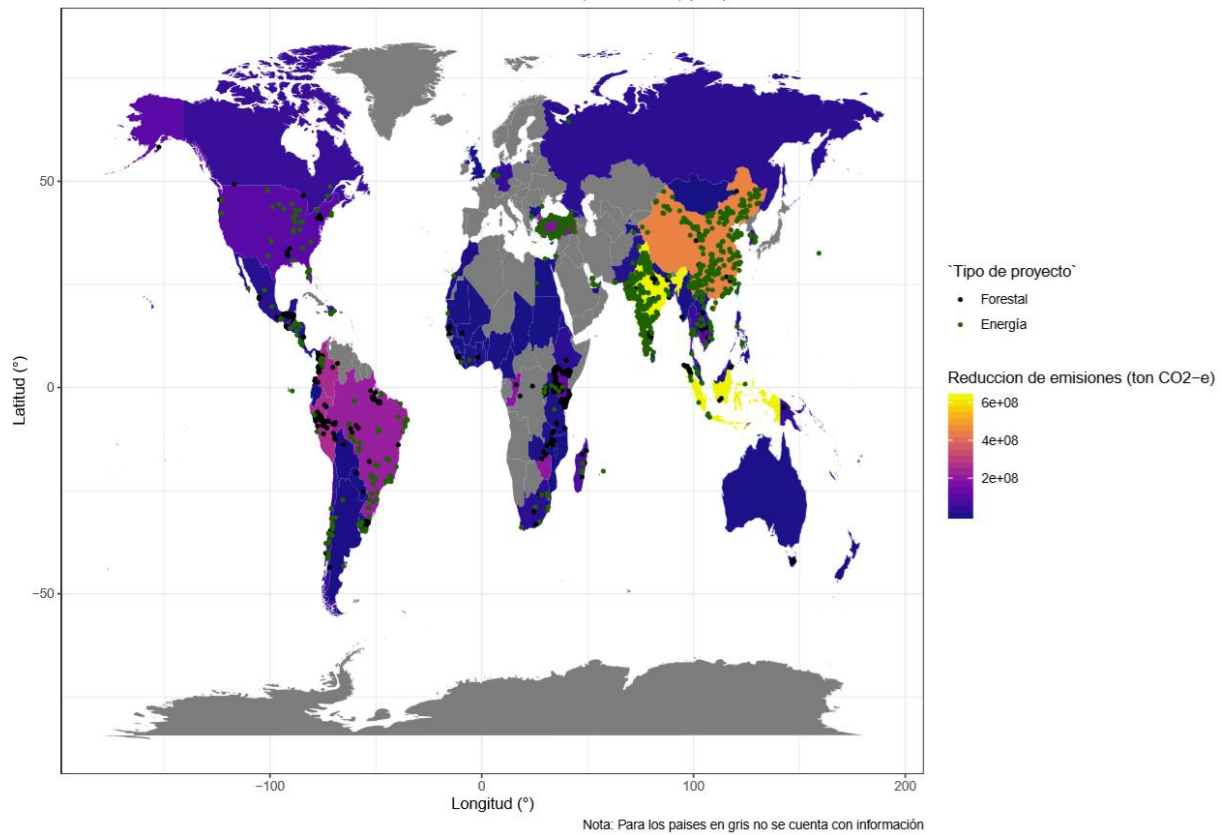
hidroeléctrica y de nuevos proyectos de energías renovables, India y el Sudeste Asiático ratifican su liderazgo en el tema y una participación no despreciable de algunos países africanos. Según Chang et al., (2019) y Zhou & li (2018) una de las principales explicaciones del liderazgo asiático encabezado por China se debe a que con el objetivo de responder eficazmente al cambio climático, el gobierno Chino tomó varias medidas para controlar sus emisiones de gases de efecto invernadero desde octubre de 2011 y consignados en su plan a doce años aprobado por la *The National Development and Reform Commission* (NDRC) que regula además el establecimiento de su mercado doméstico de transacción de permisos de emisión (ETS) en siete ciudades piloto: Beijing, Taijin, Shanghai, Chongqing, Hubei, Guangdong y Shenzhen.

En cuanto a proyectos forestales (Figura 7), evidencia claramente una mayor focalización de proyectos en Latinoamérica. Estos resultados reflejan de manera clara e intuitiva que existen polos de desarrollo de proyectos en Asia y África en temas de energías renovables y limpias y Latinoamérica para el caso de proyectos forestales.



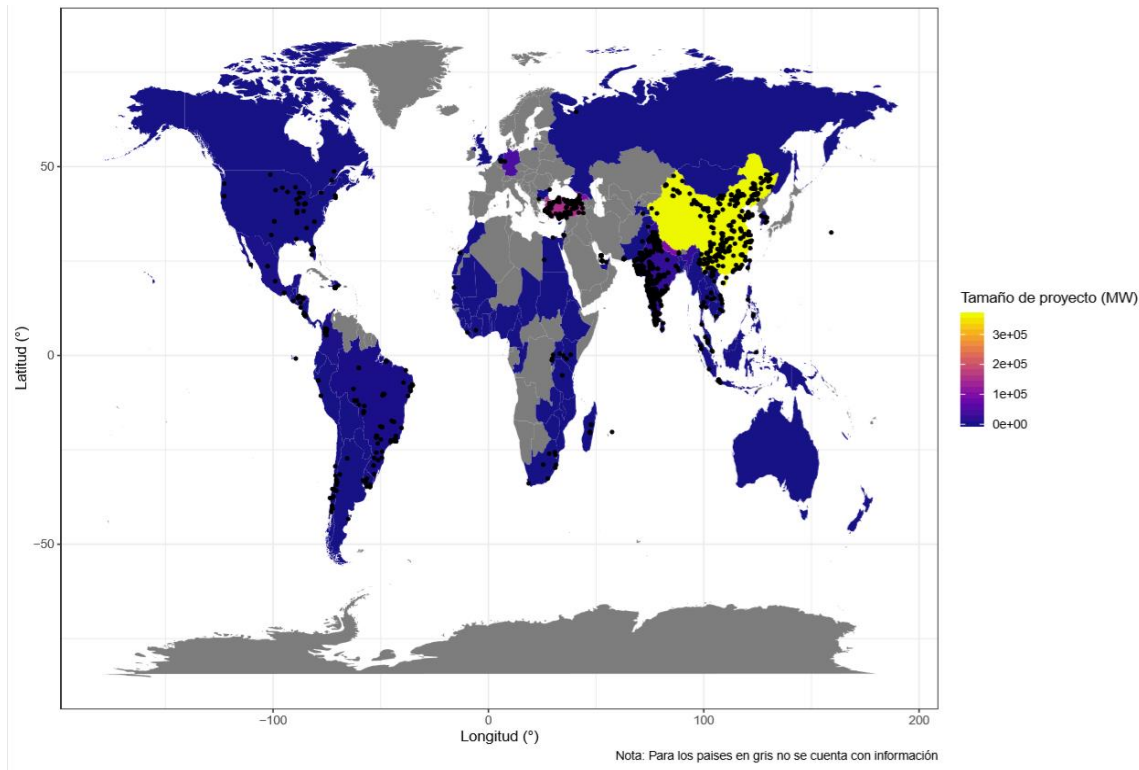
*Figura 4.* Series de tiempo para la reducción de emisiones anuales generadas por los proyectos registrados ante los estándares voluntarios de carbono (VCS y *The Gold Standard*). Nótese que el periodo de permanencia de los mismos se concentra fuertemente entre el año 2000 y 2040. Fuente: elaboración propia.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de VCS y *The Gold Standard*.

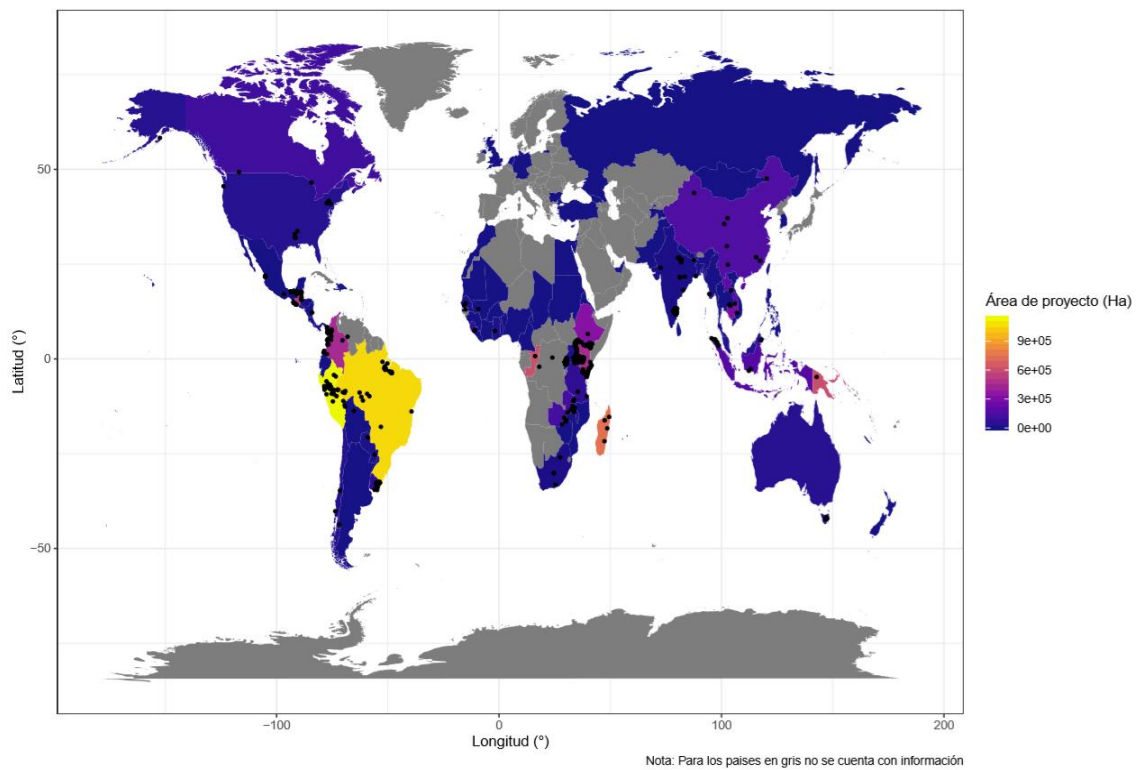


*Figura 5. Distribución de proyectos forestales y energías renovables registrados en los estándares VCS y The Gold Standard en el mundo.*

*Fuente: elaboración propia a partir de datos de VCS y The Gold Standard.*



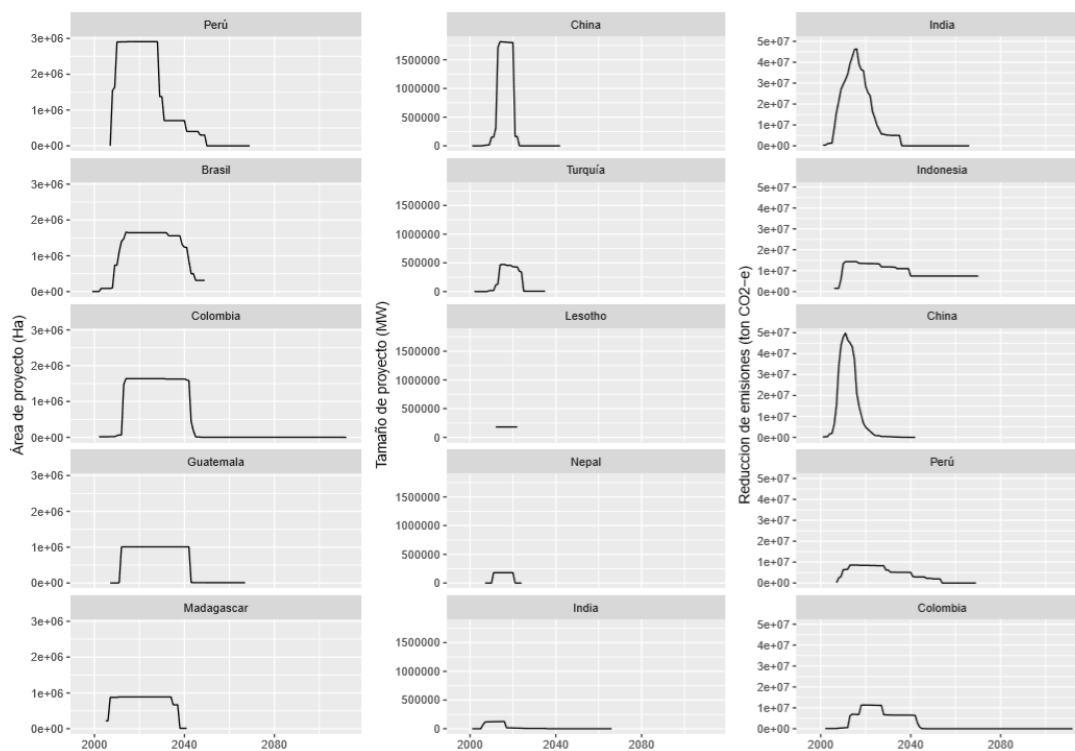
*Figura 6. Tamaño promedio de proyectos de energías renovables en el mundo.  
Fuente: elaboración propia a partir de datos de VCS y The Gold Standard.*



*Figura 7. Tamaño promedio de proyectos forestales en el mundo.  
Fuente: elaboración propia a partir de datos de VCS y The Gold Standard.*

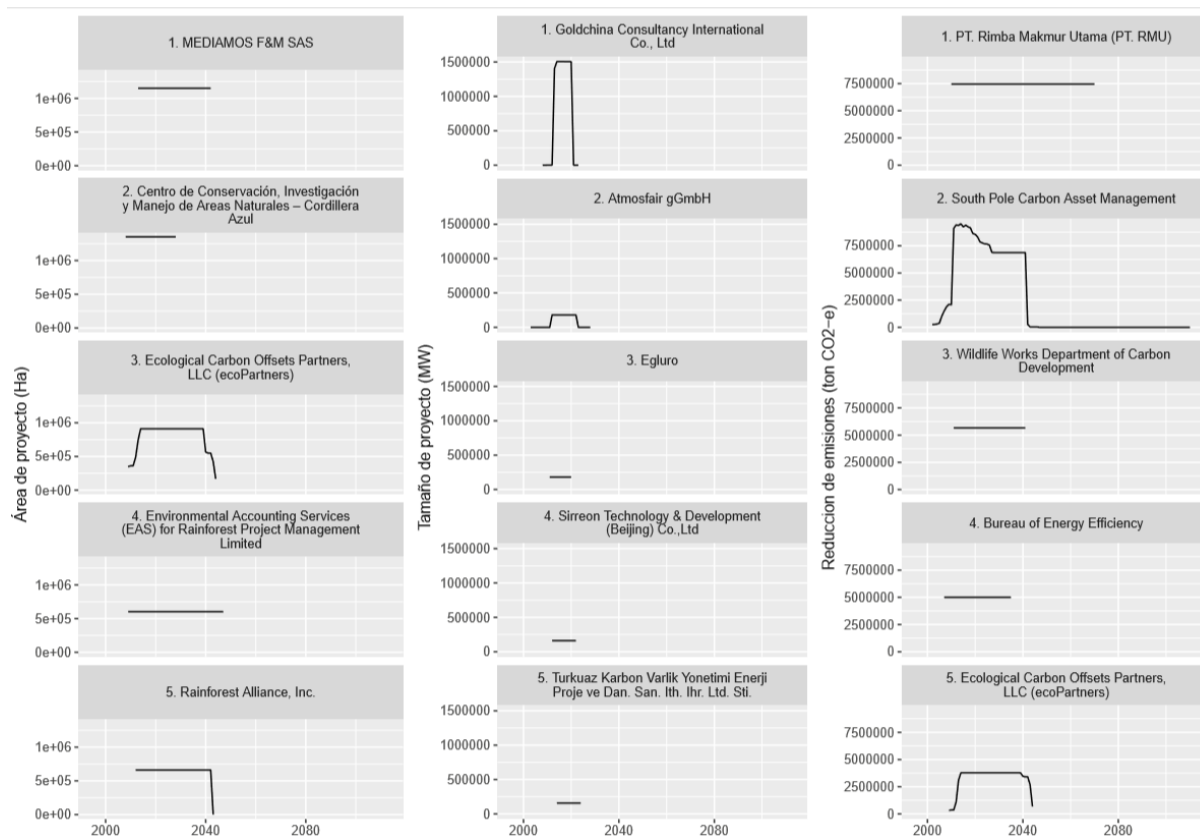
Al analizar esta información por país y desarrollador de proyecto, se generan resultados interesantes que nos permiten identificar desde el nivel macro hasta el nivel de proyecto/ desarrollador los países y firmas más influyentes por tipo de proyecto en el mundo. Por ejemplo la Figura 8 refleja que en cuanto al tamaño de proyecto en el sector forestal, Perú, Brasil, Colombia y Madagascar poseen las áreas de proyectos forestales de mayor tamaño, por su parte, China, Lesotho, Nepal, India los proyectos de energías renovables de mayor capacidad de generación. Por otro lado, en cuanto a potencial acumulado promedio de reducción de emisiones por país, China, India, Indonesia, Perú y Colombia lideran el mayor impacto ambiental a nivel mundial.

Ahora bien, al evaluar el impacto ambiental en términos de reducción de emisiones de manera más detallada, encontramos que Perú lidera en el sector forestal con el proyecto más grande y China los proyectos de mayor tamaño en energías renovables. No obstante, de manera general, India es el país que mayor reducción de emisiones ha registrado a 2018 (Figura 8). Ahora bien, a nivel de empresas desarrolladoras en el mundo, la empresa Mediamos F&M SAS para proyectos forestales y localizada en Colombia y la Goldchina Consultancy International Co, Ltd en el caso de energías renovables en MW, localizada en China han desarrollado los proyectos de mayor tamaño. No obstante, a pesar de desarrollar los proyectos de mayor tamaño, no corresponden a las empresas que históricamente han generado mayor reducción de emisiones y tienen el mayor potencial de generarlas. En este sentido, a nivel mundial las empresas PT Rimba Makmur Utama y South Pole son las empresas desarrolladoras con mayor potencial de generar reducción de emisiones en toneladas de CO<sub>2</sub>-e (Figura 9).



*Figura 8.* Desempeño de los países en cuanto a desarrollo de proyectos de reducción de emisiones en el mundo. A la izquierda definido por área, centro Megavatios y derecha potencial de reducción de emisiones.

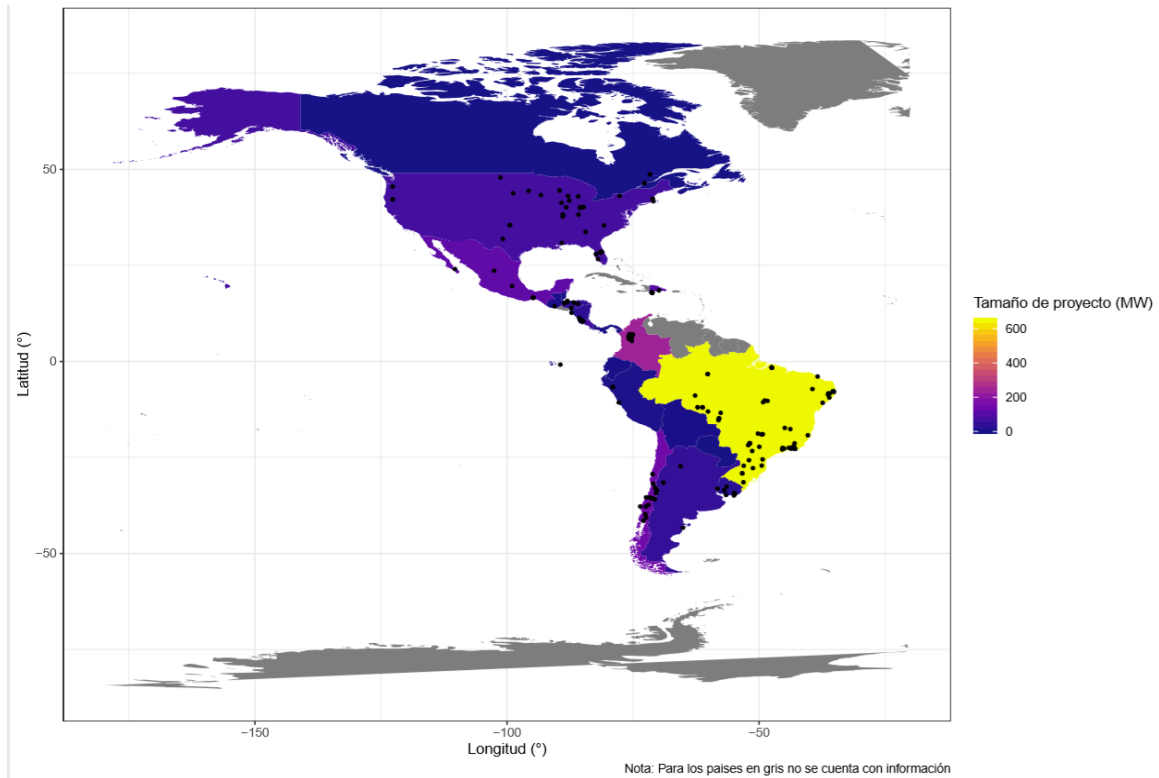
Fuente: elaboración propia a partir de datos de VCS y *The Gold Standard*



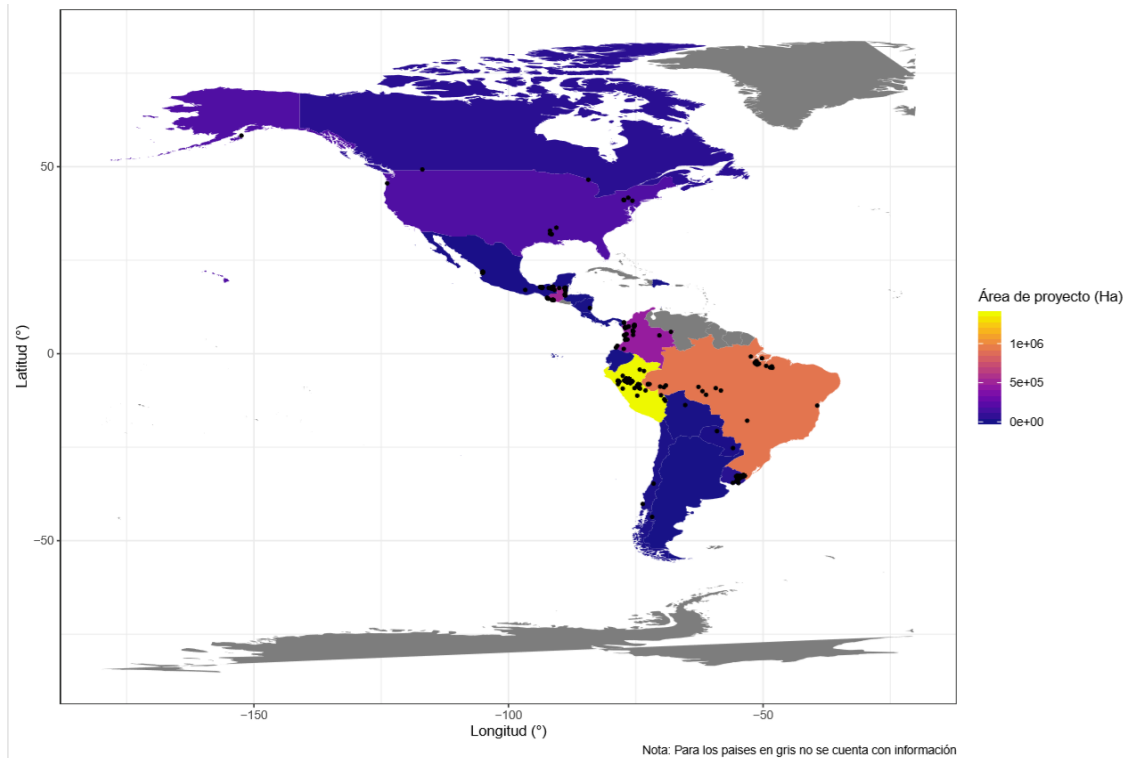
*Figura 9.* Desempeño de las empresas desarrolladoras de proyectos de reducción de emisiones en el mundo. A la izquierda definido por área, centro Megavatios y derecha potencial de reducción de emisiones.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de VCS y *The Gold Standard*

Si se hace un análisis más detallado en América y el Caribe encontramos que la concentración de mayor tamaño promedio en proyectos para energías renovables está en Brasil, Colombia y Chile (Figura 10). En el caso de proyectos forestales, Perú, Brasil y Colombia lideran en la región (Figura 11). Finalmente los países que poseen el mayor impacto ambiental promedio en reducción de emisiones para ambos sectores corresponden a Perú, Brasil y Colombia. Cabe resaltar el posicionamiento de Colombia en los últimos 5 años en la región con un potencial de reducción de emisiones por encima de los 2.5 billones de ton de CO<sub>2</sub>-e para un periodo promedio de 20 años (Figura 12). Este resultado se debe, en gran medida, que a partir del año 2017 estableció la política nacional del impuesto al carbono que ha dinamizado el mercado de carbono voluntario y nacional en el sector forestal.



*Figura 10.* Tamaño promedio de proyectos de energías renovables América y el Caribe.  
Fuente: elaboración propia a partir de datos de VCS y *The Gold Standard*



*Figura 11.* Tamaño promedio de proyectos forestales en América y el Caribe.  
Fuente: elaboración propia a partir de datos de VCS y *The Gold Standard*

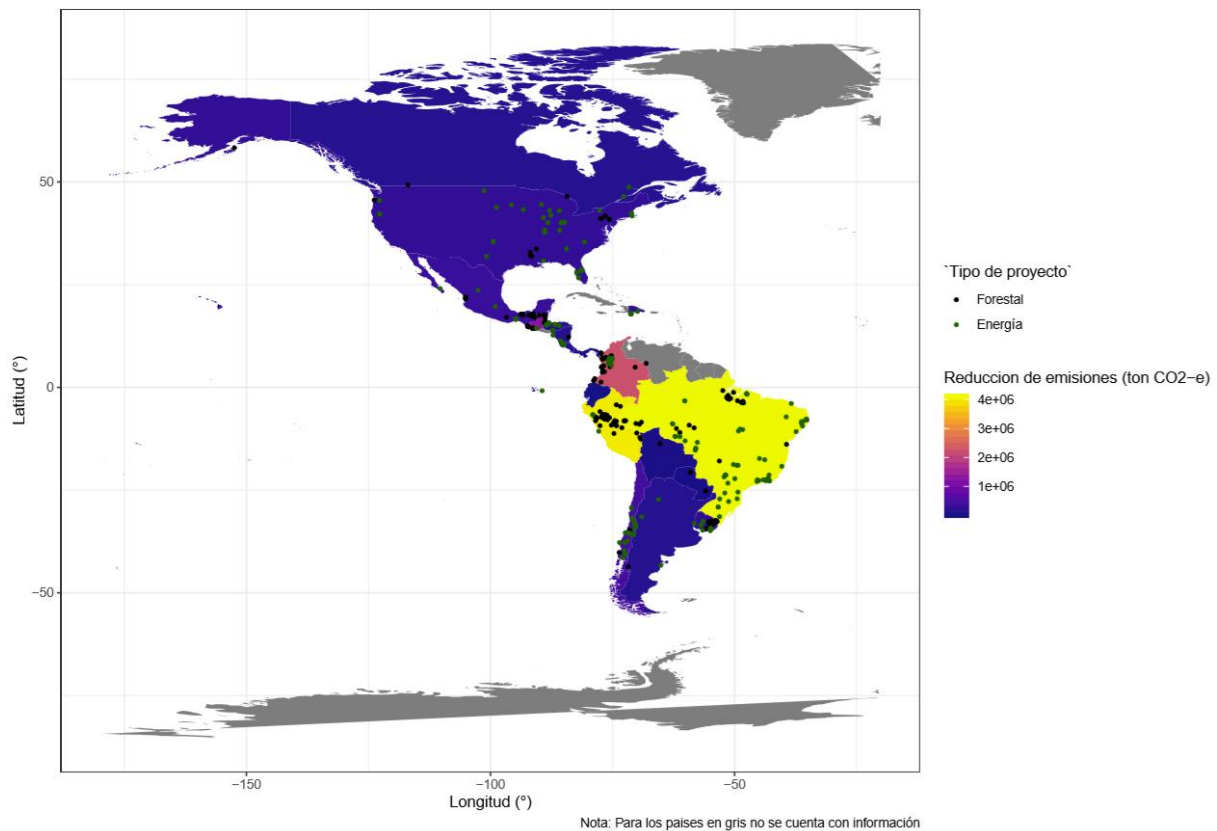
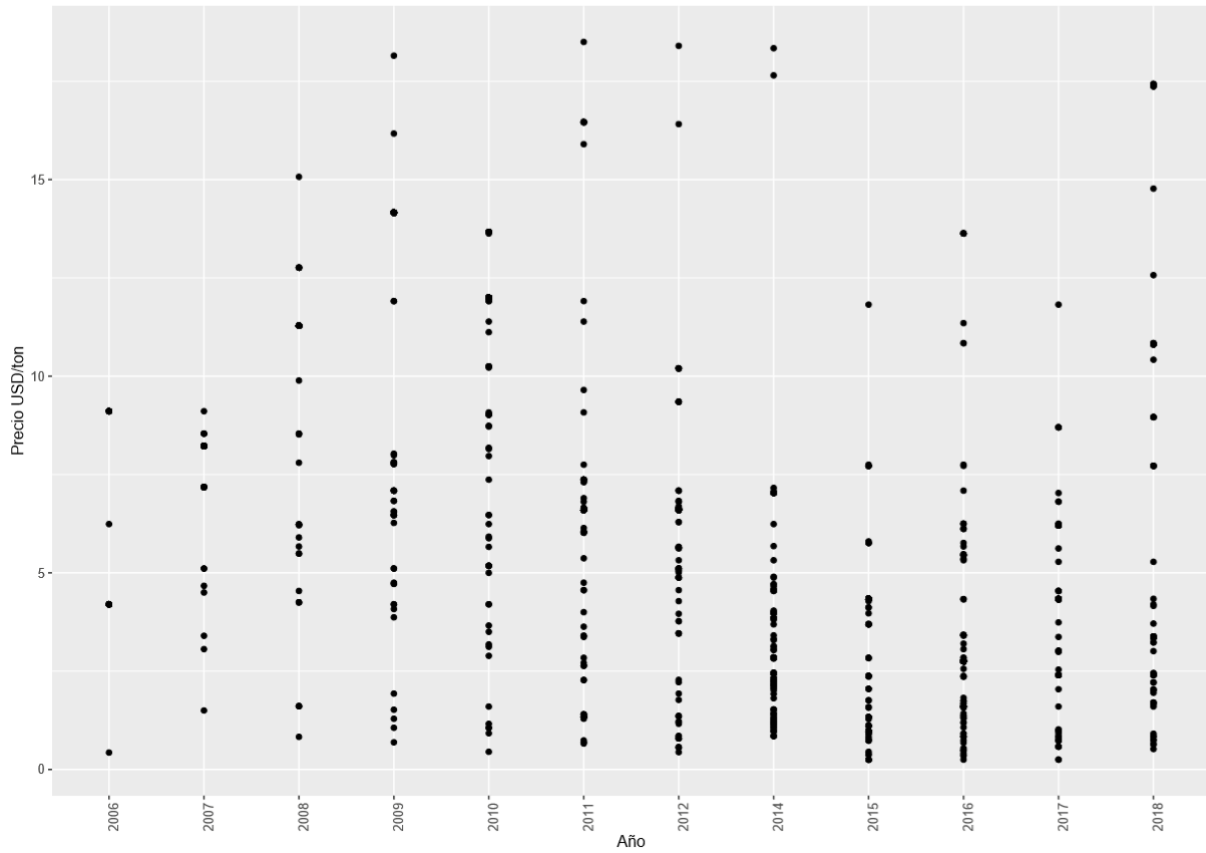


Figura 12. Potencial de reducción de emisiones para los países de América y el Caribe en el sector forestal y energías renovables.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de VCS y *The Gold Standard*

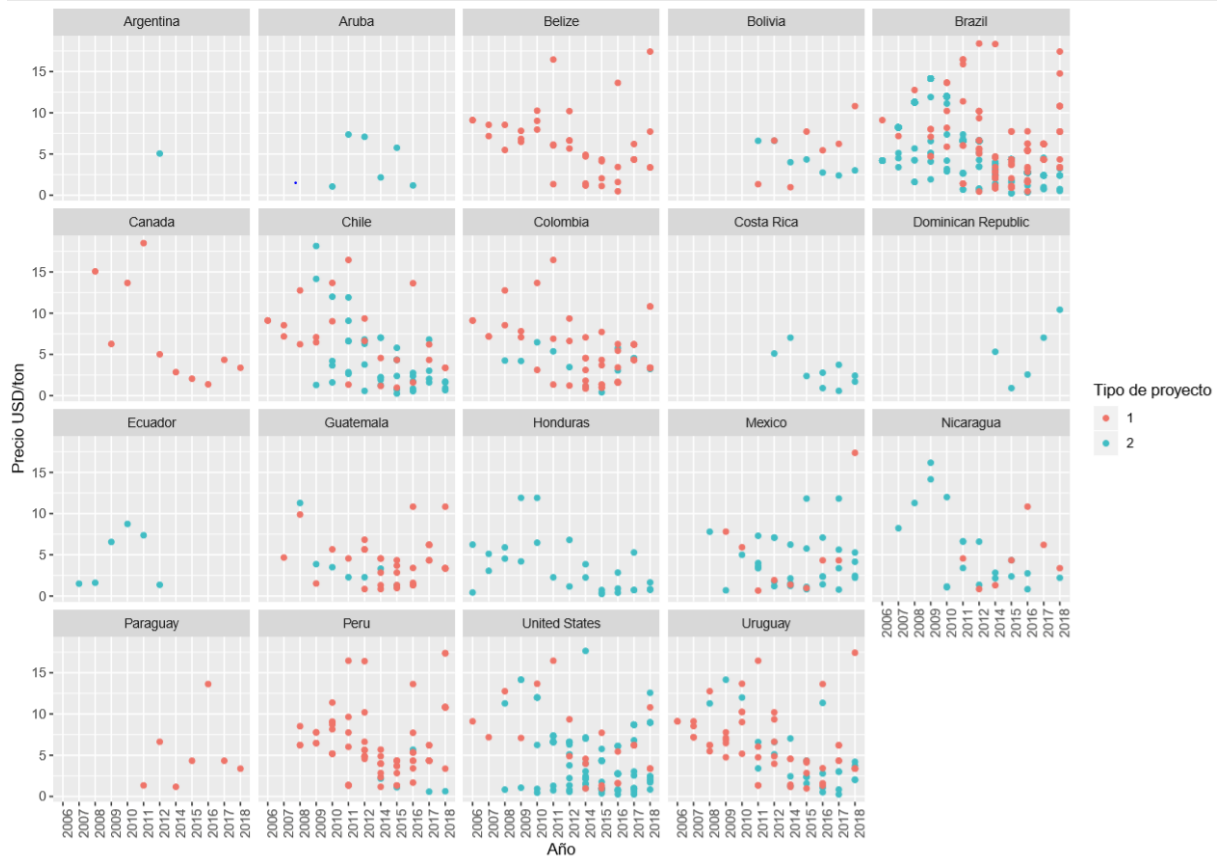
### Modelación del precio de venta de los bonos de carbono en América y el Caribe

La Figura 13 presenta los precios para cada uno de los proyectos analizados en América y el Caribe y que corresponde a 18 países que cuentan con proyectos registrados ante los estándares voluntarios y un total de 260 proyectos con una base de datos de precios históricos de 1.181 observaciones en el periodo 2006 a 2018. Esta base de datos tuvo en cuenta la particularidad generada en la variación de los precios de los bonos de carbono establecida por aquellos países como Colombia, Chile, Estados Unidos, Canadá y México que cuentan con un mercado doméstico de reducción de gases de efecto invernadero aprobado o bajo implementación y, por tanto, un precio fijo máximo para los bonos de carbono. En esta gráfica se evidencia además que existe una alta variabilidad en el comportamiento anual del precio del bono de carbono entre proyectos para un mismo año se pueden diferenciar precios altamente variables y dicho comportamiento se corrobora incluso a nivel de país (Figura 14).



*Figura 13.* Precio promedio del bono de carbono para proyectos forestales y de energía renovable en América y el Caribe durante el periodo 2006–2018.

Fuente: elaboración propia a partir de información de *Ecosystem Marketplace* y desarrolladores de proyectos



*Figura 14.* Predio promedio del bono de carbono para proyectos forestales y de energía renovables por país en América y el Caribe durante el período 2006–2018. 1. Corresponde a proyectos forestales, 2. Proyectos de energías renovables.

Fuente: elaboración propia a partir de información de *Ecosystem Marketplace* y desarrolladores de proyectos

Los resultados del modelo econométrico cumplen con los supuestos teóricos sobre los cuales se fundamentan estos modelos. En primer lugar para la estimación del panel de datos entre países, el cual corrige posibles problemas de endogeneidad, dado que se considera en términos dinámicos, es decir con el rezago de la variable dependiente, se encuentra que todos los coeficientes asociados a cada una de las variables resultan estadísticamente significativas y con los signos esperados de acuerdo con la teoría económica y con el funcionamiento del mercado. En segundo lugar, se realizó una prueba de normalidad multivariada sobre los residuales y muestra que sigue una distribución normal y con un modelo ajustado que puede explicar el 76% de la variación del precio del bono de carbono para los proyectos entre los países. Los resultados se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Estimación del modelo dinámico para la variación de los precios de los bonos de carbono en América y El Caribe.

<b>Variable</b>	<b>Estimación Pool mínimos cuadrados ordinarios</b>	<b>Estimación Efectos Fijos dinámica</b>
Belice	-11,60*** (2,43)	-17,05*** (4,69)
Brasil	-8,38*** (2,11)	-12,06*** (3,91)
Canada	10,66*** (2,19)	-16,48*** (3,94)
Chile	-7,17*** (1,76)	-10,18*** (3,16)
Colombia	-10,78*** (2,34)	-15,70*** (4,48)
Ecuador	-11,19*** (2,29)	-16,19*** (4,44)
Guatemala	-13,26*** (2,59)	-18,68*** (5,05)
Honduras	-12,62*** (2,59)	-18,43*** (5,07)
México	-9,692*** (1,95)	-13,68*** (3,67)
Nicaragua	-13,13*** (2,65)	-19,29*** (5,17)
Peru	-11,51*** (2,39)	-16,44*** (4,59)
Estados Unidos	11,09*** (2,21)	17,19*** (4,17)
Uruguay	-8,16*** (2,09)	-11,49*** (3,82)
RE	0 0	5,23E-07*** (1,63E-07)
C	0,17 (0,20)	0,04 (0,19)
TamP	0 0	6,76E-07** (2,93E-07)
TP	0,04 (0,14)	0,04 (0,13)
E	0,21 (0,18)	0,199 (0,30)
PIB	0,0004*** (0,0001)	0,001*** (2E-04)
<b>Variable</b>	<b>Estimación Pool mínimos cuadrados ordinarios</b>	<b>Estimación Efectos Fijos dinámica</b>

lag(Ln(P),1)	0,224*** (0,065)	0,397*** (0,10)
lag(Ln(P),2)	0,29*** (0,07)	0,58*** (0,11)
Constante	14.804*** -2808	20.198*** -5518
Observaciones	262	79
R2	0.374	0.825
R2 ajustado	0.319	0.761
Estadístico F	6.834*** (df = 21; 240)	12.817*** (df = 21; 57)

Fuente: elaboración propia a partir de información de *Ecosystem Marketplace* y desarrolladores de proyectos

Para entender este comportamiento, es importante recordar que un elemento clave en la dinámica de las empresas desarrolladoras y los estándares es el asociado a los incentivos económicos que se generan para promover el desarrollo de proyectos en cada país, en el que además de variables como el perfil climático regional y los actores interesados, las prácticas regionales y locales de consumo tienen un efecto importante en la dinámica de comercialización de los bonos de carbono, lo cual implica la participación de los gobiernos en la toma de decisiones frente a la continuidad o no de su participación en el mercado y la dinamización del mismo (Zhu et al 2019; Chang et al., 2019; Davhale & Sarkis, 2018; Perera et al., 2018; Dormady & Healy, 2018; Ashley & Johnson, 2018; Fumo, 2014).

Los resultados del modelo reflejan que la variación en el precio del bono de carbono entre los proyectos se explica principalmente por la localización de los mismos, es decir, el efecto país es significativo a la hora de considerar el potencial valor de los bonos al igual que el potencial de reducción de emisiones anuales. Esto permite inferir que los cambios regulatorios asociados a cada país frente al precio al carbono tienen un efecto importante en la variación del bono de carbono. Además, nos encontramos ante un mercado que no presenta un valor alto de concentración de mercado para las empresas que participan en él (Tabla 5), y, por tanto, dicha conducta no tendría un peso significativo en la explicación del precio del bono de carbono en la región. Asimismo, la Tabla 7 presenta el precio promedio del bono de carbono para el período entre 2006 y 2012 para los proyectos forestales y de energías renovables para cada uno de los países de América y el Caribe analizados.

Los resultados reflejan que en general, los proyectos forestales han sido vendidos a mayores precios durante el período de análisis en comparación con los proyectos de energías renovables. En cuanto al comportamiento promedio de cada país, se evidencia que para el período de análisis, Canadá y Chile son los países donde los bonos de carbono forestales generados por los proyectos, se han vendido a mayor precio y Brasil, Nicaragua en el caso de energías renovables. Los coeficientes para el modelo estimado indican que en promedio un bono de carbono que se genere en Norte América genera un incremento positivo en el precio de venta del bono de carbono en comparación con el resto de países de la región.

Tabla 7. Precio promedio de los bonos de carbono para los proyectos forestales y de energías renovables a nivel de país en América y el Caribe durante el período 2006-2018.

Forestal		Energías Renovables	
<i>País</i>	<i>Precio promedio (USD/crédito de carbono en tonCO<sub>2</sub>-e)</i>	<i>País</i>	<i>Precio promedio USD/crédito de carbono en tonCO<sub>2</sub>-e</i>
Belize	6,24	<b>Argentina</b>	<b>5,06</b>
Bolivia	5,59	Aruba	4,11
Brazil	5,99	Bolivia	4,24
<b>Canada</b>	<b>7,25</b>	<b>Brazil</b>	<b>6,56</b>
<b>Chile</b>	<b>6,94</b>	Chile	4,30
Colombia	5,27	Colombia	3,87
Guatemala	4,20	Costa Rica	2,96
Mexico	4,97	<b>República Dominicana</b>	<b>5,25</b>
Nicaragua	4,50	Ecuador	4,52
Paraguay	4,97	Guatemala	3,97
Peru	6,29	Honduras	3,40
<b>Estados Unidos</b>	<b>6,30</b>	Mexico	4,15
<b>Uruguay</b>	<b>6,39</b>	<b>Nicaragua</b>	<b>5,59</b>
		Peru	2,03
		United States	4,51
		Uruguay	4,43

Fuente: elaboración propia a partir de información de *Ecosystem Marketplace* y desarrolladores de proyectos.

También, el comportamiento del precio rezagado en uno y dos periodos anteriores tiene un efecto importante y estadísticamente significativo en el incremento del precio promedio del bono de carbono. Probablemente los desarrolladores que tranzan bonos de carbono en el mercado tienen en cuenta el histórico del precio hasta dos años atrás para definir valores de negociación con los compradores voluntarios. A nivel macroeconómico el PIB per cápita y en menor proporción las emisiones generadas por cada país tienen significancia a la hora de explicar el comportamiento del precio del bono de carbono o las toneladas de CO<sub>2</sub>-e reducidas por un proyecto. A pesar de que la variación explicada por el PIB per cápita no es muy elevada en comparación con la variación generada por los países, su significancia permite corroborar que aquellos países con mayor PIB per cápita tienden a generar transacciones de precios mayores, como es el caso de Estados Unidos y Canada.

El tamaño del proyecto, aunque significativo no tiene tanto peso en el modelo como el potencial de reducción de emisiones. No obstante, ambas variables dan cuenta de la disponibilidad de bonos asociada a un proyecto y pueden considerarse como información relevante para el vendedor. Autores como Gavard & Kirat (2018) reconocen que el precio de la tonelada de CO<sub>2</sub>-e tiene comportamientos diferentes dependiendo del mecanismo de mercado, es decir, que en el caso de un mercado nacional dinamizado por el precio al carbono (ETS o impuesto al carbono), la variación del precio se explica netamente por la demanda y que en el caso de los mercados voluntarios existe un efecto mayor asociado a la oferta de bonos de carbono.

Por tanto, el crecimiento en las iniciativas nacionales frente a impuestos al carbono y esquemas nacionales de transacción de permisos de emisión (ETS) permiten corroborar de manera intuitiva que el

tipo de país y su desempeño económico tienen un efecto importante en la explicación de la variación del precio del bono de carbono. Estos estudios coinciden con los desarrollados por Otros autores como Zhu et al. (2019), Lin & Jia, 2019 quienes encontraron que el precio del carbono basado en un ETS nacional como el chino se correlaciona con el precio de la energía y variables macroeconómicas, así como la calidad del aire. Bento et al (2015) encontraron que la regulación de precio al carbono de cada país incide fuertemente en el precio del bono de carbono, corroborando que la variable país tiene un efecto importante en la variación de dichos precios

Si se tiene en cuenta además el rezago significativo de dos años, se podría asumir que el precio del bono de carbono en países como Colombia, Estados Unidos, Chile, Canadá y México, donde las estrategias asociadas al precio del carbono iniciaron a partir del año 2016 (World Bank, 2019), han tenido un efecto importante en la variación del precio del bono de carbono en el año 2017 y 2018. En Colombia por ejemplo el precio al carbono se fijó en el año 2017 con un valor de 5 USD por ton de CO<sub>2</sub>-e Este impuesto al carbono puede ser compensado con bonos de carbono (MADS, 2019, Ecosystem Marketplace, 2018 ). Colombia representa un mercado de cumplimiento para el consumo de combustibles fósiles que estimula el mercado de bonos de carbono generados por los estándares voluntarios Los causadores del impuesto, tienen la opción de pagarlo o adquirir bonos de carbono a precios por debajo del valor tope de 5 USD/ton CO<sub>2</sub>-e (Ecosystem Marketplace, 2018).

De la misma manera Chile implementó impuestos verdes como el impuesto a las emisiones también por un valor de 5 USD/ton CO<sub>2</sub>-e (*Partnership for Market Readiness Chile*, 2019). Por otro lado, Estados Unidos y Canadá ya cuentan con un mercado establecido que permite el uso de bonos de carbono generados a nivel nacional para compensar no solo emisiones por combustibles fósiles, sino la huella de carbono del proceso productivo (World Bank, 2019). No obstante, Estados Unidos no ratificó el acuerdo de París en el año 2015 y estableció un mercado nacional con precios por debajo de los 5 USD/ton CO<sub>2</sub>-e (Figura 3), lo que en los próximos años podría revertir la tendencia a incrementar el precio del bono de carbono en el norte de la región. México está en proceso de consolidar su mercado nacional e inició en el año 2017 con el diseño de un mecanismo voluntario apoyado por el gobierno que permite la compensación de la huella de carbono del proceso productivo a partir del uso de bonos de carbono registrados ante estándares voluntarios (MEXICO2, 2017).

Finalmente, a nivel reputacional se considera que un proyecto con cobeneficios certificados aumenta la credibilidad de los proyectos al asegurar la implementación y monitoreo de medidas con impacto social (Barua et al., 2014). Autores como Herr (2019), Karhunmaa (2016) y Barua et al. (2014) establecen que los proyectos con certificación de cobeneficios tienen la posibilidad de reducir la inequidad y la no transparencia en la repartición de los beneficios al promover procesos de participación comunitaria, consultas locales previas y consentidas, manejo forestal comunitario y respeto por los derechos ancestrales y prácticas de gobernanza comunitarios.

Los compradores voluntarios tienden a seleccionar proyectos localizados en países de medios a bajos ingresos y que sean carismáticos, es decir, que evidencien la generación de beneficios adicionales en territorios vulnerables y frente a la biodiversidad (Ecosystem Marketplace 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015). Podría esperarse entonces que la certificación de cobeneficios, pueden incidir en el precio final del bono de carbono, más aún cuando los proyectos forestales son aquellos que presentan certificación de cobeneficios y los precios promedio mayores en comparación con las energías renovables. No obstante, el modelo demuestra que a pesar de que cobeneficios son considerados como un elemento importante a la hora de comercializar un proyecto para atraer la atención de los

compradores, la definición del precio de venta no depende de que el proyecto cuente con dicha certificación. En este caso el tipo de proyecto tiene un mayor peso en la definición del precio.

## 5. CONCLUSIONES

El presente documento, presenta de manera clara la existencia en el mundo de un mercado de reducción de gases de efecto invernadero motivado por acciones voluntarias de mitigación, que a 2019 buscan articularse a los compromisos obligatorios asociados a las estrategias de precio al carbono de cada país. El mundo evidencia dos mecanismos de mercado que tienden a confluir y que corresponde a aquellos mercados de cumplimiento que buscan promover en los sectores productivos de un país la disminución su huella de carbono o consumo de combustibles fósiles y aquellos que se basan en transacciones voluntarias motivadas por la responsabilidad social y ambiental corporativa como estrategia incluso, para responder a las nuevas regulaciones nacionales motivadas por acuerdos internacionales como el acuerdo de París ratificado por varios países en el año 2015. Bajo este escenario, el análisis del mercado voluntario de reducción de gases de efecto invernadero para la generación de bonos de carbono, en cuanto a la conducta de los estándares, evidencia que existen dos estándares en el mundo donde se certifica la mayor cantidad de proyectos y que corresponden al VCS con los estándares de certificación de cobeneficios asociados (*CCBS y Social Carbon*) y *The Gold Standard*. Ambos estándares concentran más del 90% de las transacciones en el mundo.

Para entender qué sucede con el potencial de reducción de emisiones que generan las empresas desarrolladoras de proyectos ante estos estándares, el resultado de una revisión documental de más de 7.000 documentos asociados a los proyectos registrados y emitidos bajo dichas plataformas, permite determinar tendencias claves en los mercados voluntarios a partir del análisis de más de 3.400 proyectos en el mundo. Se identifica por ejemplo, que a nivel de impacto en reducción de emisiones por países, China, India y el sudeste asiático lideran el desarrollo de proyectos de bonos de carbono en energías renovables y pequeñas centrales hidroeléctricas. Perú, Colombia y Brasil lideran el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones en el sector forestal a nivel mundial. Ahora bien, en cuanto a la conducta de las empresas que desarrollan y logran certificar estos proyectos, se evidencia que no existe una alta concentración del mercado, es decir, que existen aproximadamente 1.181 empresas que poseen participación en el mismo con una alta competencia. No obstante, existen 5 empresas desarrolladoras que cubren la mayor generación de bonos de carbono en 2019.

Por otro lado, al analizar los incentivos que estimulan el desarrollo de iniciativas de reducción de emisiones a nivel de las economías y su conexión con el precio de los bonos de carbono generados en los estándares voluntarios, el principal incentivo que ha promovido la dinamización y generación de proyectos de reducción de emisiones en los países, corresponde al precio al carbono como estrategia de cada economía para asociar un impuesto a las emisiones de CO<sub>2</sub> a partir de dos estrategias principales: el comercio de permisos de emisión (ETS) y el impuesto a las emisiones generadas por el consumo de combustibles fósiles. El precio al carbono, por tanto, genera una señal económica y los contaminadores deciden la manera en que pueden reducir sus emisiones, hacer cambios en sus sistemas productivos o continuar contaminando y pagar por ello. En el caso de América y el Caribe, Colombia y México han orientado su incentivo del precio al carbono hacia la implementación de proyectos forestales y para el

caso de Chile y Estados Unidos, se ha orientado hacia la implementación de proyectos de energías renovables.

Adicionalmente, con el desarrollo de un modelo econométrico que cumple con los supuestos teóricos sobre los cuales se fundamentan las técnicas de datos de panel dinámico, se construyó un modelo que analiza el comportamiento del precio promedio de los bonos de carbono para un período de 12 años en América y el Caribe, reflejando en primera medida, que todos los coeficientes asociados a cada una de las variables resultan estadísticamente significativas y con los signos esperados de acuerdo con la teoría económica y con el funcionamiento del mercado. Esto implica que la modelación de los precios de venta de bonos de carbono para más de 260 proyectos en América y El Caribe, demuestra que el comportamiento del precio promedio de bono de carbono en los proyectos comercializados está explicado en su mayoría por el país donde se localiza el proyecto, su política ambiental, PIB per cápita y los precios promedios rezagados hasta dos años. El efecto país y un rezago de hasta dos años en la variación del precio del bono de carbono, permiten reconocer que existe una fuerte relación entre dicha variación con las estrategias de impuesto al carbono de cada país y, por tanto, es de esperarse que incidan en el comportamiento actual y futuro de los bonos de carbono en los mercados voluntarios. Se concluye, además, que aunque los compradores voluntarios buscan adquirir proyectos carismáticos en las economías analizadas y con cobeneficios asociados, este tipo de etiquetas no incide significativamente en el precio de venta final, pero si en la reputación positiva de los proyectos que se comercializan.

El presente estudio se caracteriza por ser innovador en la medida en que analiza y recopila información a nivel mundial sobre el desempeño, no solo, de los principales estándares del mercado de carbono voluntario, sino al nivel de las empresas que desarrollan y logran certificar bonos de carbono en dichos mercados, además de analizar la conducta de las mismas a partir de la teoría de la Organización Industrial. Con una base de datos de más de 3.400 proyectos y un análisis a nivel regional para el comportamiento de los precios de los bonos de carbono en más de 260 proyectos forestales y de energías renovables, se establecen las bases para futuras investigaciones que pueden ser respondidas a partir del uso de la base de datos actual en combinación con otros instrumentos. Análisis a nivel de productos como energía, carbón, madera, ganadería podrían evidenciar efectos adicionales en la variación del precio del bono de carbono e incluso su relación con el precio al carbono que establezca cada economía. Se abre la posibilidad de dar respuestas a interrogantes como ¿cuál es el impacto del precio de la energía en la descontaminación incentivada por el precio al carbono en una economía? ¿Cuál es la relación entre los mercados de reducción de emisiones y el sector financiero en el mundo, en la región y en Colombia? ¿Cuál es el tipo de tecnología más impactante en términos de reducción de emisiones a nivel país y la demanda de bonos generados por la implementación de las mismas? Finalmente, todos estos análisis tendrán una estrecha relación con la dinámica política de cada país y los determinantes o circunstancias nacionales que derivan una u otra estrategia del precio al carbono, su posición frente a los mercados voluntarios y los sectores productivos que se vean regulados por dichas iniciativas.

## 6. REFERENCIAS

Anadon, L.D., Bunn, M., Chan, G., Chan, M., Jones, C., Kempener, R., Lee, A., Logar, N., Narayanamurti, V., Transforming, U.S., 2011. Energy Innovation, a report of the findings of the Energy Technology Innovation Policy (ETIP) research group, Belfer center for science and international affairs, Harvard Kennedy School, November 2011.

Arimura, T.H., 2002. An empirical study of the SO<sub>2</sub> allowance market: effects of PUC regulations. *Journal of Environmental Economics and Management*, 44(2), 271–289.

Ashley, M., Johnson, M., 2018. Establishing a secure, transparent, autonomous blockchain of custody for renewable energy credits carbon credits. *IEEE Engineering Management Review*, 404, 100–102. IEEE DOI 10.1109/EMR.2018.2874967

Arava, R., Bagchi, D., Suresh, P., Narahari, Y., Subrahmanya, S., 2010. Optimal allocation of carbon credits to emitting agents in a carbon economy. 6th annual IEEE Conference on Automation Science Engineering, 21–24.

Atela, J.O., Quinn, C.H., Minang, P.A., Duguma, L.A., 2015. Implementing REDD+ at the local level: assessing the key enablers for credible mitigation and sustainable livelihood outcomes. *Journal of Environmental Management*, 157, 238–249.

Bakhtiari, S., 2018. Coming out clean Australian carbon pricing and clean technology adoption. *Ecological Economics*, 154, 238–246. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.08.004>

Barua, S., Lintunen, J., Uusivuori, J., Kuuluvainen, J., 2014. On the economics of tropical deforestation: Carbon credit markets national policies. *Forest Policy Economics*, 47, 36–45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2013.07.001>

Bento, A., Ho, B., Ramirez-Basora, M., 2015. Optimal monitoring offset prices in voluntary emissions markets. *Resource Energy Economics*, 41, 202–223. <http://dx.doi.org/10.1016/j.reseneeco.2015.05.002>

Benz, E., Strück, S., 2009. Modeling the price dynamics of CO<sub>2</sub> emission allowances. *Energy Economics*, 31, 4–15.

Boyce, J., 2018. Carbon pricing: Effectiveness equity. *Ecological Economics*, 150, 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.03.030>

Bresnahan, T., 1982. The oligopoly solution is identified. *Economics Letters*, 10, 87–92.

Bresnahan, T., 1989. Empirical studies of industries with market power. *Handbook of Industrial Organization*. ed. R. Schmalensee and R. Willing. Amsterdam: North-Holland, pp. 1011–1057.

Bumpus, A.G., Liverman, D.M., 2008. Accumulation by decarbonization and the governance of carbon offsets. *Economic Geography*, 84(2), 127–155. <https://www.jstor.org/stable/30033170>

Burtraw, D., Sekar, S., 2014. Two worldviews on carbon revenues. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 4(1), 110–120.

Callejón, M., (Coordinadora) 2001. *Economía Industrial*. Editorial Civitas.

Carodenuto, S., Merger, E., Essomba, E., Panev, M., Pistorius, T., Amougou, J., Jokela, E.J., 2015. A methodological framework for assessing agents, proximate drivers and underlying causes of deforestation: Field test results from Southern Cameroon. *Forests*, 6, 203–224. <http://doi.org/10.3390/f6010203>

Cattaneo, A., Lubowski, R., Busch, J., Creed, A., Strassburg, B., Boltz, F., Ashton, R., 2010. On international equity in reducing emissions from deforestation. *Environmental Science & Policy*, 13(8), 742–753. doi:10.1016/j.envsci.2010.08.009

Chakravarty, S., Ghosh, S., & Suresh, C. 2011. Deforestation: Causes, Effects and Control Strategies. Cdn.Intechopen.Com, 3–29. Retrieved from [http://cdn.intechopen.com/pdfs/36125/InTechDeforestation\\_causes\\_effects\\_and\\_control\\_strategies.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/36125/InTechDeforestation_causes_effects_and_control_strategies.pdf)

Choi, A., Gössling, S., Ritchie, B., 2018. Flying with climate liability? Economic valuation of voluntary carbon offsets using forced choices. *Transportation Research Part D*, 62, 225–235. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.02.018>

Chang, C., Maib, Y., McAleer, M., 2019. Establishing national carbon emission prices for China. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 116, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.063>

Chevallier, J., 2011. A model of carbon price interactions with macroeconomic and energy dynamics. *Energy Economics*. 33(6), 1295–1312. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.07.012>

Coloma, G., 2005. *Economía de la Organización Industrial*. Buenos Aires: Temas. L338.6C718.

Cramton, P., Kerr, S., 2002. Tradeable carbon permit auctions: How and why to auction not grandfather

Deweese, D.N., 2008. Pollution and the price of power. *The Energy Journal*, 29(2), 81–100.

de Perthuis, C., 2012. The cost of non ETS scenario. Or: the benefits of giving a “second life”, Université Paris-Dauphine, June 29th, <https://www.ceps.eu/sites/default/files/dePerthuis.pdf>

Dhavale, D., Sarkis, J., 2018. Stochastic internal rate of return on investments in sustainable assets generating carbon credits. *Computers Operations Research*, 89, 324–336. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.02.014>

Dormady, N., Healy, P.J., 2018. The consignment mechanism in carbon markets: A laboratory investigation, *Journal of Commodity Markets* (2018) doi: 10.1016/j.jcomm.2018.07.003

Ecosystem Marketplace., 2018. The estate of the Voluntary Carbon Markets Insights. 2018 Outlook and First-Quarter Trends. <https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2018/08/Q12018VoluntaryCarbon.pdf>

Ecosystem Marketplace., 2016. The estate of the Voluntary Carbon Markets. Raising Ambition. [http://forest-trends.org/releases/p/raising\\_ambition](http://forest-trends.org/releases/p/raising_ambition)

Ecosystem Marketplace., 2015. The estate of the Voluntary Carbon Markets. Raising Ambition. [http://forest-trends.org/releases/p/raising\\_ambition](http://forest-trends.org/releases/p/raising_ambition)

Ecosystem Marketplace., 2014. The estate of the Voluntary Carbon Markets Sharing the Stagetion. <http://www.forest-trends.org/vcm2014.php>

Ecosystem Marketplace., 2013. The estate of the Voluntary Carbon Markets. Maneuvering the Mosaic. [http://www.forest-trends.org/publication\\_details.php?publicationID=3898](http://www.forest-trends.org/publication_details.php?publicationID=3898)

Ecosystem Marketplace., 2012. The estate of the Voluntary Carbon Markets. Developing Dimension. [http://www.forest-trends.org/publication\\_details.php?publicationID=3164](http://www.forest-trends.org/publication_details.php?publicationID=3164)

Ecosystem Marketplace., 2011. The estate of the Voluntary Carbon Markets. From Canopy to Currency [http://www.forest-trends.org/publication\\_details.php?publicationID=2963](http://www.forest-trends.org/publication_details.php?publicationID=2963)

Ecosystem Marketplace., 2010. The estate of the Voluntary Carbon Markets. Back to the Future. [http://forest-trends.org/releases/p/raising\\_ambition](http://forest-trends.org/releases/p/raising_ambition)

Ellerman, A.D., Schmalensee, R., Bailey, E.M., Joskow, P.L., Montero, J.P., 2000. Markets for clean air: The U.S. Acid Rain Program. Cambridge University Press.

Ellsworth, R., Worthington, B., Morris, D., 2012. Help or hindrance? Offsetting in the EU ETS, Sandbag. Disponible en: <https://sandbag.org.uk/project/help-or-hindrance-offsetting-in-the-eu-ets/>

Evans, M.C., 2018. Effective incentives for reforestation: lessons from Australia's carbon farming policies. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 32, 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.04.002> Proof

Finanzas Carbono., 2017. Plataforma sobre financiamiento climático para Latinoamérica y el Caribe. Consultada en Octubre 1 de 2017. <http://finanzascarbono.org/mercados/mercado-voluntario/acerca/estandares/vcs/>

Figueres, C., Streck, C., 2009. A post-2012 vision for the clean development mechanism. In: Freestone, D., Streck, C. (Eds.), *Legal Aspects of Carbon Trading*. Kyoto, Copenhagen and beyond. Oxford University Press. 562–582.

Foster, B., Wang, D., Auld, G., Roman, R., 2017. Assessing audit impact thoroughness of VCS forest carbon offset projects. *Environmental Science Policy*, 78, 121–141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2017.09.010>

Fumo, N., 2014. A review on the basics of building energy estimation. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 31, 53e60. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.040>. Gilchrist, R., 2012. *Gender and Archaeology: Contesting the Past*. Taylor & Francis.

Gallagher, K.S., Grubler, A., Kuhl, L., Nemet, G., Wilson, C., 2012. The energy technology innovation system *Annu Rev Environ Resour*, 37, pp. 137–162, [10.1146/annurev-environ-060311-133915](https://doi.org/10.1146/annurev-environ-060311-133915)

Gallagher, K.S., Holdren, J.P., Sagar, A., 2006. Energy technology innovation. *Annual Review of Environment and Resources*, 31, 193–237, [doi:10.1146/annurev.energy.30.050504.144321](https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144321)

Gavard, C., Kirat, D., 2018. Flexibility in the market for international carbon credits price dynamics difference with European allowances. *Energy Economics*, 76, 504–518. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.10.018>

Geist, H.J., Lambin, E.F., 2001. What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence. Louvain, Belgium.

Greenpeace., 2014. El impacto de las energías renovables en la economía con el horizonte 2030. Disponible en: <http://www.upme.gov.co:81/sgic/sites/default/files/Impacto.pdf>

Geroski, P., 1988. In pursuit of monopoly power: Recent quantitative work in industrial economics. *Journal of Applied Econometric*, 3, 107–123.

Grubler, A., Anadón, L., Gallagher, K., Kempener, R., O'Rourke, A., Wilson, C., 2013. Global R&D, Market Formation, and Diffusion Investments in Energy Technology Innovation. In A. Grubler & C. Wilson (Eds.), *Energy Technology Innovation: Learning from Historical Successes and Failures* (pp. 292-308). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139150880.028

Hayde, C.E., Perloff, J.M. 1995. Can market power be estimated? *Review of Industrial Organization*, 10, 465–485.

Herr, D., Blum, J., Himes-Cornell, A., Sutton-Grier, A., 2019. An analysis of the potential positive negative livelihood impacts of coastal carbon offset projects. *Journal of Environmental Management*, 235, 463-479. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.067>

Hu, J., Crijns-Graus, W., Lam, L., Gilbert, A., 2015. Ex-ante evaluation of EUETS during 2013–2030: EU-internal abatement. *Energy Policy*, 77, 152 – 163

Hamilton, K., Sjardin, M., Shapiro, A., Marcello, T., 2009. Fortifying the foundation: state of the voluntary carbon markets 2009. A report by ecosystem marketplace & new carbon finance. New York: New Carbon Finance, Washington, DC: Ecosystem Marketplace.

IEA – International Energy Agency., 2017. *World Energy Outlook 2017*, OECD/AIE, Paris. Disponible en: <https://www.iea.org/Textbase/npsum/weo2017SUM.pdf>

IPCC., 2019. Global warming of 1.5°C An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Summary for Policymakers. Switzerland. Recuperado en [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15\\_SPM\\_version\\_stand\\_alone\\_LR.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_version_stand_alone_LR.pdf)

IPCC., 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. EXIT Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Kabiri, N., 2016. Public participation, land use and climate change governance in Thailand. *Land Use Policy* 52, 511–517.

Kadiyali, V., Sudhir K., Rao, V.R., 2001. Structural analysis of competitive behavior: New empirical. *Research in Marketing*, 18, 161–186.

Karhunmaa, K., 2016. Opening up storylines of co-benefits in voluntary carbon markets: An analysis of household energy technology projects in developing countries. *Energy Research & Social Science*, 14, 71–79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2016.01.011>

Kissinger, G., Herold, M. & de Sky, V., 2012. Drivers of Deforestation and Forest Degradation: A Synthesis Report for REDD+ Policymakers. Lexeme Consulting, Vancouver Canada. Retrieved from <http://www.era-mx.org/biblio/Drivers of deforestation and forest>

Kollmuss, A., Zink, H., Polycarp, C., 2008. : Making Sense of the Voluntary Carbon Market: A Comparison of Carbon Offset Standards. WWF Germany. 103p. Recuperado de [https://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/WWF\\_2008\\_A%20comparison%20of%20C%20offset%20Standards.pdf](https://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/WWF_2008_A%20comparison%20of%20C%20offset%20Standards.pdf)

Laffont, J-J, and Tirole, J., 1993. A Theory of Incentives in Procurement and Regulation. Cambridge MA: MIT Press, 705p

Lin, B., Jia, Z., 2019. Impacts of carbon price level in carbon emission trading market. Applied Energy, 239, 157-170. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.194>

Liobikienė, G. & Butkus, M, 2017. The European Union possibilities to achieve targets of Europe 2020 and Paris agreement climate policy. Renewable Energy, 106, 298-309

Liu, X., Cui, Q., 2017. Baseline manipulation in voluntary carbon offset programs. Energy Policy, 111, 9-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2017.09.014>

Malik, A.S., 2002. Further results on permit markets with market power and cheating. Journal of Environmental Economics and Management, 44(3), 371-390.

MEXICO2., 2017. Ejercicio de Mercado. Sistema de Comercio de Emisiones. Recuperado de MEXICO2: [http://www.mexico2.com.mx/uploads/mexico/file/Reglas\\_Ejercicio\\_De\\_Mercado.pdf](http://www.mexico2.com.mx/uploads/mexico/file/Reglas_Ejercicio_De_Mercado.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). 2019. Conozca el Abecé frente al impuesto nacional al carbono y la solicitud de no causación por carbono neutralidad. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3148-conozca-el-abece-frente-al-impuesto-nacional-al-carbono-y-la-solicitud-de-no-causacion-por-carbono-neutralidad>

Nabernegg, E., Bednar, B.F., Muñoz, P., Titz, M., Vogel, J., 2019. National policies for global emission reductions: effectiveness of carbon emission reductions in the international supply chains. Ecological Economics, 158, 146-157.

Naciones Unidas (UN). (1998). Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (pp. 2 - 25). Ginebra: Naciones Unidas. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Nemet, G.F., Kammen, D.M., 2007. U.S. energy research and development: declining investment, increasing need, and the feasibility of expansion. Energy Policy, 35(1), 746-755, 10.1016/j.enpol.2005.12.012

Pagoni, I., Psaraki-Kalouptsidi, P., 2018. Econometric supply-dem models to analyze carbon pricing policies. International Journal of Transportation Science Technology, 7, 274-282. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2018.10.004>

Partnership for Market Readiness., 2019. Designing accreditation and verification systems: A guide to ensuring credibility for carbon pricing instruments. World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31324> License: CC BY 3.0 IGO

Partnership for Market Readiness., 2019. Impuesto al Carbono Chile. Recuperado de <http://www.precioalcarbonochile.cl/sobre-el-proyecto/iniciativa-pmr>

Perera, P., Hewage, K., Alam, M.S., Mérida, W., Sadiq R., 2018. Scenario-based economic and environmental analysis of clean energy incentives for households in Canada: Multi criteria decision making approach. *Journal of Cleaner Production* 198, 170–186.

Passero, M., 2009. The voluntary carbon market: its contributions and potential legal and policy issues. In: Freestone, D., Streck, C. (Eds.), *Legal Aspects of Carbon Trading*. Kyoto, Copenhagen and beyond. Oxford, 517–536.

Pierce, D., Brown K., 1994. Saving the world's tropical forests, in Brown and Pearce (eds.) *The causes of tropical deforestation. The economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of the tropical forest*: 2–26, UCL Press.

REN21., 2018, *Renewables 2018 Global Status Report*, (Paris: REN21 Secretariat). Recuperado de <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>

Rocchi, P., Serrano, M., Roca, J., Arto, I., 2018. Border carbon adjustments based on avoided emissions: addressing the challenge of its design. *Ecological Economics*, 145, 126–136. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.08.003>

Segura, J., 1993. *Teoría de la Economía Industrial*. Editorial Civitas. Madrid.

Sheng, J., Qiu, H., 2018. Governmentality within REDD+: Optimizing incentives and efforts to reduce emissions from deforestation and degradation. *Land Use Policy*. 76, 611–622. [10.1016/j.landusepol.2018.02.041](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.02.041).

Schmalensee, R., 2012. On a level with dentists? Reflections on the evolution of industrial organization. *Review of Industrial Organization*, 41(3), 157–179.

Song, Y., Liu, T., Liang, D., Li, Y., Song, X., 2019. A Fuzzy stochastic model for carbon price prediction under the effect of demand-related policy in China's carbon market. *Ecological Economics*, 157, 253–265. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.10.001>

Tang, L., Wu, J., Yu, L., Bao, Q., 2015. Carbon emissions trading scheme exploration in China: a multi-agent-based model. *Energy Policy*, 81, 152–169.

Partnership for Market Readiness., 2019. *Designing accreditation and verification systems: a guide to ensuring credibility for carbon pricing instruments*. World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31324> License: CC BY 3.0 IGO.”

Tirole, J., 1998. *The Theory of Industrial Organization*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts.

Trivyza, N., Rentizelas, A., Theotokatos, G., 2019. Impact of carbon pricing on the cruise ship energy systems optimal configuration, *Energy*, doi: [10.1016/j.energy.2019.03.139](https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.139)

Wang, J., Gu, F., Liu, Y., Fan, Y., Guo, J., 2019. Bidirectional interactions between trading behaviors carbon prices in European Union emission trading scheme, *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.264>.

World Bank. 2019. Carbon pricing dashboard. Recuperado de <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>

World Bank Group. 2014. Bajemos la temperatura: cómo hacer frente a la nueva realidad climática (Vol. 4). Washington, DC: World Bank. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/20595> License: CC BY-NC-ND 3.0 IGO.”

Zhou, K., Li, Y., 2018. An empirical analysis of carbon emission price in China. Energy Procedia, 152, 823–828.

Zhu, b., Ye, S., Han, D., Wang, P., He, K., Wei, Y., Xie, R., 2019. A multiscale analysis for carbon price drivers. Energy Economics, 78, 202–216. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.11.007>

Fecha de presentación:

*Victor David Giraldo T.*

Firma del Autor

*JOSMIR*

Firma del Asesor

Firma del Codirector

**Nota:** Con su firma el(los) asesores(es) están aprobando el proyecto o la propuesta.