

ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO: MERCADOS DE CARBONO

Autor: Santiago González Hernández
Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Antioquia
Informe final de práctica empresarial
Asesor interno: John Alejandro Martínez Agudelo
Año 2019

Resumen

El presente trabajo describe el origen y la dinámica de los mercados de carbono, contextualizando su alcance y obtención de certificados comerciables como valor agregado de proyectos que permitan mitigar o reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero en todo el mundo y en Colombia, actividad de importancia para afrontar el cambio climático y alcanzar las metas establecidas en el protocolo de Kyoto efectuado en París. Igualmente, se realiza una valoración de las actividades, herramientas y las alternativas disponibles en el mercado voluntario y regulado de carbono para la obtención de certificados que pueden reflejar beneficios económicos y de reconocimiento hacia la sostenibilidad y competitividad de los participantes principales.

Además, se define de manera general las consideraciones para tener en cuenta en el desarrollo de un proyecto de reducción de emisiones y generación de bonos de carbono bajo los estándares y mecanismos de los mercados de carbono presentando una descripción de las características del ciclo de desarrollo y diseño de estos.

Palabras claves:

Bonos de carbono
Cambio climático
Certificados
Desarrollo sostenible
Dióxido de carbono
Emisiones
Estándar
Gas de efecto invernadero
Mercados de carbono
Proyectos de reducción de emisiones
Reducción

Contenido

Resumen	1
Introducción	4
Objetivos	5
1.1 Objetivo General	5
1.2 Objetivos específicos	5
1 Efecto invernadero y Cambio climático	6
2 Fuentes antropogénicas principales de gases de efecto invernadero.	7
2.1 Producción de energía eléctrica	8
2.2 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)	8
2.3 Transporte	9
2.4 Industria	9
2.5 Construcciones	9
2.6 Emisiones a escala global	10
2.7 Emisiones a escala regional (Colombia).....	10
3 Mercados de Carbono	11
3.1 Mercado regulado	12
3.2 Mercado voluntario.....	14
4 Estándares y mecanismos en los mercados de carbono para la certificación de proyectos de reducción de emisiones.....	15
4.1 Mecanismo de desarrollo limpio.....	15
4.2 Verified Carbon Standard (VCS).....	18
4.3 Gold Standard (GS)	20
4.4 Consideraciones generales	21
5 Diseño y ciclo de desarrollo de un proyecto de carbono.....	22
5.1 Etapa de diseño	22
5.1.1 Adicionalidad	23
5.1.2 Estimación de reducción de emisiones.....	24
5.2 Validación	28
5.3 Implementación, monitoreo y verificación.....	30
5.4 Certificación y emisión	30
Referencias Bibliográficas	33

Tablas

Tabla 1: Potencial de calentamiento global de los principales GEI en un periodo de 100 años	8
Tabla 2: Tarifas por unidad de Combustible	12
Tabla 3: Alcances sectoriales definidos por la UNFCCC para los proyectos de reducción de emisiones registrados en el MDL	16
Tabla 4: Objetivos de Desarrollo Sostenible	20
Tabla 5: Lista de los DOE acreditados por los estándares y el MDL	29

Ilustraciones

Ilustración 1: Modelo idealizado del efecto invernadero natural.	6
Ilustración 2: Protocolo para seleccionar las plantas eléctricas m a tener en cuenta para el cálculo del $EF_{grid,BM,y}$. (Y= Sí; N= No)	27

Gráficas

Gráfica 1: Tendencia de las concentraciones promedio atmosféricas de los GEI dióxido de carbono (CO ₂ , verde), metano (CH ₄ , naranja), y óxido nitroso (N ₂ O, rojo).	7
Gráfica 2: Emisiones de gases de efecto invernadero por sector a nivel global	10
Gráfica 3: Distribución de emisiones en Colombia año 2012.....	11
Gráfica 4: Proyectos registrados en cada continente.....	17
Gráfica 5: Proyectos registrados ante el MDL en América.....	17
Gráfica 6: Proyectos en Colombia según su tipo	18

Introducción

El cambio climático es un problema que afecta a todos desde la revolución industrial, el uso masivo de combustibles fósiles para generar electricidad, desarrollar procesos productivos y mover vehículos, ligado con el desarrollo de otras actividades como la deforestación, la agricultura y la ganadería extensivas son las principales causas del efecto invernadero. Su impacto potencial para el planeta es enorme; las consecuencias que se proyectan son: falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos, derretimiento de los polos y aumento en el nivel del mar, erosión costera, pérdida de seguridad alimentaria e incremento de los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor. En definitiva, el cambio climático no es un fenómeno sólo ambiental sino de profundas implicaciones socioeconómicas (MINAMBIENTE, 2018b).

Los países más pobres, que aún no están preparados para enfrentar los cambios rápidos del clima, son los que sufrirán las peores consecuencias del fenómeno. Otros impactos a los que el cambio climático somete son la extinción de especies debido al rápido cambio que enfrentarán los hábitats, la amenaza en la salud de las personas por el incremento de enfermedades tropicales y desnutrición según lo ha determinado la Organización Mundial de la Salud, razón que obliga a los países a reconocer y enfrentar el cambio climático adaptándose al fenómeno (MINAMBIENTE, 2018a).

En Colombia, el cambio climático representa una gran amenaza en la mayoría de su territorio, desde las zonas costeras hasta los lugares más altos de sus cordilleras, no solo ecosistemas y especies están en riesgo de desaparecer, sino que además representa un desmoronamiento del bienestar colectivo de las comunidades, un golpe al sector productivo, aumento de la probabilidad de sucesos devastadores y potenciación de eventualidades naturales como lo es el fenómeno del niño y la niña.

Como medida para combatir los impactos ocasionados por los cambios en el régimen climático, se iniciaron en 1990 las primeras discusiones y negociaciones a raíz de la necesidad de un tratado global sobre el cambio climático, dando origen dos años más tarde a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en la Cumbre de la Tierra celebrada en Rio de Janeiro (MINAMBIENTE, 2019).

En 1994 entró en vigor la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, mediante el cual tres años más tarde en 1997 se adopta el protocolo de Kyoto vigente desde el 2005, que compromete a los países industrializados a estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estableció inicialmente metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI que hay en la atmósfera (MINAMBIENTE, n.d.).

Aunque estos países han optado por unir esfuerzos para frenar la emisión de GEI, se dificulta demasiado implementar con fondos económicos propios medidas de mitigación en los países más necesitados. A razón de esto, se diseñaron estrategias conocidas como los mercados de carbono que promueven los flujos de dinero desde los países desarrollados hacia países pobres mediante la transacción de certificados de reducción de emisiones expedidos por estándares como el VCS y GS, y mecanismos como el MDL. Colombia, como iniciativa propia, propuso en el 2015 reducir en un 20% las emisiones de GEI en el foro anual de innovación sostenible, celebrada en Francia en la ciudad de París (COP21), implicando cambios inmediatos en la legislación de carácter ambiental (MINAMBIENTE, 2015).

South Pole es una compañía suiza dentro del gremio de prestadores de servicios de consultoría y desarrollo de soluciones relacionadas con la mitigación del cambio climático, la energía, el manejo de residuos, la silvicultura, la agricultura y el agua. Esta ofrece un conjunto completo de servicios de soporte para ayudar a cumplir las promesas de sostenibilidad y crear valor compartido, de acuerdo con las prioridades de negocio asesorando a diferentes entes públicos y privados sobre el desarrollo de estrategias de reducción de emisiones de GEI a la atmósfera para mitigar el cambio climático.

Objetivos

1.1 Objetivo General

Describir la dinámica del mercado de carbono como estrategia de mitigación del cambio climático a partir de las actividades de la empresa South Pole Carbon Asset Management S.A.S.

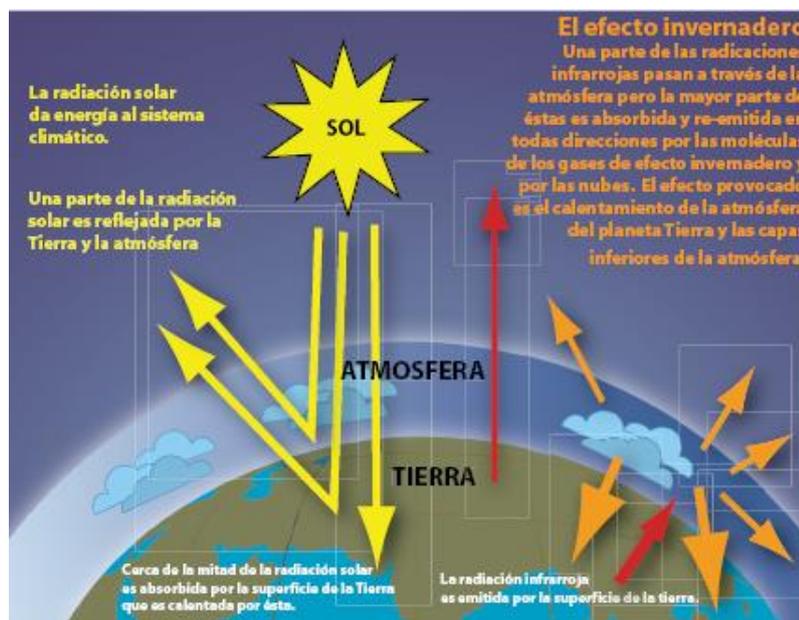
1.2 Objetivos específicos

- Apoyar el desarrollo de proyectos de energía renovable para la generación de certificados de energía renovable y reducción de emisiones.
- Conocer las alternativas y la implementación de proyectos de tratamientos de aguas residuales, rellenos sanitarios y lagunas de oxidación para la reducción de emisiones de GEI.
- Apoyar el desarrollo de proyectos forestales para la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero.
- Realizar estimaciones de la reducción de emisiones de GEI de proyectos de deforestación evitada, regeneración natural asistida, reforestación y proyectos energéticos.
- Construir un reporte sobre la dinámica y normativa asociada a los mercados de carbono.

1 Efecto invernadero y Cambio climático

El efecto invernadero es un fenómeno natural y está definido como la absorción por medio de los gases de efecto invernadero (GEI) de la radiación de onda larga emitida por la superficie de la Tierra, los mismos gases en la atmósfera, el sol y las nubes. Los GEI debido a sus propiedades innatas se encargan de atrapar el calor dentro del sistema de la troposfera terrestre mediante la reemisión de la energía en todas las direcciones, incluso hacia la superficie terrestre, de esta manera el incremento en la concentración de estos gases produce un aumento en la opacidad infrarroja y capacidad energética de la atmósfera y, por lo tanto, una radiación efectiva de onda larga mayor provocando un “forzamiento radiativo” (IPCC, 2001).

Ilustración 1: Modelo idealizado del efecto invernadero natural.



Fuente IPCC, 2007

El IDEAM define el forzamiento radiativo como: “una medida de la influencia que tiene la alteración del balance entre la radiación solar incidente y la radiación infrarroja saliente en el sistema atmósfera-Tierra, denotado por un cambio en la irradiancia neta en la tropopausa y es expresado en vatios por metro cuadrado (W/m^2)”, en otras palabras, la cantidad de energía que es dispersada hacia el espacio exterior desde el sistema terrestre es menor que la incidente. Algunos factores adicionales a los antes mencionados que influyen el forzamiento radiativo son los cambios en el albedo superficial, las concentraciones del vapor de agua, y la radiación emitida por el sol. El desequilibrio creado por el forzamiento radiativo solo puede ser compensado con un acrecentamiento de la temperatura del sistema superficie-troposfera, convirtiéndose en un mecanismo de retroefecto donde al calentarse la atmósfera la concentración de vapor de agua se incrementa, intensificando aún más el efecto invernadero, un ciclo reforzado causante del calentamiento global y el cambio climático (IDEAM, 2007).

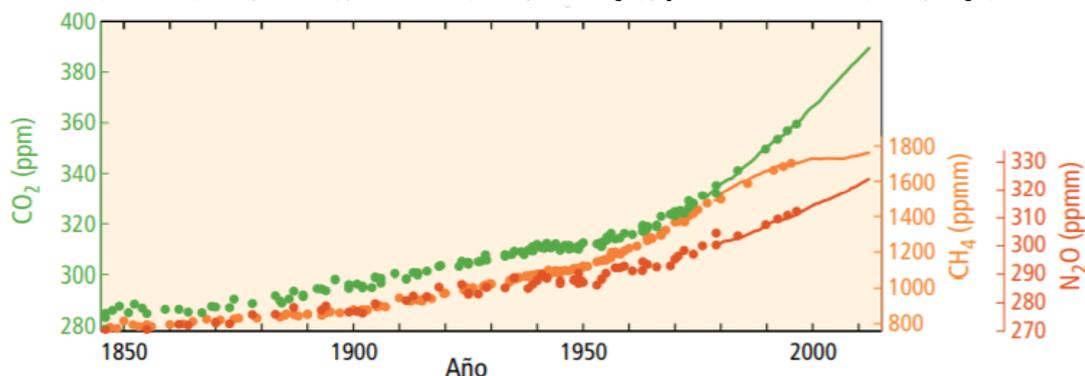
Según el panel intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC por sus siglas en inglés), “el cambio climático es una importante variación en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más)”. Mientras que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés), define cambio climático como: “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

El cambio climático trae consigo una serie de impactos, en donde distintas especies de fauna y flora a lo largo del planeta son sometidas a cambios rápidos y repentinos de las condiciones exclusivas e ideales de sus hábitats ocasionando modificaciones en la distribución geográfica natural de las especies, alterando la sinergia entre ellas y disminuyendo las probabilidades de subsistir. Aunque las afectaciones son más evidentes para los sistemas naturales, los humanos también se han visto comprometidos. El IPCC afirma que dentro de los principales impactos del cambio climático, se encuentran las cambiantes precipitaciones y los cambios en el tiempo en que esta ocurre, afectando los suministros, la calidad del agua potable y la producción hidroeléctrica; temperaturas más cálidas aumentan la frecuencia, la intensidad y la duración de las olas de calor, que pueden presentar riesgos a la salud, particularmente entre los niños más pequeños y los ancianos; el derretimiento de los casquetes polares, el incremento en los niveles del mar amenazan las comunidades y los ecosistemas costeros; los aumentos en la frecuencia y la intensidad de los eventos de clima extremos tales como sequías e inundaciones, pueden aumentar las pérdidas a propiedades y ocasionar alteraciones costosas a la sociedad; mientras que los ciclones, incendios forestales, modificación en las áreas de distribución geográfica de fauna; entre otros representan riesgos y pérdidas incalculables (IPCC, 2014).

2 Fuentes antropogénicas principales de gases de efecto invernadero.

Desde el inicio del siglo XIX la cantidad de GEI liberados y almacenados en la atmósfera ha aumentado considerablemente, sin embargo, ha sido en los últimos 70 años donde se han emitido más de la mitad de Dióxido de carbono equivalente (CO₂e) aumentando las concentraciones de GEI en la atmósfera (Gráfica 1).

Gráfica 1: Tendencia de las concentraciones promedio atmosféricas de los GEI dióxido de carbono (CO₂, verde), metano (CH₄, naranja), y óxido nitroso (N₂O, rojo).



Fuente: (IPCC, 2014)

La diferenciación entre CO_2e y CO_2 se lleva a cabo debido a que ciertos gases poseen diferentes potenciales de calentamiento global (GWP por sus siglas en inglés), esta herramienta normalizada se desarrolló en virtud de permitir comparaciones de los impactos de los distintos GEI sobre el calentamiento global. En esencia es una medida comparativa de la capacidad de absorción energética de una tonelada de un determinado gas emitida a la atmósfera durante un período de tiempo, en relación con una tonelada de dióxido de carbono emitida. Cuanto mayor es el GWP, mayor potencial de calentar la Tierra. Los valores estandarizados de GWP permiten a los analistas sumar las estimaciones de emisiones de diferentes gases (por ejemplo, para compilar un inventario nacional de GEI, cuantificar reducción de emisiones por implementación o reemplazo de tecnología), y es un criterio estratégico usado a los formuladores de políticas para fortalecer la gobernanza en materia ambiental (EPA, 2017). En siguiente tabla se presentan valores de los GWP para los gases más relevantes como resultado de evaluar la frecuencia de emisión y contenido en la atmósfera para una métrica de 100 años:

Tabla 1: Potencial de calentamiento global de los principales GEI en un periodo de 100 años

Gas	Duración (años)	GWP (Forzamiento acumulado durante 100 años)
Dióxido de carbono (CO_2)	B	1
Metano (CH_4)	12.4	28
Óxido nitroso (N_2O)	121.0	265
Tetrafluorometano (CF_4)	50,000.0	6,630
Hidrofluorocarbonos (HFC)	1.5	138

Fuente: (IPCC, 2014)

Los principales sectores responsables de la mayor cantidad de emisiones antropogénicas de GEI directas e indirectas son:

2.1 Producción de energía eléctrica

La energía es un insumo esencial para el desarrollo económico y su demanda está aumentando en todo el mundo, esto implica un aumento en la producción por parte de todas las fuentes incluyendo centrales termoeléctricas convencionales que funcionan a partir del aprovechamiento energético de la combustión de algún combustible fósil. Este proceso genera el calor necesario para convertir el agua en vapor; el vapor mueve las turbinas o los generadores, los cuales están acoplados a transformadores de electricidad (EDUC, n.d.).

Las emisiones generadas por este sector son en mayor parte Dióxido de carbono y en menor medida Óxido nitroso (N_2O).

2.2 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)

La ganadería es uno de los sectores económicos más importantes de fácil administración y fuente maravillosa de ingresos monetarios mediante el comercio de productos cárnicos y lácteos

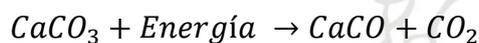
para satisfacer la demanda alimentaria de cualquier región o país; Sin embargo, es una de las actividades con mayores impactos negativos al suelo, el agua, los ecosistemas, la biodiversidad y el aire (Martínez, Ruíz, & Morales, 2016) . Las principales emisiones de esta actividad son de metano originarias de la digestión o fermentación entérica y la mala gestión del estiércol, actividades como la tala y la quema de las coberturas vegetales y suelos abundantes en carbono orgánico provocan emisiones directas de CO₂, mientras los sistemas agrícolas crean ambientes anaeróbicos por la disposición inadecuada de los residuos orgánicos y el mal manejo de las plantaciones ocasionando emisiones de metano CH₄ y, por otro lado, las emisiones de óxido nitroso relacionadas a la volatilización y lixiviación provocada por la aplicación de fertilizantes nitrogenados al suelo (IDEAM, 2016).

2.3 Transporte

En este sector la principal fuente de emisión de CO₂ y N₂O es el transporte terrestre (vehículos livianos y de carga) por el consumo de diésel y gasolina, los cuales, aunque se hayan adoptado medidas de control abordando el problema desde varios enfoques para evitar o disminuir la intensidad de emisiones, siguen siendo relevantes a causa del aumento del comercio y la comodidad generada en los usuarios. En menor medida se emiten Hidrofluorocarbonos (HFC) por el establecimiento de sistemas refrigerantes en los medios de transporte (IDEAM, 2016).

2.4 Industria

Las emisiones CO₂, CH₄ y N₂O en este sector se generan principalmente por la quema de combustibles, la reacción entre materias primas empleadas en diferentes procesos industriales y emisiones generadas por uso de no energéticos y de GEI como el HFC en diferentes aplicaciones (IDEAM, 2016). Particularmente en la industria de minerales no metálicos y sus procesos industriales como la descarbonatación de la materia prima para la producción de cemento y Cal viva.



2.5 Construcciones

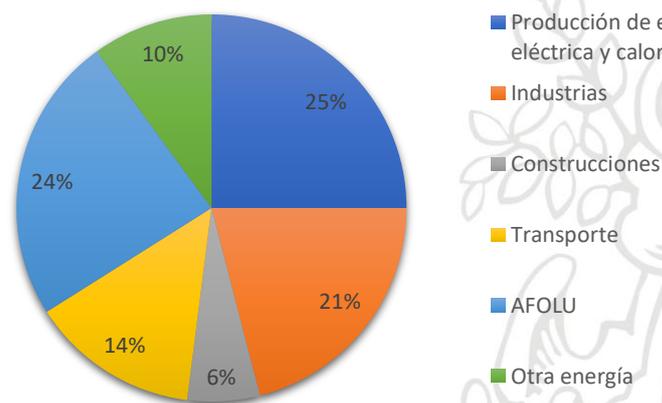
La quema de combustibles y el consumo energético para el calentamiento y enfriamiento del agua, uso de productos y la cocción de alimentos se asocia principalmente al crecimiento general de la economía y a la expansión económica del sector de servicios públicos. El crecimiento relativo de las emisiones asociadas a los HFC obedece al proceso de sustitución de los gases refrigerantes tradicionales clorofluorocarbonos (CFC) (IDEAM, 2016).

2.6 Emisiones a escala global

El IPCC en su reporte de síntesis presenta las emisiones antropogénicas totales de gases de efecto invernadero procedentes de los sectores económicos, en donde se estimó una cantidad aproximada de 49 gigatoneladas de CO₂e para el año 2010. Los datos de las emisiones mostraron que el sector AFOLU es el mayor aportador de emisiones a la atmósfera, seguido cercanamente por la producción de energía eléctrica.

‘Otra energía’ hace referencia a todas las fuentes de emisión de GEI del sector de la energía, excepto la producción eléctrica y térmica.

Gráfica 2: Emisiones de gases de efecto invernadero por sector a nivel global

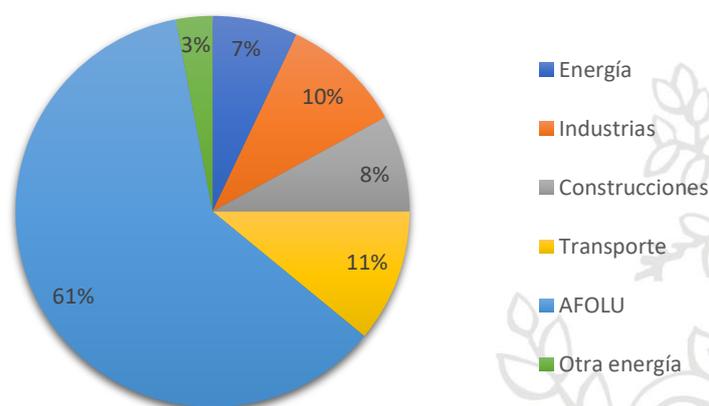


Fuente: (IPCC, 2014)

2.7 Emisiones a escala regional (Colombia).

Según el último inventario de emisiones presentado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), las principales emisiones en el 2012 para el país de Colombia estuvieron lideradas por la conversión de bosques naturales a pastizales y a otras tierras forestales como arbustales y vegetación secundaria, seguido por las emisiones atribuidas al sector transporte, donde se alcanzaron para un total de emisiones de 248.8 Megatoneladas de CO₂e. En el siguiente gráfico se puede apreciar la distribución de las de emisiones de gases de efecto invernadero por sectores económicos en Colombia para el 2012 (IDEAM, 2016).

Gráfica 3: Distribución de emisiones en Colombia año 2012



Fuente: (IDEAM, 2016)

3 Mercados de Carbono

A raíz del aumento de emisiones de gases de efecto invernadero y aceleración del cambio climático se llevó a cabo un proceso de negociación en el año de 1997, en donde se desarrolló bajo el enfoque de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, un acuerdo legalmente vinculante conocido como el Protocolo de Kyoto bajo el cual los países industrializados se comprometieron a reducir sus emisiones colectivas de GEI en un 5,2% por debajo de su nivel en 1990 (UNFCCC, 2007). Esto dio lugar a oportunidades de negocio internacional mediante la implementación de los mercados de carbono, instrumentos establecidos mediante acuerdos internacionales y nacionales para contribuir con objetivo de interés global de mitigar el cambio climático y el aumento de la temperatura promedio del planeta (FAO, n.d.).

Existen dos tipos de mercados de carbono: los de cumplimiento regulado y los voluntarios. El mercado regulado es utilizado por empresas y gobiernos que, por ley, tienen que rendir cuentas de sus emisiones de GEI. Está regulado por regímenes obligatorios de reducción de carbono, ya sean nacionales, regionales o internacionales. Mientras que, en el mercado voluntario, el comercio de créditos gira en torno a una iniciativa potestativa de aportar con la mitigación del cambio climático (FAO, n.d.).

Los precios que se reciben por un certificado equivalente a una tonelada de CO₂ varían mucho y dependen del mercado, del tipo de proyecto de compensación de carbono y de la economía global (Seeberg, 2010), por ejemplo, un proyecto forestal que fomenta la conservación de los hábitats naturales y el bienestar de las comunidades campesinas e indígenas va a generar

créditos de carbono con precios más atractivos que los emitidos por cualquier otro tipo de proyecto no forestal.

3.1 Mercado regulado

Como ejemplo de los mercados de carbono regulado, a nivel local se tiene el implementado a partir del impuesto nacional al carbono en Colombia, el cual se creó por medio de la Ley 1819 de 2016 y responde a la necesidad del país de contar con instrumentos económicos para incentivar el cumplimiento de las metas de mitigación de GEI a nivel nacional. El impuesto consiste en el pago de una tarifa relacionada con el contenido de carbono de los combustibles y que se libera en forma de gases efecto invernadero a la atmósfera cuando se hace la combustión de estos. Los combustibles que están gravados por este impuesto son: Gasolina, Kerosene, Jet Fuel, ACPM y Fuel Oil (El Congreso de Colombia, 2016). El gas natural también está consignado, aunque sólo para su uso en la industria de la refinación de hidrocarburos y la petroquímica, y el gas licuado de petróleo solo para la venta a usuarios industriales. Para tener una referencia sobre la magnitud de la cobertura de este impuesto, es importante mencionar que las emisiones debidas a estos combustibles representan cerca del 27% de las emisiones totales del país (ANDI, 2017).

En el artículo 222 de la Ley 1819 de 2016 se estableció una tarifa específica considerando el factor de emisión de dióxido de carbono (CO₂) para cada combustible determinado; así: 15,000 pesos por tonelada de CO₂, y los siguientes valores de la tarifa por unidad de combustible, adaptados el mes de febrero de 2018 (Tabla 2).

Con la implementación del impuesto se busca desincentivar el uso de los combustibles fósiles e incentivar mejoras tecnológicas para su uso más eficiente y mejor aprovechamiento energético. Esto responde a los compromisos que el país asumió en el marco del Acuerdo de París. Mientras que los recursos económicos generados con el impuesto se destinarán a la conservación de los sistemas marino costeros las fuentes hídricas y a la protección de ecosistemas, entre otras actividades; todos ligados con los compromisos internacionales en materia de cambio climático, comunidades y biodiversidad (ANDI, 2017).

Tabla 2: Tarifas por unidad de Combustible

Combustible	Unidad	Tarifa/Unidad
Gas Natural	Metro cúbico	\$30
Gas Licuado de Petróleo	Galón	\$100
Gasolina	Galón	\$104
Kerosene y Jet Fuel	Galón	\$156
ACPM	Galón	\$160
Fuel Oil	Galón	\$186

Fuente: (DIAN, 2018)

La misma Ley da un mandato al Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible para que establezca el procedimiento a través del cual se estimule la implementación de iniciativas de mitigación que generen reducciones de emisiones, o remociones, de GEI a cambio de la no causación del impuesto (ANDI, 2017), en otras palabras, como alternativa para realizar estas compensaciones se permitió inicialmente el “pago” con bonos de carbono (Comprar bonos de carbono equivale a apoyar financieramente las actividades de mitigación implementadas por un proyecto registrado) procedentes de cualquier proyecto en el mundo, lo cual fue restringido al poco tiempo a proyectos validados e implementados en Colombia mediante los estándares internacionales y el Protocolo de Certificación de Programas Forestales de Mitigación de Cambio Climático del ICONTEC, este último permite que los proyectos de reforestación comercial, sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles, restauración y reducción de la deforestación y degradación, se certifiquen bajo una norma nacional para la generación de estos certificados que podrán ser transados para cumplir con el estatuto del impuesto al carbono (ICONTEC, 2018). mientras que, los proyectos no forestales todavía no tienen aplicación en este protocolo nacional y deben ser desarrollados bajo estándares internacionales reconocidos. Como consecuencia de la implementación del impuesto y gracias a la alternativa de la no causación del impuesto, la demanda por bonos de carbono se disparó por parte de las entidades que requieren compensar sus emisiones en Colombia.

Por otra parte, los tres mecanismos introducidos mediante el Protocolo de Kyoto tienen como objetivo conseguir que las medidas de mitigación del cambio climático sean eficaces: el Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL o CDM por sus siglas en inglés), la Ejecución Conjunta y el Régimen para el comercio de derechos de emisión de GEI de la Unión Europea; de los cuales el MDL es de suma importancia para el mercado regulado. Algunos países desarrollados no han aceptado legalmente el Protocolo de Kyoto y otros se han desvinculado, no obstante, tienen otros esquemas de reducción de GEI vinculantes legalmente, a nivel estatal o regional. Los países en desarrollo¹ sólo pueden participar en el MDL. (FAO, n.d.).

A nivel internacional la demanda de los bonos de carbono proviene de la necesidad de los países desarrollados de reducir sus emisiones de GEI en el marco de los compromisos cuantitativos de reducción o limitación de emisiones asumidos mediante la vinculación del Protocolo de Kioto en sus estrategias políticas de carácter medioambiental. El Protocolo permite a las empresas radicadas en los países desarrollados cumplir con sus metas de mitigación adquiriendo compensaciones de emisiones mediante proyectos implementados en países en desarrollo promoviendo el progreso sostenible a partir de las acreditaciones en el MDL. Por lo tanto, los principales demandantes de bonos de carbono son gobiernos de países desarrollados y las empresas radicadas en países regulados que buscan acreditar cumplimiento de metas (Giraldo, 2017).

¹ Lista de países en desarrollo actualizada marzo 2018: <https://unfccc.int/topics/resilience/workstreams/national-adaptation-programmes-of-action/ldc-country-information>

3.2 Mercado voluntario.

El mercado voluntario de carbono surge en el año 2005 paralelamente a los regulados con la entrada en vigor del Protocolo de Kioto. Desde entonces, éste ha continuado consolidándose a nivel de los países y a nivel mundial con la intención de obtener las reducciones de emisión necesarias al menor coste, sin la existencia de una regulación, pero con la misma dinámica que en el mercado regulado, en donde, se establece un acuerdo entre un comprador y un vendedor de créditos de carbono (UNFCCC, 2007).

Aquellos que reducen las emisiones o secuestran carbono, reciben pagos y los que tienen que disminuir las emisiones pueden comprar créditos de carbono para compensarlas. A esta compensación se le denomina como “Carbon offsetting” y significa retribuir por las emisiones que no pueden evitarse, pagando y sirviendo como fuente de ingresos adicional a otro ente corporativo o individual para que las evite o las secuestre por medio de la implementación de un proyecto (Seeberg, 2010).

En esencia el mercado voluntario de carbono es el ámbito donde se acuerdan la compra y venta de derechos de emisión de GEI y Unidades de Carbono Verificadas (VCU por sus siglas en inglés) de GEI y conocidas a nivel global como “Bonos de Carbono”², de tal manera que las partes firman un Contrato de Compra Venta de Reducciones de Emisiones (ERPA por sus siglas en inglés) mediante el cual se acuerda el volumen, el precio a pagar por estos certificados y la forma de pago (Finanzas Carbono, n.d.).

El mercado voluntario a razón de la cantidad de restricciones que ha tenido el sector AFOLU para certificar sus proyectos en los mecanismos adoptados por el mercado regulado, ha adquirido gran importancia para los proyectos agrícolas, forestales y de reducción de las emisiones asociadas a la deforestación y degradación de los bosques (REDD) (FAO, n.d.).

La demanda en el mercado voluntario de carbono no funciona ni es originada por una obligación regulatoria de cumplir con una meta de reducción de emisiones de GEI, sino con intereses variados como responsabilidad social empresarial, ganar prestigio y buena imagen o estrategias financieras de reventa de créditos para obtener beneficios económicos, entre otras. Es decir que los principales demandantes de créditos voluntarios son empresas no sujetas a regulación de carbono, organizaciones no gubernamentales, municipalidades e incluso, individuos que buscan compensar por diversos motivos sus emisiones de GEI. Como la demanda en el mercado voluntario no depende de la obligatoriedad de cumplir con una meta de mitigación, lo que sí sucede en el mercado del MDL, las operaciones se realizan de manera independiente donde coexisten productos certificados mediante una variedad de estándares diferentes (Finanzas Carbono, n.d.).

² Los Certificados de Reducción de Emisiones (CER) y la Unidades de Carbono Verificadas (VCU por sus siglas en inglés) se entienden como las unidades de medida de los mercados de carbono y son conocidas como Bonos de Carbono.

4 Estándares y mecanismos en los mercados de carbono para la certificación de proyectos de reducción de emisiones.

Entre la gran variedad de estándares y mecanismos existentes para la emisión de bonos de carbono por desarrollo de proyectos de reducción de emisiones se encuentra el MDL, Verified Carbon Standard y Gold Standard.

4.1 Mecanismo de desarrollo limpio³.

EL MDL hace parte de las herramientas reguladas que ofrece un sin fin de posibilidades para el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones, de la misma forma también impone un conjunto de reglas rigurosas para aplicar al registro del proyecto en la plataforma y la obtención de los Certificados.

Entre estas reglas se encuentran criterios de elegibilidad temprana establecidos por la UNFCCC, donde el registro solo es posible realizarse para aquellos proyectos que se han implementado recientemente; la adicionalidad, con la cual se demuestra que no se implementaría el proyecto sin considerar el ingreso económico adicional por certificar y comercializar la reducción de emisiones excedentes logradas; y el aval de todas las partes involucradas.

Otras reglas están relacionadas con el requisito de la aplicación de una línea de base y una metodología⁴ de monitoreo para determinar las Reducciones de Emisiones Certificadas (CER por sus siglas en inglés) generadas por una actividad de proyecto de mitigación en un país anfitrión (UNFCCC, 2017). El mecanismo permite presentar propuestas de metodologías para el cálculo de reducción de emisiones para cada proyecto con fundamentos verídicos y confiables, opción que resulta en un gran costo de inversión y tiempo siendo inviable en muchos tipos de proyectos (UNFCCC, 2018b).

La UNFCCC ha establecido una serie de alcances sectoriales útiles para la identificación y cumplimientos de los términos de referencia dentro de su protocolo y ciclo de desarrollo de proyectos de reducción de emisiones para certificación ante el mecanismo, estos alcances se listan a continuación (UNFCCC, n.d.).

³ <http://cdm.unfccc.int/>

⁴ <http://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html>

https://cdm.unfccc.int/methodologies/documentation/1803/CDM-Methodology-Booklet_fullversion_04.pdf El folleto de metodologías resume, clasifica e ilustra claramente las metodologías disponibles bajo el MDL, y tiene como objetivo guiar a los posibles participantes de proyectos MDL a través del complejo mundo de metodologías como herramienta para identificar metodologías adecuadas en actividades de proyecto.

Tabla 3: Alcances sectoriales definidos por la UNFCCC para los proyectos de reducción de emisiones registrados en el MDL

Número de alcance	Alcance
1	Industrias energéticas (renovables - / fuentes no renovables)
2	Distribución de energía.
3	Demanda de energía
4	Industrias manufactureras
5	Industria química
6	Construcción
7	Transporte
8	Minería / Producción de minerales.
9	Producción de metal.
10	Emisiones fugitivas de combustibles (sólidos, petróleo y gas).
11	Emisiones fugitivas de la producción y consumo de halocarburos y hexafluoruro de azufre.
12	Uso de solventes.
13	Manejo y eliminación de residuos.
14	Forestación y reforestación.
15	La agricultura

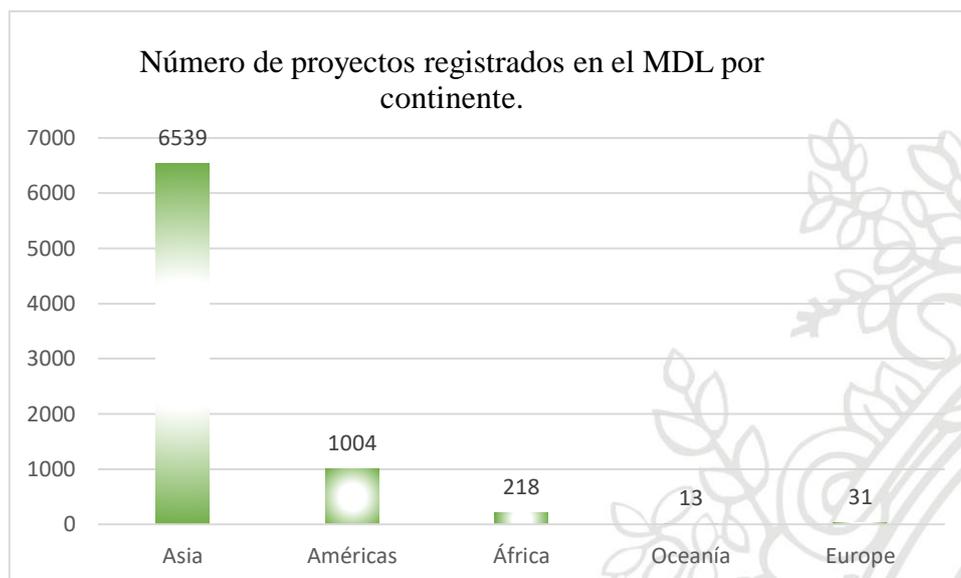
Fuente: Página web del MDL⁵

También define dos modalidades de proyectos, los de gran escala y los de pequeña escala. Estos últimos en el sector de energía renovable están caracterizados por tener una capacidad instalada no mayor de 15 MW (Megavatios); para los proyectos que implementen procesos de eficiencia energética en donde se logre reducción de consumo de energía por debajo de los 60 GWh (Gigavatios hora) por año; y para los otros tipos de proyectos que reduzcan las emisiones de GEI por debajo de 60,000 toneladas de CO₂e. Mientras que, los proyectos de gran escala superan estos límites de capacidad instalada, ahorro energético o reducción de emisiones (Kiwitt, 2009).

Actualmente en el MDL hay 7,805 registrados, de los cuales 4,677 son de gran escala y 3,128 de pequeña escala, los cuales fueron implementados a lo largo del mundo, la mayoría en el continente asiático.

⁵ <https://cdm.unfccc.int/DOE/scopes.html> Enfoques sectoriales MDL

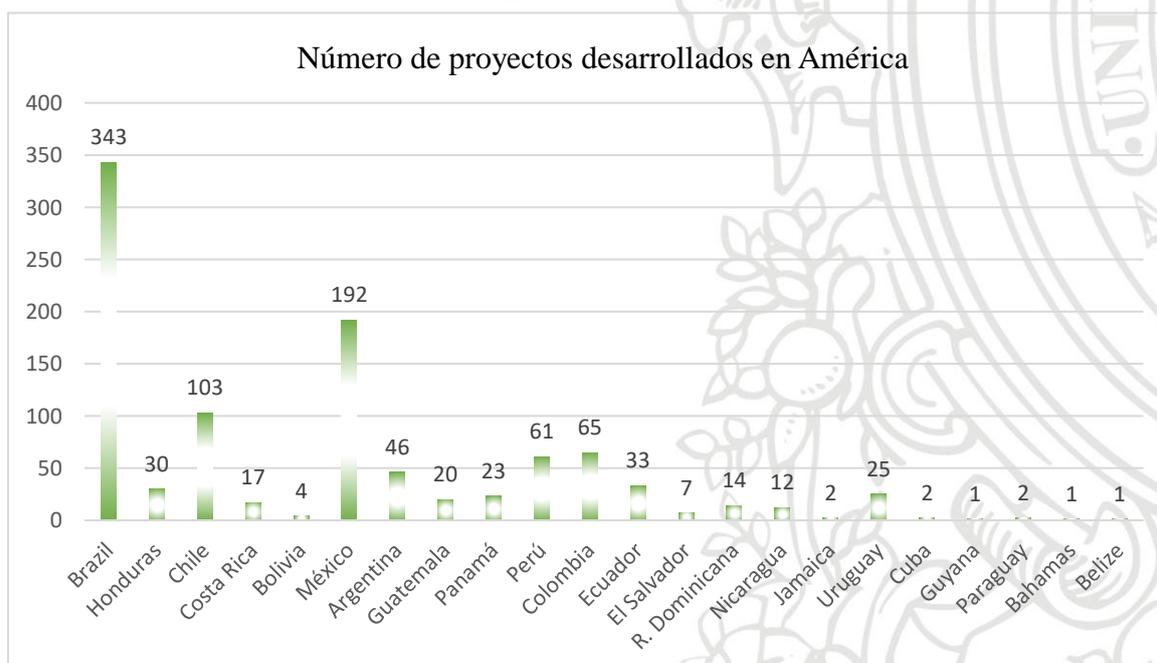
Gráfica 4: Proyectos registrados en cada continente



Fuente: Página web MDL⁶

De los 1,004 proyectos desarrollados en América y registrados en el MDL, 343 pertenecen a Brasil, mientras que Colombia se ubica en el cuarto puesto con 65 proyectos.

Gráfica 5: Proyectos registrados ante el MDL en América



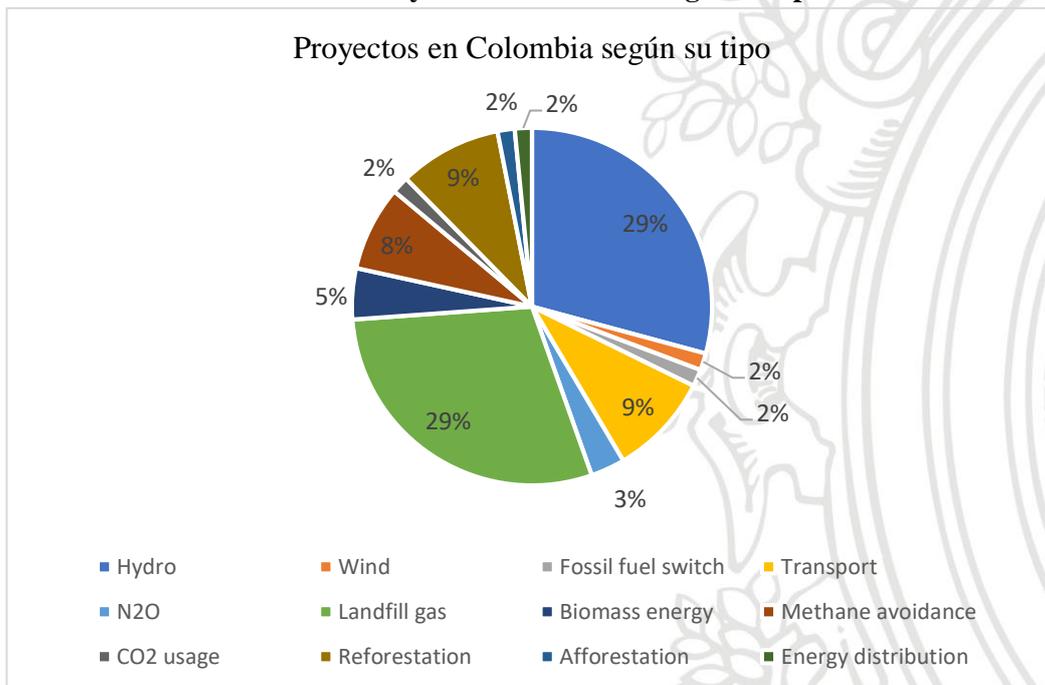
Fuente: Página web MDL⁷

⁶ <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html> Herramienta de acceso a la base de datos del MDL

⁷ <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>

De los 65 registrados en Colombia, la mayoría son proyectos de Energía Renovable como hidroeléctricas y granjas eólicas; seguidos por proyectos de captura del biogás en vertederos para diferentes propósitos como la quema en antorcha para la destrucción del metano o aprovechamiento energético del biogás para la generación de electricidad; implementación de tecnología más eficiente y menos contaminante en el sector de transporte; y proyectos para evitar las emisiones de metano provenientes de los sistemas de tratamientos de aguas residuales anaeróbicos mediante su captura para su combustión simple, generación de calor en procesos industriales y cogeneración, también eludir emisiones de este mismo gas implementando alternativas para el tratamiento de aguas residuales como sistemas aeróbicos o el uso de éstas como fuente de nutrientes y riego para establecer las condiciones de humedad ideales para la producción de compostaje.

Gráfica 6: Proyectos en Colombia según su tipo



Fuente: Página web MDL⁸

4.2 Verified Carbon Standard (VCS)⁹.

El VCS es el programa de mercado voluntario, sin embargo, es adoptado por mercados regulados locales, como lo es el caso de Colombia. Es el estándar más recurrido en el mundo debido a que las comunidades de todo el mundo están reconociendo la importancia de reducir las emisiones de GEI. Como resultado, están reduciendo sus huellas de carbono a través mejoras sistemáticas en el algoritmo de producción e implementación de nuevos proyectos de reducción de emisiones. Sin embargo, resulta demasiado costoso implementar actividades y adquirir

⁸ <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html> Herramienta de acceso a la base de datos del MDL

⁹ <https://verra.org/project/vcs-program/> Página web del VCS

nueva tecnología limpia e innovadora que facilite cumplir los objetivos de desarrollo sostenible eliminando o disminuyendo el impacto sobre la atmósfera. Es aquí donde el mercado de carbono toma un papel fundamental facilitando la implementación del proyecto por medio del ingreso agregado que se genera con el mismo, mientras que el estándar garantiza la credibilidad de la reducción de emisiones (VERRA, 2018b).

Los proyectos en el marco del VCS deben seguir un proceso parecido para lograr su registro, aunque no tan estricto como el establecido por el MDL (ver sección 5) para obtener la certificación, por este motivo y en comparación con el MDL, los costos de desarrollo de un proyecto voluntario son ligeramente inferiores. La similitud de los protocolos se debe a que el VCS fue creado con fundamento del MDL (Finanzas Carbono, n.d.).

Los proyectos VCS cubren una amplia gama de sectores, incluidas las energías renovables (como los proyectos eólicos e hidroeléctricos), y muy importantes los proyectos no contemplados por el MDL de silvicultura para la conservación, y otros. Básicamente el estándar, además de sus propias metodologías, posibilita a los implementadores de proyectos usar las herramientas aprobadas por el MDL para calcular la reducción de emisiones lo que significa poder desarrollar y registrar toda clase de proyectos contemplados bajo todos los ámbitos sectoriales planteados por el MDL (Tabla 3) ante el VCS, así como también permite presentar nuevas propuestas metodológicas. Las reducciones de emisiones certificadas el estándar las denomina como VCU, un equivalente a los CER del MDL representativos de una tonelada (CO₂e) de emisiones de gases de efecto invernadero reducidas o capturadas de la atmósfera (VERRA, 2018b).

El VCS maneja los mismos enfoques sectoriales para los proyectos con dos diferencias en el 14 y 15, los cuales define como “agricultura, silvicultura y uso del suelo” y “Ganado y gestión del estiércol” respectivamente. Esto debido a la inclusión de los proyectos de conservación de los bosques y la aceptación de proyectos que plantean nuevas estrategias para la gestión de la ganadería y residuos asociados (VERRA, 2018a).

El VCS puede ser acompañado por el programa de “Clima, Comunidad y Biodiversidad” (CCB por sus siglas en inglés) para el desarrollo de proyectos en conjunto de manejo de tierras, incluyendo reforestación, forestación, reforestación, restauración de bosques, agroforestería, agricultura sostenible y otros tipos comprendidos en el alcance sectorial AFOLU, buscando identificar a todas las partes interesadas y asegurar su participación plena y efectiva, reconocer y respetar las costumbres culturales, evaluar y monitorear los costos, beneficios y riesgos directos e indirectos, identificar y mantener altos valores de conservación y demostrar beneficios netos positivos de sobre el clima, la comunidad y la biodiversidad (VERRA, 2019).

Actualmente, ante el VCS se han registrado 1,516 proyectos en todo el mundo, y de los cuales solo 30 proyectos han sido certificados en Colombia por el estándar, 17 forestales entre estos proyectos de forestación y reforestación comercial y los de reducción de emisiones derivadas

de la degradación y deforestación (REDD por sus siglas en inglés)¹⁰, 11 hidroeléctricas y 2 de captura de biogás en vertederos (VCS, 2018).

4.3 Gold Standard (GS)¹¹

El GS también es un programa del mercado voluntario fundado en el año 2003 por el Fondo Mundial para la Paz y otras organizaciones no gubernamentales para asegurar la calidad de las reducciones de emisiones de GEI de los proyectos ligados en este estándar y asegurar un desarrollo sostenible a largo plazo, enfocándose en el cumplimiento de objetivos de desarrollo sostenible (SDG por sus siglas en inglés) lo que valoriza el precio de los certificados (Gold Standard, 2018a).

Tabla 4: Objetivos de Desarrollo Sostenible

Objetivo	Descripción
No pobreza	Erradicar la pobreza de todos los lugares.
Cero hambre	Acabar con el hambre logrando la seguridad alimentaria, mejora de la nutrición y promover agricultura sostenible.
Salud y bienestar	Asegurar vidas saludables y el bienestar en todas las edades.
Educación de calidad	Garantizar una educación equitativa y promover aprendizaje.
Igualdad de género	Lograr la igualdad de género y empoderar a las mujeres y niñas.
Sanidad y agua limpia	Asegurar la disponibilidad de agua y el saneamiento para todos.
Energías limpias y accesibles	Garantizar el acceso a una energía asequible, Confiable, sostenible y moderna para todos.
Empleo decente y crecimiento económico	Promover el crecimiento económico sostenible e inclusivo.
Industria, innovación e infraestructura	Construir infraestructura resistente y promover la innovación.
Reducción de la desigualdad	Reducir la desigualdad dentro y entre los países.
Ciudades y comunidades sostenibles	hacer que las ciudades y las comunidades y asentamientos humanos sean inclusivos, resilientes, seguros y sostenibles
Consumo y producción responsable	Asegurar patrones de producción y consumo sostenibles

¹⁰ Para leer más sobre los proyectos REDD remitirse a <https://theredddesk.org/what-redd>

¹¹ <https://www.goldstandard.org/> Página web del Gold Standard

Acción climática	Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos
Vida bajo el agua	Conservar y utilizar de manera sostenible los ecosistemas acuáticos.
Vida en la tierra	Proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, combatir la conversión de bosque y detener la pérdida de biodiversidad.
Paz, justicia e instituciones fuertes	Promover sociedades pacíficas e inclusivas en el desarrollo sostenibles brindando justicia para todos.
Relaciones para los objetivos	Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la alianza para el desarrollo sostenible.

Fuente: (UNDP, 2019)

Sin embargo, la certificación ante el GS requiere de más esfuerzos que el VCS y el MDL, por requisitos establecidos para garantizar el cumplimiento de otros SDG diferentes al de acción climática y otros procedimientos inherentes del estándar (ECOCERT, 2016). Lo que se convierte en aumento de los costos y procesos de certificación más extensos, algo poco atractivo para los desarrolladores de proyectos.

Gold Standard posibilita a los implementadores de proyectos usar las herramientas metodológicas aprobadas por el MDL para calcular la reducción de emisiones (Finanzas Carbono, n.d.), es decir, al igual que el VCS, poder desarrollar y registrar toda clase de proyectos contemplados bajo los ámbitos sectoriales planteados por el MDL y compilados en 4 enfoques sectoriales: Uso del suelo y bosque, Energía renovable, Eficiencia energética y Gestión de residuos (Gold Standard, 2018b).

Ante el GS se han certificado alrededor de 880 proyectos en todo el mundo, y sólo 7 de estos proyectos han sido desarrollados y certificados en Colombia por el estándar, 5 hidroeléctricas, 1 de implantación de estufas eficientes y 1 de aprovechamiento de la biomasa para la producción energética (Markit, 2019)

4.4 Consideraciones generales

En cuanto a los estándares del mercado voluntario, el Gold Standard alcanza los precios más elevados, sin embargo, presenta la desventaja de los altos costos de registro, validación y emisión, por esa relación de costo beneficio se recurre con más frecuencia al VCS donde los costos de certificación son menores y el precio de sus certificados puede alcanzar valores similares a los del GS (Ecosystem Marketplace, 2017).

En el 2016, VCS certificó casi 33 MtCO₂e, el 58% del total de las compensaciones transadas el mismo año, con un valor promedio de 2.3 dólares por tonelada de CO₂e; seguido por el Gold Standard con 9.9 MtCO₂e con valor promedio de 4.6 dólares por tonelada de CO₂e y por último el Mecanismo de Desarrollo Limpio con 4.8 MtCO₂e presentando el precio promedio más bajo entre los tres programas de 1.6 dólares por tonelada de CO₂e (Ecosystem Marketplace, 2017)

Los estándares del mercado voluntario ofrecen más herramientas para incluir proyectos en registro, además los precios de comercialización superan los del mercado regulado, esto impulsa la exclusión del MDL por parte de los proponentes en sus opciones como alternativas para el desarrollo y registro de un proyecto para la generación de bonos de carbono (Ecosystem Marketplace, 2017).

5 Diseño y ciclo de desarrollo de un proyecto de carbono.

En este capítulo se definirán las consideraciones más relevantes al momento de desarrollar un proyecto de reducción de emisiones de acuerdo con las reglas y referencias¹² establecidas por la mesa ejecutiva de la UNFCCC, procedimiento análogo para la certificación de los proyectos forestales ante los estándares del mercado voluntario.

5.1 Etapa de diseño

Es de suma importancia hacer una evaluación inicial del proyecto para la identificación de la línea base (escenario que define las condiciones existentes o lo que sucedería sin la implementación del proyecto) mediante el uso de las herramientas¹³ e indicaciones proporcionadas por los mecanismos, estándares y las metodologías que se pretenden emplear. En este primer paso, Se debe llevar a cabo la construcción del documento de diseño del proyecto (PDD por sus siglas en inglés) por parte de los proponentes siguiendo los formatos establecidos por cada estándar o mecanismo¹⁴, en donde quedan establecidas los componentes más importantes (técnico, de carbono y de gestión) del proyecto definiendo cada una de sus secciones con información relevante. De acuerdo con la UNFCCC (2018a) y generalizando para todos los proyectos se debe describir:

¹² <http://cdm.unfccc.int/EB/index.html> Ciclo y procedimientos para el desarrollo de un proyecto.

¹³ http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-02-v7.0.pdf/history_view Versiones de la herramienta

¹⁴ https://cdm.unfccc.int/Reference/PDDs_Forms/index.html página web donde se encuentra disponible los formatos para la elaboración del PDD bajo el MDL.

<https://verra.org/project/vcs-program/rules-and-requirements/> página web donde se encuentra disponible los formatos para la elaboración del PDD bajo el VCS.

<https://www.goldstandard.org/project-developers/standard-documents> página web donde se encuentra disponible los formatos para la elaboración del PDD bajo el GS.

- El propósito, descripción de las actividades a implementar e inicio de operación,
- La ubicación espacial del proyecto, y límites geográficos,
- Las consideraciones realizadas por las partes interesadas a nivel local en la consulta pública previa a la implementación del proyecto;
- El cumplimiento de las leyes y marcos regulatorios regionales, nacionales e internacionales,
- La aplicación, procedimientos y desviaciones de las metodologías a seguir,
- El origen de los GEI,
- El análisis de la línea base,
- Estimación de reducción de emisiones,
- El plan de monitoreo necesario y adecuado para garantizar la calidad y confianza de la información recopilada para calcular la reducción de emisiones logradas con la actividad del proyecto,
- El análisis de impactos ambientales y socioeconómicos,
- entre otras

Adicionalmente, para los proyectos forestales se debe hacer una caracterización climática y social de la zona. Aquellos proyectos que tienen interés en certificarse bajo la combinación de los programas VCS y CCB deben presentar una evaluación rigurosa de los componentes climáticos, comunidades y biodiversidad, estableciendo los posibles cambios e impactos, planes de mitigación y monitoreo con el fin de promover la excelencia para adquirir un beneficio neto positivo (VCS-CCB, 2017).

Mientras que, en el caso de los proyectos no forestales aparte de la información mencionada anteriormente es necesario construir la descripción de las tecnologías o medidas a implementar e identificación de la estructura operacional.

5.1.1 Adicionalidad

Este estudio busca demostrar a través de indicadores financieros y análisis de barreras porqué el proyecto no se implementaría sin los recursos monetarios por la venta de los certificados de reducción de emisiones y consta en detallar los diferentes escenarios posibles de adversidades

a las que podría estar sometido el proyecto poniendo en riesgo su integridad económica y correcta articulación de las actividades, también demostrando por qué las condiciones específicas y regulaciones del país anfitrión benefician la implementación de actividades tradicionales. Para la determinación de la adicionalidad de proyectos no forestales se usa la herramienta llamada “Tool for the demonstration and assessment of additionality”¹⁵ establecida por el MDL, la cual es aplicada y válida para los otros estándares principales, mientras que, para los proyectos forestales, las metodologías proporcionan las herramientas para su demostración y evaluación.

5.1.2 Estimación de reducción de emisiones.

Estos cálculos son de suprema importancia para valorar la cantidad de bonos de carbono que puede generar un proyecto. Cada implementación de proyecto posee sus condiciones intrínsecas relacionadas al origen de las emisiones en los escenarios de línea base y con proyecto, esto acarrea la elección de metodologías y diferentes acercamientos en cuanto a cuantificar los inventarios de emisiones.

Con el objetivo de ilustrar este procedimiento, se tomará como ejemplo la aproximación metodológica para estimar las reducciones de un proyecto hipotético de energía renovable (Solar, eólico o hidroeléctrico sin reservorio) a razón de la importancia que este tipo de energía aporta al sistema interconectado de la red nacional de Colombia, usando la versión 19.0 de la metodología consolidada de gran escala ACM0002: “Grid-connected electricity generation from renewable sources” disponible en el MDL¹⁶ aprobada por la UNFCCC.

Esta define la reducción de emisiones con la siguiente expresión:

$$ER_y = BE_y - PE_y \quad \text{[Ecuación 1]}$$

Donde:

ER_y = Reducción de emisiones en el año y ($tCO_2e/año$).

BE_y = Emisiones de la línea base en determinado año ($tCO_2/año$).

PE_y = Emisiones del proyecto ($tCO_2e/año$).

De acuerdo a la metodología, para estos tipos de tecnología (Solar, Eólica e hidroeléctrica sin reservorios) las emisiones del proyecto son 0, como resultado, se obtiene que:

$$ER_y = BE_y \quad \text{[Ecuación 2]}$$

¹⁵ http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-01-v7.0.0.pdf/history_view Versiones de la herramienta

¹⁶ <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/VJ9AX539D9MLOPXN2AY9UR1N4IYGD> Metodología ACM0002: “Grid-connected electricity generation from renewable sources”.

Además, se hace el supuesto que el proyecto constará de la construcción de una unidad de generación eléctrica nueva, por lo tanto, las emisiones en el escenario de línea base incluyen solo las emisiones de CO₂ de la generación de electricidad atribuida a los combustibles fósiles usados por las termoeléctricas, donde se asume que toda la generación que podría tener el proyecto de energía renovable habría sido generada por plantas de energía existentes y la adición de nuevas centrales térmicas al sistema interconectado de energía.

De esta manera, las emisiones en escenario de línea base están representadas con la siguiente ecuación:

$$BE_y = EG_{PJ,y} \times EF_{grid,CM,y} \quad \text{[Ecuación 3]}$$

Donde:

BE_y = Emisiones de la línea base en determinado año (tCO₂).

$EG_{pj,y}$ = Generación eléctrica inyectada a la red por la implementación del proyecto (MWh/año).

$EF_{grid,CM,y}$ = Factor de emisión de marginal combinado del sistema interconectado (tCO₂/MWh).

Para calcular el factor de emisión del sistema interconectado, la metodología se remite a la herramienta llamada “Tool to calculate the emission factor for an electricity system”¹⁷. En el caso de Colombia, la información de todas las plantas de energía está disponible para el público en el sistema de información inteligente¹⁸ de XM (Operadora del Sistema Interconectado Nacional en Colombia) (XM, 2018), de acuerdo a esto, el $EF_{grid,CM,y}$ es hallado mediante el promedio ponderado con la siguiente ecuación:

$$EF_{grid,CM,y} = w_{OM} \times EF_{grid,OM,y} + w_{BM} \times EF_{grid,BM,y} \quad \text{[Ecuación 4]}$$

Donde;

$EF_{grid,OM,y}$ = Factor de emisión marginal de operación (t CO₂/MWh)

$EF_{grid,BM,y}$ = Factor de emisión marginal de construcción (t CO₂/MWh)

w_{OM} = Ponderación del factor de emisión marginal de operación (Porcentaje)

¹⁷ https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-07-v7.0.pdf/history_view Herramienta para calcular el factor de emisión de un sistema eléctrico.

¹⁸ <http://informacioninteligente10.xm.com.co/oferta/Paginas/Generacion.aspx> Base de datos del sistema eléctrico interconectado de Colombia (XM)

w_{BM} = Ponderación del factor de emisión marginal de construcción (Porcentaje)

Para los proyectos eólicos y solares, la herramienta proporciona los valores de $w_{OM}= 0.75$ y $w_{BM}= 0.25$ debido a la discontinuidad de despacho de energía, para los proyectos hidroeléctricos se dan valores de $w_{OM}= 0.50$ y $w_{BM}= 0.50$ (UNFCCC, 2018c).

Factor de emisión marginal de operación:

El $EF_{grid,OM,y}$ de la red interconectada Colombiana al tener un aporte mayor del 50% de energía renovables se calcula basado en la generación neta de electricidad de cada central eléctrica, información disponible en la base de datos del XM:

$$EF_{grid,OM,y} = (1 - \lambda_y) \times \frac{\sum_m EG_{m,y} \times EF_{EL,m,y}}{\sum_m EG_{m,y}} + \lambda_y \times \frac{\sum_k EG_{k,y} \times EF_{EL,k,y}}{\sum_k EG_{k,y}} \quad \text{[Ecuación 5]}$$

$EF_{grid,OM,y}$ = Factor de emisión marginal de operación (t CO₂/MWh)

$EG_{m,y}$ = Cantidad total de energía inyectada a la red por las centrales que no son consideradas “unidades de bajo costo” en el año y (MWh)

$EG_{k,y}$ = Cantidad total de energía inyectada a la red por las centrales consideradas “unidades de bajo costo” en el año y (MWh)

$EF_{ELk,y}$ = Factor de emisión de las centrales consideradas “unidades de bajo costo” en el año y, Calculado con la ecuación 7 (t CO₂/MWh)

$EF_{ELm,y}$ = Factor de emisión de las centrales no consideradas “unidades de bajo costo”, Calculado con la ecuación 7 (t CO₂/MWh)

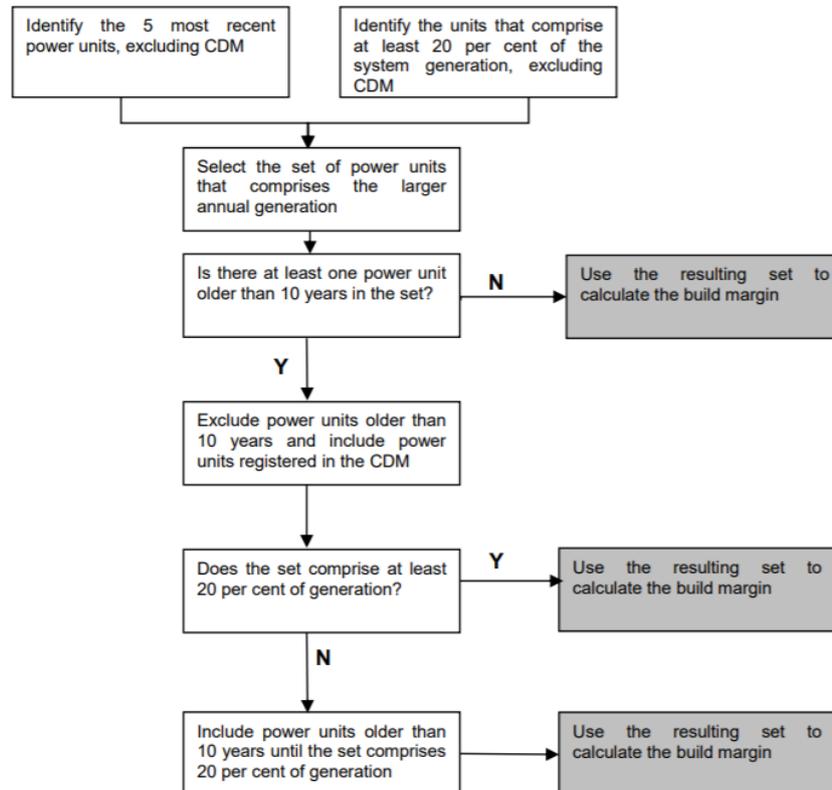
λ_y = Factor que expresa el porcentaje de tiempo cuando las “unidades de bajo costo” están en el margen en el año y

La herramienta para calcular el factor de emisión de un sistema eléctrico define “unidades de bajo costo” como: “plantas de energía con bajos costos marginales o despachados independientemente de la carga diaria o estacional de la red. Incluyen la generación hidroeléctrica, geotérmica, eólica, biomasa de bajo costo, nuclear y solar. Las importaciones de electricidad se tratarán como unidades de bajo costo”.

Los valores lambda (λ_y) disponibles en el anexo 2¹⁹ de la metodología pueden ser usados suponiendo que la generación mínima inyectada por todas las plantas en determinada hora es mayor que un tercio de la máxima.

Factor de emisión marginal de construcción:

Ilustración 2: Protocolo para seleccionar las plantas eléctricas m a tener en cuenta para el cálculo del $EF_{grid,BM,y}$. (Y= Sí; N= No)



Fuente: Extraída de “Tool to calculate the emission factor for an electricity system”

De tal modo, una vez se han identificadas la plantas del sistema interconectado, se procede a calcular el valor de $EF_{grid,BM,y}$ mediante la siguiente expresión:

$$EF_{grid,BM,y} = \frac{\sum_{i,m} EG_{m,y} \times EF_{EL,m,y}}{\sum_m EG_{m,y}} \quad \text{[Ecuación 6]}$$

Donde:

$EG_{m,y}$ = Cantidad neta de energía generada e inyectada a la red interconectada por todas las plantas m seleccionadas en el año y (MWh)

¹⁹ <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-07-v7.0.pdf> Ver anexo 2: Valores por defecto para Lambda

$EF_{El,m,y}$ = Factor de emisión de cada planta m seleccionada en el año y (tCO_2/MWh)

m = Plantas seleccionadas

El factor de emisión $EF_{EF,m,y}$ de cada planta m seleccionada se calcula en base al consumo de combustible y generación con la siguiente ecuación:

$$EF_{EF,m,y} = \frac{\sum_i FC_{i,m,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO_2,i,y}}{EG_{m,y}} \quad \text{[Ecuación 7]}$$

$FC_{i,m,y}$ = Cantidad de un tipo i de combustible consumido en el por cada planta m en el año y (Unidad de masa o volumen)

$NCV_{i,y}$ = Poder calorífico neto del tipo de combustible i en el año y (GJ/unidad de masa o volumen).

$EF_{CO_2,i,y}$ = Factor de emisión de cada tipo de combustible i , (tCO_2/GJ). Valores disponibles en el informe “CONSULTORÍA TÉCNICA PARA EL FORTALECIMIENTO Y MEJORA DE LA BASE DE DATOS DE FACTORES DE EMISIÓN DE LOS COMBUSTIBLES COLOMBIANOS-FECOC”.

$EG_{m,y}$ = Cantidad de energía generada e inyectada por las plantas m seleccionadas en el año y (MWh)

m = Plantas pertenecientes a la red nacional interconectada excluyendo las | “unidades de bajo costo”

Por otra parte, a diferencia de los proyectos energéticos; los forestales que buscan conservar los bosques, forestar o reforestar, requieren de mayores esfuerzos para estimar la reducción o captura de emisiones, ya que las metodologías aprobadas por los estándares proponen el uso de modelos y herramientas computacionales, estudios en campo, sensores remotos y laboratorio para calcular el contenido de carbono en la biomasa por debajo y encima del suelo, el carbono orgánico en el suelo, en la hojarasca y en la madera muerta (VCS, 2017).

5.2 Validación

La validación es el proceso de evaluación independiente del proyecto por parte de una entidad operacional designada (DOE por sus siglas en inglés) conocidas también como auditores, en relación con los requisitos del ente certificador según lo establecido en los procedimientos y regulaciones internos buscando coherencia de toda la información consolidada en cada sección

del documento de diseño del proyecto y la ejecución del mismo, ofreciendo a lo implementadores del proyecto la oportunidad de realizar cambios mediante los posibles hallazgos encontrados (UNFCCC, 2018a).

En la siguiente tabla se muestran algunos DOE avalados para realizar el proceso de validación en las entidades acreditadoras:

Tabla 5: Lista de los DOE acreditados por los estándares y el MDL

MDL	VCS	GS
AENOR	AENOR	AENOR
BVCH	Bureau Veritas India Pvt. Ltd.	Carbon Check
BVI	Carbon Check	EPIC
CCCI	CTC	Earthood Services Private Limited
CCSC	CCSC	RINA Services SpA
CEC	CEC	GFA Certification
CEPREI	CQC	TUV NORD
CQC	ICONTEC	KBS Certification Services Private Limited
CTC	Earthood Services Private Limited	TÜV SÜD
CTI	Ecocert S.A.	Pangolin Associates Pty Ltd.
Carbon Check	ESI	ERM Certification and Verification Services
ICONTEC	GHD Limited	LGAI Technology Center, S.A
EPIC	EPIC	CTI International Certification
TÜV NORD	First Environment, Inc.	Bureau Veritas (India) Pvt. Ltd.
TÜV SÜD	TÜV NORD	Re Carbon

Fuente: Páginas web MDL, VCS y GS²⁰

Una vez el proyecto ha sido validado por la DOE a través de la construcción del reporte de validación, se registra en la plataforma dispuesta por el estándar de certificación o el mercado de carbono al que se busque aplicar al proyecto

²⁰ <https://cdm.unfccc.int/DOE/scopes.html>
<https://verra.org/project/vcs-program/validation-verification/>
<https://www.goldstandard.org/project-developers/approved-auditors>

5.3 Implementación, monitoreo y verificación

Esta etapa comprende la puesta en marcha de las actividades del proyecto. Este paso se encuentra acompañado del desarrollo de las actividades de monitoreo buscando consolidar información útil y confiable para estimar la reducción de emisiones de GEI según lo que se plantea en el documento de diseño. Retomando el ejemplo propuesto de energías renovables en la sección 5.1.2, se debería hacer un seguimiento de las variables necesarias para calcular los factores de emisión y las emisiones de línea base, algo relativamente sencillo de hacer para estos tipos de proyectos, ya que la información disponible está compilada en bases de datos por el administrador de la red nacional; y el monitoreo de la generación total despachada por el proyecto se lleva a cabo a través de dispositivos (medidores) correctamente calibrados. Respecto a los proyectos forestales las actividades de monitoreo se complican debido a la enorme cantidad de recursos económicos y procedimientos para garantizar la veracidad de la información recolectada necesaria para calcular la reducción de emisiones. Algunas actividades de monitoreo válidas son: los métodos de teledetección acompañado por correcciones geométricas, georreferenciación y remoción de nubes, estratificaciones y parcelaciones para el muestreo directo en campo (VCS, 2017).

Una vez los desarrolladores de proyectos hayan determinado la reducción de emisiones y plasmadas todas las consideraciones en el un reporte de monitoreo, se realiza nuevamente la contratación de una DOE (Tabla 5) diferente de la que validó el proyecto para evitar conflictos de intereses, la cual tiene como objetivo verificar reducciones de las emisiones de GEI e información monitoreadas durante la implementación del proyecto. La verificación de la reducción de emisiones se realiza en periodos de tiempo determinados por el proponente de proyecto, de acuerdo con las necesidades del comprador o según lo determinado por los estándares (VCS, 2016).

5.4 Certificación y emisión

Una vez aprobado la verificación de las reducciones de emisiones de GEI, la DOE construye un reporte de verificación para presentarlo ante las entidades competentes que expiden los certificados de reducciones verificadas de las emisiones de CO₂e. En los estándares del mercado voluntario una vez emitido estos certificados, los proyectos pueden acudir a las plataformas de registro de los mercados de carbono, como Markit y APX, mientras que el MDL posee su propia administración que facilitan el monitoreo sobre los proyectos registrados, la propiedad de los créditos y su vencimiento (Fundación Natura, 2015). Esta etapa concluye el ciclo de desarrollo de los proyectos.

6 Conclusiones y comentarios

Los procesos productivos en las industrias y el aprovechamiento de los bosques y suelo, sumado al crecimiento poblacional ha influenciado notablemente en el aumento de la temperatura promedio global y aceleración del cambio climático. Aunque los aportes hechos hasta el momento con la implementación de los mercados de carbono han sido significantes en materia de desarrollo sostenible, aún quedan vacíos en el tema de cambio climático. Las recientes discusiones lideradas por las Naciones Unidas en la 24ª conferencia de las Partes celebrada en Katowice, Polonia y el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático han alertado de un panorama crítico en cuanto a cumplir con el objetivo global de evitar el incremento de la temperatura promedio en 2 grados centígrados, lo que a simple vista demuestra insuficiencia de las estrategias internacionales comprendidas dentro del mercado de carbono, sin embargo, hay muchos factores que influyen en la eficacia de los mecanismos, muchos de los proyectos que fueron registrados años atrás no pudieron emitir sus certificados, ni operar correctamente debido a la poca demanda de créditos de carbono, especialmente afectada por la crisis económica que afrontaban los países de Europa; y por la misma razón, el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones redujo considerablemente.

A raíz de lo anterior es probable que para el 2020 cuando concluya la vigencia del MDL en vez de pensar en soluciones a nivel internacional, se busque fortalecer primordialmente la participación y organización local en cada país, fomentando un escenario regulado mediante impuestos verdes vinculados con la comercialización de certificados de reducción de emisiones aumentando los ingresos económicos y promoviendo el desarrollo sostenible; en donde se apunte a simplificar los procesos burocráticos y así para disminuir los costos de certificación.

El desarrollo de proyectos de carbono seguirá siendo viable, especialmente los de energía renovable y aquellos en los cuales se obtenga un subproducto o beneficio neto hacia las comunidades aparte de la actividad primaria y de la reducción de emisiones, como ejemplo, la conservación de los servicios ecosistémicos o la recuperación de biogás para la producción de electricidad.

En el estado actual que se encuentra el Mercado de Carbono, es recomendable llevar a cabo la certificación de proyectos en el Mercado Voluntario, especialmente el VCS, el cual ha adoptado las metodologías propuestas para la certificación de reducción de emisiones del MDL, los costos de registro son menores y los precios de transacción son mayores.

El desarrollo de proyectos de reducción de emisiones acarrea consigo una serie de procesos multidisciplinarios que requieren de habilidad para garantizar la credibilidad del valor compartido creado sobre el clima, las comunidades y el ambiente, es por ello por lo que se precisa de un equipo completo de profesionales.

Como Ingeniero Ambiental las tareas de diseño y el diagnóstico de los impactos sobre el medio ambiente generados por la implementación de un proyecto, son tareas esenciales para evitar el

deterioro de los recursos naturales. Dada por terminada la práctica profesional, se contribuyó técnicamente al desarrollo y certificación de proyectos forestales a través de la estructuración de los documentos de diseño. También, se adquirió experiencia y conocimiento acerca de los procedimientos relacionados al ciclo de desarrollo de los proyectos bajo los estándares internacionales y el MDL. Se afianzaron conocimientos sobre las fuentes de emisiones de GEI y alternativas para mitigarlas, así como la familiarización con la metodologías internacionales aprobadas por el MDL para calcular la reducción de emisiones logradas por la implementación de proyectos de carbono.



Referencias Bibliográficas

- ANDI. (2017). PRINCIPALES PREGUNTAS FRENTE AL IMPUESTO NACIONAL AL CARBONO Y LA SOLICITUD DE NO CAUSACIÓN POR CARBONO NEUTRALIDAD. Retrieved from <http://www.andi.com.co/Uploads/ABC del impuesto al carbono.pdf>
- DIAN. (2018). Resolución por la cual se ajustan las tarifas del impuesto nacional a la Gasolina y al ACPM, y del Impuesto Nacional al carbono.
- ECOCERT. (2016). The Verified Carbon Standard VCS The Gold Standard GS. Ecosystem Marketplace. (2017). *State of the Voluntary Carbon Markets 2017*.
- EDUC. (n.d.). Combustibles fósiles. Retrieved from <http://energiasdemipais.educ.ar/combustibles-fosiles-3/>
- El Congreso de Colombia. (2016). Ley 1819 del 2016, "Por medio de la cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones.
- EPA. (2017). Understanding Global Warming Potentials. Retrieved from <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>
- FAO. (n.d.). MERCADOS DE CARBONO: QUÉ TIPOS EXISTEN Y CÓMO FUNCIONAN. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/012/i1632s/i1632s02.pdf>
- Finanzas Carbono. (n.d.). Estándares voluntarios. Retrieved from <http://finanzascarbono.org/mercados/mercado-voluntario>
- Fundación Natura. (2015). Guía ABC de los Mercados Voluntarios de Carbono. Información disponible para Colombia. Aranguren, Laura. Bogotá D.C., Colombia. 2015. 61p.
- Giraldo, C. (2017). Evaluación del mercado regulado de bonos de carbono vs el mercado voluntario en proyectos hidroeléctricos en Colombia.
- Gold Standard. (2018a). Gols Standars Purpose. Retrieved from <https://www.goldstandard.org/our-story/who-we-are>
- Gold Standard. (2018b). Market report 2017.
- ICONTEC. (2018). GUIA PARA LA FORMULACION, VALIDACION Y VERIFICACION DE PROYECTOS FORESTALES DE MITIGACION DE CAMBIO CLIMATICO.
- IDEAM. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y cambio climático.
- IDEAM. (2016). INVENTARIO NACIONAL Y DEPARTAMENTAL DE GASES EFECTO INVERNADERO - COLOMBIA.
- IPCC. (2001). Climate change. Annex B: Glossary of terms.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Kiwitt, U. (2009). *Guía para la elaboración de proyectos en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio en el Perú*.
- Markit. (2019). Financial Information Services. Retrieved from https://mer.markit.com/br-reg/public/index.jsp?name=&entity=project&entity_domain=Markit,GoldStandard
- Martínez, C. A., Ruíz, X. A., & Morales, S. (2016). WATER FINGERPRINT OF A CATTLE DAIRY ESTATE UNDER THE CONDITIONS AGROECOLOGICAS OF THE VALLEY OF THE CAUCA.
- MINAMBIENTE. (n.d.). Protocolo de Kioto. Retrieved from <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/458-plantilla-cambio-climatico-14>
- MINAMBIENTE. (2015). Colombia hacia la COP21.
- MINAMBIENTE. (2018a). Impacto del cambio climático. Retrieved from <http://www.minambiente.gov.co/index.php/cambio-climatico/que-es-cambio-climatico/impacto-del-cambio-climatico>
- MINAMBIENTE. (2018b). Qué es el Cambio climático? Retrieved from <http://www.minambiente.gov.co/index.php/cambio-climatico>
- MINAMBIENTE. (2019). Historia del proceso climático. Retrieved from <http://www.minambiente.gov.co/index.php/convencion-marco-de-naciones-unidas-para->

- el-cambio-climatico-cmnucc/historia-del-proceso-climatico
- Seeberg, C. (2010). Carbon Finance Possibilities for Agriculture, Forestry and Other Land Use Projects in a Smallholder Context. Retrieved from http://www.fao.org/fileadmin/templates/ex_act/pdf/carbone_finance.pdf
- UNDP. (2019). Sustainable Development Goals.
- UNFCCC. (n.d.). LIST OF SECTORAL SCOPES.
- UNFCCC. (2007). Unidos por el clima: Guía de la Convención sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto.
- UNFCCC. (2017). *CDM METHODOLOGY BOOKLET*.
- UNFCCC. (2018a). CDM project standard for project activities.
- UNFCCC. (2018b). Propose a new methodology. Retrieved from <http://cdm.unfccc.int/Projects/pac/howto/CDMProjectActivity/NewMethodology/index.html>
- UNFCCC. (2018c). Tool to calculate the emission factor for an electricity system.
- VCS-CCB. (2017). Climate, Community & Biodiversity Standards.
- VCS. (2016). Validation and Verification Manual.
- VCS. (2017). Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) Requirements.
- VCS. (2018). VERRA Project database. Retrieved from <https://www.vcsprojectdatabase.org/#/projects>
- VERRA. (2018a). VCS Sectoral Scopes. Retrieved from <https://verra.org/project/vcs-program/projects-and-jnr-programs/vcs-sectoral-scopes/>
- VERRA. (2018b). Verified Carbon Standard. Retrieved from <https://verra.org/project/vcs-program/>
- VERRA. (2019). Climate, Community & Biodiversity Standards. Retrieved from <https://verra.org/project/ccb-program/>
- XM. (2018). XM: ¿Qué hacemos? Retrieved from <https://www.xm.com.co/corporativo/Paginas/Nuestra-empresa/que-hacemos.aspx>

