



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Cali

**UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA  
EMISIÓN DE CRÉDITOS DE CARBONO EN COLOMBIA Y MÉXICO**

**Programa de Maestría en Ingeniería**

**Presentado por:**

**ALEJANDRO ESTEBAN CASTILLO RUIZ  
DIANA PATRICIA RUALES**

**Dirigido por:**

**OLGA LUCIA DELGADILLO VARGAS  
Ph.D.**

**Pontificia Universidad Javeriana Cali  
Facultad de Ingeniería y Ciencias  
Junio de 2025**

# Un análisis comparativo de la sostenibilidad de la emisión de créditos de carbono en Colombia y México

Alejandro E. Castillo; Diana P. Rúales

Departamento de ingeniería Civil e Industrial, Pontificia Universidad Javeriana Cali, Calle 18 No. 118-250 Cali, Colombia.

## Introducción

El cambio climático representa un desafío global, con impactos cada vez más evidentes en los ecosistemas, la economía y la sociedad [1]. Según el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente [2], la emisión global de Gases de Efecto Invernadero (GEI) alcanzó un nivel récord de 57.1 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (GtCO<sub>2</sub>e) en 2023, pese a los esfuerzos y compromisos internacionales adquiridos a partir del Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París, entre otros. Cabe mencionar que, para limitar el calentamiento global a un incremento de 1,5 °C, se requiere una reducción del 42% de las emisiones de GEI para el año 2030 y del 57% para el año 2035, siendo metas que aún están lejos de cumplirse considerando las dinámicas actuales [2].

Con el propósito de mitigar los efectos más adversos del cambio climático, se ha desarrollado un mecanismo de asignación de precios para las emisiones por tonelada de CO<sub>2</sub> emitida, respaldando un mercado en el cual se compran créditos que se generan por reducción o captura de GEI. La regulación de estos mercados es diversa, acorde con los compromisos adquiridos en el Acuerdo de París y la legislación interna de cada país [3] [4].

Países como Colombia y México son ejemplos de territorios donde el mecanismo de los créditos de carbono avanza a distintos ritmos. Colombia posee un mercado regulado, en el marco del impuesto al carbono acorde a la Ley 1819 de 2016 [5], en la cual se establece una tarifa en función del contenido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) en los combustibles fósiles. Por su parte, en México se han desarrollado mecanismos de cumplimiento y mercados voluntarios con participación del sector privado [6].

No obstante, existen problemas y desafíos sociales, técnicos, económicos y regulatorios,

relacionados con la verificación de emisiones, la intermediación, la transparencia en las transacciones de créditos, la integración de tecnologías de ingeniería para una mejor evaluación de su impacto y la falta de incentivos reales para reducir emisiones en el largo plazo [7] [8].

Este artículo tiene como objetivo analizar el mercado de créditos de carbono como mecanismo de financiación frente al cambio climático en Colombia y México en el marco de la sostenibilidad. Para ello, primero se determina el origen y evolución de los créditos de carbono como mecanismo de financiamiento; segundo, se compara el funcionamiento de este mecanismo en dos casos: Colombia y México; y tercero, se evalúa la sostenibilidad de la implementación de este mecanismo en los casos de estudio.

La sostenibilidad aquí es entendida como un atributo de los sistemas socioecológicos, definidos como sistemas complejos adaptativos de humanos en la naturaleza en el que los componentes o sistemas sociales y ecológicos están íntimamente acoplados [9] [10]. Asimismo, la sostenibilidad se refiere al proceso de interacción entre la naturaleza y la cultura, y describe las propiedades o estado de dichas estructuras biofísicas a través del tiempo. En esta interacción la dimensión o componente institucional es determinante, puesto que permite entender la relación entre los distintos agentes, quienes al final toman las decisiones que transforman el territorio.

En suma, se adoptó una metodología con enfoque cualitativo para orientar el desarrollo de este artículo de investigación, y se empleó la revisión de literatura científica, entre otros tipos de fuentes de información como normativas, informes y bases de datos, tanto a nivel global como en los dos países seleccionados para los análisis comparativos, Colombia y México.

## **1. Los Créditos de Carbono como Mecanismo de Financiamiento para la Reducción de Gases de Efecto Invernadero**

### **1.1 Origen y Evolución**

El Protocolo de Kioto, adoptado en 1997 durante la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP3), constituye un hito para la protección del medio ambiente, el desarrollo sostenible y la lucha contra el cambio climático en todo el mundo [11] [12]. Particularmente, debido a que los gobiernos firmantes, por primera vez, aceptaron su responsabilidad en el problema y acogieron los compromisos, legalmente vinculantes, para la reducción de emisiones de GEI, marcando el origen de los mercados de carbono como un mecanismo para articular los objetivos ambientales con la movilización de incentivos económicos provenientes de proyectos sostenibles [11].

Por su parte, el Acuerdo de París adoptado en 2015 durante la COP21, estuvo orientado al reemplazo del principio de responsabilidad diferenciada por un enfoque en la repartición equitativa de las cargas entre los firmantes [11]. También ha sido clave para continuar con las negociaciones y, modificar y actualizar los compromisos adquiridos y los marcos regulatorios aplicables, permitiendo el fortalecimiento y desarrollo de los mercados de carbono globalmente [11].

### **1.2 Tipos de Mercado**

Los créditos de carbono son un mecanismo orientado a reducir las emisiones contaminantes. Está conformado principalmente por dos tipos de mercado que, de acuerdo con su funcionamiento, se dividen en: i) un mercado regulado encargado de cumplir metas obligatorias de reducción a nivel internacional, nacional o regional; y ii) un mercado voluntario mediante el cual entidades públicas y privadas, incluidos gobiernos, multinacionales y empresas, pueden compensar sus emisiones o “neutralizar” su huella de carbono con estrategias en otros países de economías emergentes donde se desarrollan proyectos con costos de mitigación menores [13].

### **1.3 Ciclo de Vida de los Créditos de Carbono**

La creación inicia con la identificación y el financiamiento de un proyecto potencial, requiriendo estudios previos para conocer la viabilidad y la disponibilidad de recursos para su ejecución. Los propietarios del proyecto y los desarrolladores trabajan para cuantificar las reducciones o eliminaciones de emisiones, así como en la elaboración del documento de diseño del proyecto donde se describen las actividades planificadas, los métodos de medición de CO<sub>2</sub> y las proyecciones. Posteriormente, se somete a validación y verificación por parte de organismos de estándares como *Verra* o *Gold Standard*, quienes supervisan y gestionan los registros de emisión de los créditos [7].

Una vez emitidos, los créditos de carbono pueden venderse directamente o a través de intermediarios (bolsas, corredores, revendedores en línea y plataformas *blockchain*). Estos actores facilitan la conexión entre la oferta y la demanda, la fijación de precios y la determinación de los márgenes de comercialización.

En cuanto al retiro, este se genera una vez que se ha materializado el beneficio de carbono que representa, implicando el reconocimiento formal de la compensación en términos de tonelada de CO<sub>2</sub>e [10]. Se debe retirar el registro del mercado de carbono y no puede volver a venderse ni comercializarse, es fundamental esta etapa porque evita cualquier doble contabilización [14].

Aunque algunos registros exigen identificar a los compradores, en otros no es obligatorio, lo que limita la trazabilidad y credibilidad de este tipo de proyectos.

### **1.4 Métricas sobre los Créditos de Carbono**

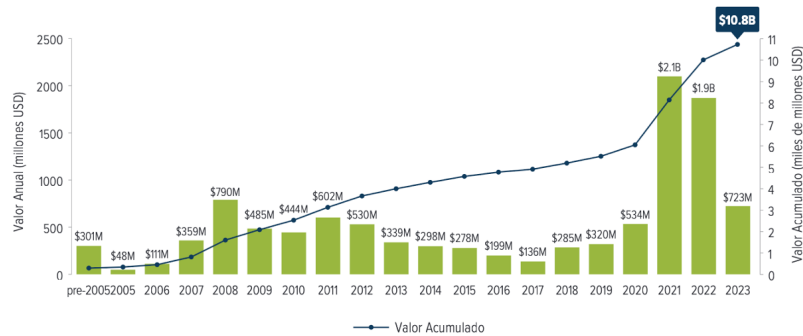
Los datos presentados en este documento se obtuvieron del informe *Ecosystem Marketplace insights report Payin for quality* [16], el cual ofrece un análisis cuantitativo de la dinámica del volumen de emisiones, de los precios efectivamente transados en los últimos años y de las proyecciones de mercado a 2030.



**Figura 1.** Tamaño de mercado voluntario de carbono, por volumen de créditos de carbono comercializados antes del 2025 a 2023. Tomado de [16].

En lo que respecta al volumen de créditos de carbono comercializados (Figura 1), se observa que desde el 2005 la emisión de los créditos de carbono ha tenido un comportamiento relativamente estable, pasando de 75 a 84

millones en 10 años, posteriormente fluctuó llegando a una a una máxima emisión de 516 millones en el año 2021.



**Figura 2.** Tamaño del mercado de carbono, por valor de los créditos de carbono comercializados, de 2005 a 2023. Tomado de [16].

Frente al valor del mercado voluntario de carbono (Figura 2), y siendo consecuente con el comportamiento de las emisiones anuales de créditos de carbono (Figura 1), el valor del mercado voluntario de carbono ha presentado un comportamiento relativamente estable entre 2005 y 2015, pasando de 301 a 278 millones de dólares y llegando a sus picos máximos en los años 2021 y 2022 con montos de 2.1 y 1.98 billones de dólares, respectivamente.

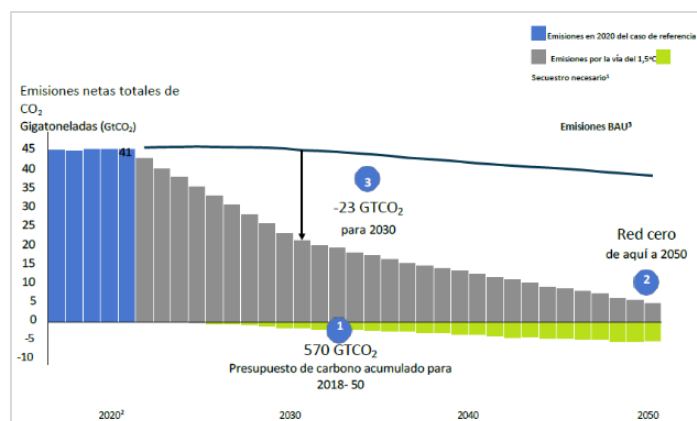
Las dos figuras dejan en evidencia una tendencia clara sobre la consolidación, y sobre todo, la expansión sustancial que han tenido los mercados de créditos de carbono en los últimos años, lo cual podría ser un reflejo de un mayor interés y compromiso frente a la reducción de emisiones de GEI y la mitigación del cambio climático. De manera similar, es posible sugerir un aumento significativo en la cantidad de créditos de

carbono que han sido negociados, así como en su valor económico.

Los mercados voluntarios experimentaron un crecimiento significativo, pasando de 520 millones de dólares en transacciones en 2020 a 2.000 millones en 2021 [16]. Este incremento se debió principalmente al aumento en los precios de los créditos de carbono, destacando aquellos basados en soluciones naturales como la reforestación, el carbono azul proveniente de proyectos en ecosistemas marinos y costeros, y la prevención de la deforestación.

Bajo este panorama, y a medida que los gobiernos adopten con mayor frecuencia este tipo de alternativas para mitigar el calentamiento global, se espera que el mercado de créditos de carbono continúe expandiéndose considerablemente.

Ahora, para alcanzar los objetivos del acuerdo de París de cero emisiones de CO<sub>2</sub> al 2050, se requiere una disminución gradual de emisiones.



**Figura 3.** Emisiones totales de CO<sub>2</sub>. Tomado de [17].

Este objetivo exige que las emisiones netas de GEI disminuyan en 23 Gt al año 2030, escenario que representa una reducción de las emisiones equivalente a 1,5 veces las emisiones totales de todo el consumo de petróleo en 2019. Además, se sugiere que, para alcanzar la reducción neta, se deben utilizar estrategias de eliminación, reforestación, eliminación basada en la tecnología, captura directa en el aire con captura y almacenamiento de carbono.

## 2. Programas REDD+ en Colombia y México

Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal - REDD+ es un mecanismo de comercialización de carbono forestal que tiene como finalidad reconocer y apoyar los esfuerzos que se están desarrollando para la conservación de los bosques, la reforestación y la gestión sostenible de los recursos forestales a nivel global [18].

En ese sentido, los proyectos asociados a REDD+ en países en desarrollo reciben financiamiento,

incentivos y recompensas económicas por emprender acciones estratégicas que contribuyan con la reducción de emisiones de GEI asociadas con las problemáticas de deforestación y degradación forestal [18].

Es preciso mencionar que los proyectos de REDD+ consisten en acuerdos financieros entre las partes interesadas. Por un lado, se encuentran aquellos actores que trabajan en la prevención de la deforestación, la conservación de los bosques o en iniciativas relacionadas, siendo, por ejemplo, los propietarios de las tierras, las comunidades indígenas o las organizaciones extractivistas, y de otra parte, se encuentran aquellos actores que compran bonos o créditos de carbono para cumplir con su compromiso y responsabilidad frente a la reducción de emisiones de GEI, dinamizando así, el mercado voluntario de carbono [18].

En esta sección se presentan dos programas de compensación de emisiones que se han desarrollado en Colombia y México en el marco de las iniciativas global REDD+ en América Latina.

**Tabla 1.** Cuadro comparativo de los casos de estudio

Ítem	Conservación del bosque Galilea-Amé	Reserva de la biósfera Sierra Gorda (Carbono Premium Sierra)
Localización	País: Colombia.	País: México.

	Departamento: Tolima Municipios: Villarrica, Cunday, Dolores, Purificación y Prado.	Estados: Querétaro, Guanajuato y San Luis Potosí. Municipios: Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Pinal de Amoles, Peñamiller, Xilitla y Aquismón.
Periodo de vigencia	2010-2040	1997-2042
Área de cobertura	> 30 mil ha potenciales, 13,8 mil ha confirmadas a 2022	383,567 ha confirmadas
Responsable	Fundación Amé -FUNDAME.COL	Grupo Ecológico Sierra Gorda Bosque Sustentable A.C.
Actores participantes	Universidad del Tolima Ecocarbono S.A.S. ZOMAC El Cielo Construcciones S.A.S South Pole ICONTEC AENOR Internacional Comunidad local Otros: SENA, Corporación Autónoma Regional del Tolima – CORTOLIMA, Fundación ICPP.	Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) Gobierno de México (SEMARNAT, CONANP) Global Environment Facility Comunidad local
Población beneficiaria	Propietarios y productores que viven en los municipios donde se localiza el proyecto. La población en el área de referencia era de 71.235 habitantes en 2005 y 78.258 proyectados a 2010. El 26,4% de la población en las cabeceras municipales y el 45,3% de la población en las zonas rural y disperso, con necesidades básicas insatisfechas. Con pocas oportunidades educativas y laborales. Área azotada por la violencia y el conflicto armado. No hay puestos de salud activos y solo se identifica una institución educativa en funcionamiento.	Comunidades y personas caracterizados por estar en situación de pobreza extrema y alta marginación que viven en el territorio y áreas circundantes (173.886 habitantes). Con pocas oportunidades educativas (bajo nivel educativo y analfabetismo) y laborales que motivan la migración de los habitantes, causando desintegración familiar y abandono de actividades agrícolas. Bajo nivel de acceso a servicios básicos sanitarios, electricidad y agua potable y presencia de comunidades indígenas.
Certificación de validación/verificación	Estándar de Carbono Verificado (VCS)	Estándar de Carbono Verificado (VCS) y el Estándar de Clima, Comunidad y Biodiversidad (CCB)
Créditos de carbono	85% de las tCO <sub>2</sub> e son comercializables como créditos de carbono en mercados voluntarios o regulados, y el 15% excedente corresponde al buffer por riesgos de no permanencia, es decir, para compensar eventualidades ocasionadas por eventos que causan liberación de carbono como incendios forestales, tala ilegal, fallas operativas del proyecto, entre otros.	80% de las tCO <sub>2</sub> e son comercializables como créditos de carbono en mercados voluntarios o regulados, y el 20% excedente fueron asignadas como buffer por riesgos de no permanencia, es decir, para compensar eventualidades ocasionadas por eventos que causan liberación de carbono como incendios forestales, tala ilegal, fallas operativas del proyecto, entre otros.
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de guardabosques locales</li> <li>• Proyectos productivos de apicultura y ecoturismo</li> <li>• Investigación científica</li> <li>• Acuerdos de conservación</li> <li>• Aula ambiental</li> <li>• Museo de la Memoria</li> <li>• Monitoreo de la cobertura vegetal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reforestación de áreas degradadas</li> <li>• Capacitación técnica de los habitantes</li> <li>• Educación ambiental</li> <li>• Proyectos productivos en ecoturismo, apicultura y artesanías</li> <li>• Centros comunitarios de reciclaje</li> <li>• Monitoreo forestal y de fuentes hídricas</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

## 2.1 Caso Colombia: Conservación del bosque Galilea-Amé

El programa de compensación de emisiones Conservación del bosque Galilea-Amé de REDD+ busca la conservación de 30 mil hectáreas de bosques -Bosque de Galilea- que constituyen un corredor biológico conectando el bosque Altoandino con del Piedemonte Amazónico, así como la protección de los últimos vestigios de bosque primario en el departamento del Tolima donde se encuentra, además, el nacimiento del Río Negro, un afluente principal de la represa de Hidro-Prado [19]. El bosque de Galilea es un ecosistema montañoso especial que se caracteriza por la confluencia biológica y una alta diversidad de fauna y flora [20].

Este programa tiene como objetivo principal trabajar por la reducción de emisiones de GEI que se

del Tolima, pero el área con potencial de expansión en total asciende a más de 30 mil hectáreas que se espera poder incorporar con el paso del tiempo [19]. Las estimaciones proyectadas para el área inicial del programa sugerían que en el periodo 2010-2040, la reducción de emisiones de GEI acumuladas superarían los 5.3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e [19]. Sin embargo, hay que considerar que progresivamente se ha ido expandiendo esta área, lo que implica un aumento en esta cifra. Para ilustrar, en el año 2022 se reportó un área de extensión total del programa de 16 mil hectáreas de bosques naturales, las cuales, se estima que pueden evitar la emisión (o eliminación) hasta de 300 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e anualmente [20].

Finalmente, los registros de la plataforma *BioCarbon* dejan en evidencia que el programa de Conservación del bosque Galilea-Amé realizó un total de 120 transacciones en el periodo comprendido entre noviembre de 2019 y octubre de 2023, equivalentes a la remoción de 456.936 toneladas de CO<sub>2</sub>e, e incluyendo a algunos titulares de bonos a empresas como Terpel, Casa Toro, Motorysa, Banco Finandina, Toyota Colombia, Chevron Petroleum Company, Confipetrol y Primax Colombia [21].

generan por deforestación, y con ello, contribuir a la mitigación de los efectos del cambio climático a nivel global, a su vez que se protegen ecosistemas estratégicos y se mejoran las condiciones de vida de la población local que participa en los proyectos desarrollados [20]. De hecho, la Fundación Amé público en su página web, que una parte relevante del programa se relaciona con la sinergia de las comunidades campesinas, la vocación productiva sostenible y el desarrollo rural en un territorio que marcado por las secuelas del conflicto armado y una historia violenta [20].

El programa inició en septiembre de 2010 abarcando un área de 12.7 mil hectáreas correspondientes a los lotes de la Fundación Amé, el responsable directo, y la Universidad



**Figura 4.** Actores que participan en el proyecto bosques de Galilea-Amé, Colombia. Elaboración propia.

## 2.2 Caso México: Reserva de la Biósfera Sierra Gorda

La Reserva de la Biósfera Sierra Gorda cuenta con más de 500 sitios arqueológicos y 5 misiones Franciscanas (siglo XVIII) que se han declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO [22].

Se han desarrollado proyectos para la reducción de emisiones de GEI por deforestación y degradación mediante el establecimiento de plantaciones forestales en parcelas mayores a 0,5 ha para restaurar los ecosistemas, recuperar depósitos naturales para la captura de carbono, y ofrecerles una actividad productiva sostenible a los propietarios de las tierras que se encuentran en situación de pobreza [23].

Desde 1987, el Grupo Ecológico Sierra Gorda comenzó el trabajo de reforestación en las zonas más degradadas, sin embargo, se reconoce que en el periodo 1997-2001 fue cuando se plantaron cerca de 52 hectáreas con el propósito de recibir ingreso por la venta de carbono secuestrado para promover el desarrollo social y financiar sus demás actividades ambientales [23]. Posterior al año 2001, el Grupo se asoció con Bosque Sustentable A.C., un actor clave debido a su contribución en los procesos de reforestación y, sobre todo, para el mercado voluntario de carbono desde 2006 cuando se realizaron las primeras transacciones de créditos de carbono [23] [24]. Cabe señalar que Bosque Sustentable A.C se encarga del monitoreo y la cuantificación de CO<sub>2</sub> secuestrado, y luego, ofrece las compensaciones de carbono en los mercados nacionales e internacionales [24] [24].

De manera general, el potencial de captura de carbono proyectado es de 7 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e por cada 2.6 millones de hectáreas de bosque de encino, una especie autóctona valorada por su adaptabilidad, su rol ecológico para el ecosistema nativo de la Reserva, y particularmente, por su capacidad para almacenar carbono en el largo plazo [22]. Se cita el caso específico del proyecto “Secuestro de Carbono en Comunidades en Extrema Pobreza de la Sierra Gorda de México” que incluyó 138 plantaciones para reforestación con una extensión de 145,7 hectáreas en el periodo 1997-2009, y de 40 hectáreas en el periodo 2010-2013, al cual, se la tribuye una proyección de captura neta de más de 115 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e para el año 2042 [22] [23].

El proyecto fue financiado por los recursos que otorgó el Gobierno Mexicano como parte del gasto

público y por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) [23].



**Figura 5.** Actores que participa en el proyecto de la Reserva de Sierra Gorda, México. Elaboración propia.

En cuanto a la verificación y la certificación de los proyectos, resulta relevante mencionar que este es uno de los asuntos críticos para el mercado de créditos de carbono en tanto garantiza la veracidad y la efectividad de las compensaciones reportadas. Así, el proyecto Galilea-Amé cuenta con el Estándar de Carbono Verificado (VCS) y ha sido validado tanto por el ICONTEC [25] como por AENOR Internacional [26]. De otro lado, el proyecto de la Reserva en Sierra Gorda, México, aunque es de una escala más pequeña, cuenta con las certificaciones Estándar de Carbono Verificado (VCS) y el Estándar de Clima, Comunidad y Biodiversidad (CCB), logrando mantener una validación estandarizada y consistente para el mercado voluntario de carbono, además de representar el primer caso de éxito para este tipo de iniciativas sostenibles en el país [29].

Sin embargo, surgen cuestionamientos sobre las garantías que realmente representan estas certificaciones, pues en el caso específico de Bosques de Galilea se ha denunciado la falta de legitimidad y validez de las auditorías realizadas al proyecto. De acuerdo con una investigación periodística, este proceso ha estado marcado por inconsistencias,

contradicciones y la falta de transparencia de parte de los actores involucrados (responsables del proyecto, los auditores, los certificadores y compradores de bonos), puesto que fueron realizadas sin realizar visitas de campo, sin recabar información de otras fuentes, e incluso, se relacionan entrevistas a habitantes locales que en realidad nunca se realizaron [27].

Además, se declaran conflictos de interés entre los actores involucrados poniendo en duda la imparcialidad de la validación y la certificación; entonces, la apropiación de las tierras asociadas al proyecto, los intereses particulares frente a la distribución de los ingresos comerciales de los bonos y la existencia de vínculos directos entre partes, por ejemplo, entre los representantes de los organismos certificadores con los gestores del proyecto, son aspectos que debilitan la confianza pública [12][27][28].

Otro eje crítico de los proyectos es el financiamiento y la comercialización de bonos de carbono. En Colombia, el proyecto Galilea-Amé, pese a que se asocia con las iniciativas de REDD+, no percibe financiamiento de fondos públicos o de cooperación internacional, dependiendo del financiamiento de organizaciones público-privadas aliadas, donaciones y reinversiones de los ingresos provenientes de la venta de bonos de carbono [20][30]. Al igual que otras iniciativas asociadas a REDD+, la limitación de recursos es un problema que compromete la continuidad y la sostenibilidad en el tiempo de los proyectos. Además, casos como el proyecto Galilea-Amé dejan al descubierto la ausencia estatal y la falta de mecanismos que permitan direccionar fondos públicos, de cooperaciones y del mismo mercado voluntario para garantizar el financiamiento [12] [28].

Por el contrario, la Reserva de Sierra Gorda en México, la financiación proviene de fuentes diversificadas que incluye asignaciones presupuestales del gobierno para reforestación, cooperación internacional y donaciones [23] [31]. Lo anterior, revela un mayor compromiso del Estado con las causas ambientales, la lucha contra el cambio climático y la promoción de bienestar para las familias que habitan

los territorios donde se desarrollan este tipo de proyectos, aunque ello no significa que los recursos disponibles en México no sean limitados y todavía insuficientes.

Otro aspecto que adquiere relevancia es el impacto que cada proyecto ha tenido en la comunidad local, donde las diferencias son notables. En el caso del proyecto Galilea-Amé, se reconoce que las estrategias de participación, comunicación y apropiación de la población no han sido implementadas con efectividad, y además, la distribución de los beneficios de la venta de bonos de carbono no está siendo percibida por los habitantes [27]. La comunidad y algunos líderes locales han denunciado que no se les incluyó en el proyecto como estaba previsto, e incluso, se afirma que nunca se les socializó el proyecto, generando dudas y desconfianza [27] [33]. Esta situación ha desencadenado, además, preguntas sobre la distribución de los beneficios percibidos por la venta de los bonos y la tenencia de las tierras que hacen parte del proyecto [27] [33].

En contraste, el proyecto de la Reserva de Sierra Gorda se caracteriza por un enfoque especial en la gobernanza comunitaria y el fortalecimiento organizacional para lograr una distribución más equitativa de los recursos y los beneficios en la comunidad local participante. De hecho, el proyecto en sí mismo se diseñó con una orientación en la integración y el mejoramiento de las condiciones de vida de los habitantes que viven en la pobreza extrema y la marginalidad, asegurando la participación, la capacitación y el establecimiento de cultivos forestales para cumplir con los objetivos propuestos.

La diferencia entre ambos casos deja en evidencia el nivel de éxito que han tenido los proyectos de REDD+ en cada país, y su dependencia de las capacidades institucionales para garantizar que los derechos y el bienestar de las comunidades, pues no se trata solo de abordar los problemas ambientales dejando al margen la dimensión de lo social. La forma en la que se ha adoptado el modelo de REDD+ en Colombia, se caracteriza por problemas estructurales donde las salvaguardas socioambientales están ausentes.

Por último, se hace referencia a las transacciones de bonos de carbono en el mercado voluntario, pues en el caso de Colombia, el programa Galilea-Amé ha sido criticado por falta de transparencia y, acceso a la información y documentación con detalles de los contratos celebrados, los precios o los beneficiarios [27], aunque se reportaron más de 450 mil bonos vendidos a fecha de corte en diciembre de 2023 [27]. Luego, en el caso de la Reserva en México, las transacciones han sido en menores volúmenes, pero contando con mecanismos más transparentes y con trazabilidad debido a la intervención del sector pública [32]. En los dos casos, la información y la documentación sobre las transacciones es prácticamente nula.

### **3. Resultados y Discusión.**

Desde la conceptualización de sostenibilidad adoptada para orientar este artículo, ésta es entendida como la capacidad que tiene un sistema socioecológico para mantenerse y adaptarse, sin que se afecte su estructura o su funcionalidad [9][10]. Además, debe tenerse en cuenta que la sostenibilidad también es un concepto que abarca la multidimensionalidad de las interacciones naturaleza-cultura.

Ahora bien, desde la visión de REDD+, la sostenibilidad de los proyectos se vincula a la integración de la dimensión ecológica-ambiental, con las dimensiones social y económica que determinan tanto las dinámicas como los beneficios percibidos por las comunidades locales, su distribución equitativa y la perduración a largo plazo.

Por lo tanto, para evaluar la sostenibilidad de los dos casos de estudio en México y Colombia, el análisis debe ir más allá de los resultados que cada uno ha tenido frente a la reducción de las emisiones de GEI. A continuación, se hace referencia explícita a las dimensiones ambiental, social, económica e institucional, considerando que esta última es crucial para comprender cómo se toman las decisiones que transforman los territorios intervenidos.

#### **Sostenibilidad Ambiental y Ecológica**

Tanto el proyecto Galilea-Amé en Colombia, como el proyecto de la Reserva de Sierra

Gorda en México han tenido resultados en el ámbito de lo ambiental, contribuyendo a la conservación y restauración de ecosistemas estratégicos, y por supuesto, en la reducción de emisiones de GEI.

A pesar de ello, la dimensión ecológica se ha visto afectada por los conflictos de interés sobre la tenencia de las tierras asociadas al proyecto, el escenario de desconfianza sobre la falta de transparencia en la distribución de beneficios, las denuncias y reclamaciones de las comunidades locales, y las carencias de salvaguardas robustas, siendo factores que pueden reversar los beneficios ecológicos del proyecto como se ha señalado en algunos documentos e informes [27] [28]. Un ejemplo de ello es el caso del decano de la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad del Tolima, quien también fue representante legal de la Fundación Amé, entidad que figura como administradora de predios donados a la universidad, situación que ha generado cuestionamientos sobre la legitimidad y transparencia del proceso [36]

De otro lado, en el caso de la Reserva de Sierra Gorda, se reconoce un modelo más consolidado. La reforestación con plantaciones de encinos es clara y estratégica, pues se incorpora una especie autóctona, adaptable, con gran capacidad de captura y almacenamiento de carbono a largo plazo, y con otros beneficios ecológicos tales como la protección de los suelos, la regulación hídrica y, la conservación ecosistémica y de la biodiversidad, que son de vital importancia para la Reserva.

Asimismo, se destacan como factores importantes como la participación e inclusión efectiva de las comunidades locales, el monitoreo frecuente y la capacidad que se ha tenido para mantener los beneficios ambientales con el paso del tiempo a través de actividades educativas, divulgativas y de capacitación ofertada para la comunidad.

#### **Sostenibilidad Social y Comunitaria**

En esta dimensión, la sostenibilidad se encuentra estrechamente relacionada con la capacidad que tiene el proyecto para generar beneficios y bienestar a las comunidades locales con su implementación y ejecución. Así, el caso del proyecto

Galilea-Amé representa una oportunidad para reflexionar críticamente sobre la forma en que se están implementando este tipo de iniciativas en el país. Aunque su diseño incluye una amplia gama de actividades orientadas a la protección y conservación de un ecosistema estratégico, así como el involucramiento activo de las comunidades locales, las controversias y denuncias recientes generan serias dudas sobre su sostenibilidad. Entre ellas, destaca la declaratoria del área como Parque Regional, la cual ha impedido a los habitantes acceder a títulos de propiedad, dejándolos al margen de los beneficios del proyecto de bonos de carbono [37]; instrumentos como la certificación en el Estándar de Clima, Comunidad y Biodiversidad, el cual actúa sobre el aseguramiento para que los proyectos beneficien a la comunidad, puede ser una oportunidad para que se logre un mayor impacto sobre la base de los involucrados y se disminuya la afectación sobre los habitantes [39].

Desde la perspectiva de los gestores del proyecto, los conflictos de intereses aparecen cuando los habitantes quieren apropiarse de las tierras y desarrollar actividades productivas que deterioran las zonas boscosas que se quieren proteger (talas, extracción de recursos, etc.). Sin embargo, las investigaciones periodísticas sobre este caso dan un giro a la historia y se deja en evidencia que la comunidad no había sido informada sobre el proyecto y los beneficiarios que se reportan en los informes de seguimiento son solo unos cuantos propietarios, además de otros actores que parecen tener vínculos personales, generando así, conflictos de interés y tensiones con la comunidad que están vigentes y comprometen la sostenibilidad del proyecto.

Bien se expone en el reportaje Las Rutas del Conflicto, que *“Si esos campesinos que habitan allí no se benefician con los créditos de carbono, la lógica misma del proyecto de carbono queda en cuestión.”* [27]. El funcionamiento del proyecto a nivel local opaca la legitimidad y las promesas que se han forjado desde REDD+, en especial, por la prioridad que se le ha dado a los flujos de capital y la rentabilidad del “negocio” sobre los derechos y el bienestar tanto social como ambiental [28].

En contraste, el proyecto de la Reserva de Sierra Gorda desde su diseño adoptó un esquema que permitió garantizar la inclusión y la participación de las comunidades locales, además de promover el gobierno comunitario y el involucramiento de los habitantes en la gestión de los recursos forestales en las periferias de la reserva. Las plantaciones de bosque que se incluyeron eran parcelas con tamaños pequeños que permitieron la participación de una gran cantidad de propietarios y familias, lo que contraviene la tendencia de acoger amplias áreas beneficiando solo a unos pocos.

Las actividades que se desarrollan en torno a la conservación, la educación ambiental, la capacitación técnica, entre otros (Tabla 1), han facilitado la participación y sensibilización de la comunidad, a su vez que han permitido la convergencia de otros actores temporales como universidades u organizaciones con intereses específicos, para cooperar y colaborar en proyectos que generan conocimiento y beneficios para las poblaciones que viven en los municipios en la periferia de la reserva.

Desde este escenario, la distribución de los beneficios percibidos por el proyecto ha sido más equitativa, dándoles una voz y un lugar a la comunidad, y sobre todo, reforzando la sostenibilidad del proyecto en la dimensión social. No obstante, es un asunto que se deja con interrogantes ante la falta de información disponible, pues los informes sobre los proyectos y el mercado de créditos de carbono en México indican que más allá de las intenciones, los conflictos de interés, la falta de transparencia, el desconocimiento de las comunidades étnicas y campesinas sobre los proyectos y su funcionamiento, son desafíos que también se observan en este país.

### **Sostenibilidad Económica**

En términos económicos, los dos proyectos analizados enfrentan desafíos frente al financiamiento, lo cual tiene un impacto en la sostenibilidad y la continuidad a través del tiempo de vigencia propuesto.

En el caso del proyecto Galilea-Amé, el financiamiento depende de la comercialización de los créditos y de las donaciones de actores público-

privados, lo que incrementa considerablemente su vulnerabilidad ante las fluctuaciones que puedan presentarse en los mercados de carbono. A pesar de que el proyecto, hasta el momento, ha logrado conseguir fondos y atraer aliados estratégicos para garantizar su funcionamiento, es notable la ausencia del financiamiento proveniente de fondos públicos y cooperaciones internacionales, especialmente, considerando que se trata de una iniciativa ligada a REDD+ [28].

En México, la situación es un poco más favorable en tanto las fuentes de financiamiento están más diversificadas y existe participación del presupuesto público y organismos internacionales, lo cual reduce la dependencia del mercado de créditos de carbono y los riesgos asociados [6]. Aun así, si bien se han tenido avances importantes en la materia, lo cierto es que el financiamiento sostenible de los proyectos continúa siendo un gran desafío a nivel nacional.

#### **Sostenibilidad desde el componente institucional**

Es relevante remitirse al componente institucional de la sostenibilidad en tanto permite comprender cuál es la relación entre los diferentes actores y cómo se realiza la toma de decisiones que repercuten directamente en los territorios donde se desarrollan los proyectos.

En ese sentido, la sostenibilidad de los proyectos también depende de las capacidades institucionales para la gestión de recursos naturales, y de lo requerido para la ejecución continua de las actividades planificadas y de la gestión asociada a la comercialización de los créditos de carbono.

Así, en el caso de la Reserva de Sierra Gorda, el marco institucional está configurado por diferentes actores como la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), el Grupo Ecológico Sierra Gorda, Bosque Sustentable A.C. y las comunidades locales, quienes gestionan conjuntamente los recursos y su distribución entre los beneficiarios.

Luego, en Colombia con el proyecto Galilea-Amé se reconoce un gran desafío en el marco institucional debido a la fragmentación organizativa y la participación restringida de la comunidad local. La

toma de decisiones recae en los responsables del proyecto, es decir, la Fundación Amé, y se evidencia la carencia de coordinación entre actores, lo cual afecta no solo la sostenibilidad del proyecto, sino que desfigura la transparencia y la gobernanza efectiva.

#### **Discusión**

Iniciativas como las que se han estado implementando en los últimos años en el marco de REDD+, constituyen alternativas viables para reducir las emisiones de GEI y actuar proactivamente para mitigar el cambio climático, además de permitir el abordaje de otros asuntos relevantes como la conservación y protección de ecosistemas estratégicos, y el fomento del bienestar social. No obstante, el análisis sobre la sostenibilidad en los casos de estudio para Colombia y México, dejan en evidencia los desafíos que emergen en cada contexto, aunque también resultan ser aprendizajes valiosos y oportunidades para emprender nuevos caminos para optimizar sus resultados.

En el caso del proyecto Galilea-Amé, éste opera en condiciones complejas, lo cual se refleja en los conflictos y tensiones que han salido a la luz recientemente con las denuncias de la comunidad local, quienes declaran exclusión, irregularidades y falta de transparencia en las gestiones y operaciones del proyecto. Igualmente, se ha identificado una desarticulación entre los actores del proyecto, la ausencia notable de los entes gubernamentales y regulatorios, y sobre todo, una carencia de gobernabilidad comunitaria que impacta negativamente la sostenibilidad del proyecto.

En contraste, el caso de la Reserva de Sierra Gorda demuestra ser un proyecto más consolidado y coherente desde todo punto de vista, pues no solo existe una mayor interacción y cooperación entre actores, sino que se prioriza a la comunidad local con base a un ejercicio de horizontalidad relacional que, aparentemente, favorece la participación y una distribución más equitativa de los beneficios generados con los mercados de créditos de carbono. Lo anterior, constituye un escenario más sostenible para garantizar la continuidad y la estabilidad del proyecto en el largo plazo.

Aun así, más que afirmaciones absolutas es preciso entender que los interrogantes siguen abiertos debido a una limitación importante de disponibilidad y acceso a la información de los proyectos que den cuenta de los resultados e impactos que cada uno ha tenido frente al cumplimiento de sus objetivos durante su ejecución. La mayoría de la documentación corresponde a la etapa inicial de diseño y formulación de los proyectos, lo cual deja vacíos sobre aspectos que son críticos como la cantidad de personas o familias impactadas, los beneficios que se han logrado materializar más allá de las proyecciones y la información transaccional que soporta el mercado de créditos de carbono.

Esta falta de trazabilidad, ciertamente, es causante de la desconfianza del público, además de un impedimento para la evaluación rigurosa, efectiva y precisa de la sostenibilidad de los proyectos. Asimismo, es un obstáculo para conocer el funcionamiento de los mercados de créditos de carbono en países como Colombia y México, así como un riesgo para su credibilidad como se expone en la literatura científica [34] [35].

La sostenibilidad de los proyectos depende, en gran medida, de la actuación transparente de los actores que gestionan y regulan las actividades, a su vez que dependen de la gobernanza comunitaria y de la cooperación entre actores, comprendiendo que los mercados de créditos de carbono no solo son un negocio en el que se paga por contaminar llamándolo responsabilidad social y ambiental. Es indispensable fortalecer los marcos institucionales a nivel nacional y a nivel territorial, para lograr la consolidación de estos mecanismos e iniciativas que tiene potencial para brindar soluciones duraderas para enfrentar el cambio climático y la pobreza.

#### **Limitaciones.**

En el trasegar de la investigación, se evidencio que hay grandes Actores, pero no mecanismos de transparencia en los datos reportados por las transacciones que se realizan, no hay registros claros en las bases de datos ni obligación de realizarlo, adicionalmente, los mecanismos para el registro de la información relacionada con las cantidades y valores

de transacción, son flexibles al igual que la falta de control en la determinación del precio y calidad de los créditos de carbono y poca estandarización en su reporte, siendo una limitación en el análisis cuantitativo de la investigación.

#### **Conclusiones**

A partir del análisis comparativo de la sostenibilidad de los proyectos Galilea-Amé en Colombia y de la Reserva Sierra Gorda en México, se sugiere una dependencia no solo del diseño técnico y operativo, sino también de la articulación de actores, del marco institucional y regulatorio, de la transparencia en las actuaciones y del contexto social del territorio donde se ejecutan.

Pese a que los dos casos han logrado resultados frente a la reducción de emisiones de GEI, el caso mexicano muestra mayor consolidación y robustez frente a los componentes de gobernanza comunitaria, participación y financiamiento, en comparación con el caso colombiano que esta inmerso en controversias y tensiones actualmente. Es importante aclarar que las limitaciones en la disponibilidad y acceso a la información sobre los proyectos pueden generar sesgos en el análisis. Tanto los informes nacionales de México como los de Colombia sobre los proyectos REDD+ y los mercados de créditos de carbono evidencian desafíos comunes, especialmente en aspectos como la distribución equitativa de beneficios, el involucramiento efectivo de las comunidades y la sostenibilidad en todas sus dimensiones. Así lo señala el informe periódico Seguimiento al Financiamiento para REDD+, en el cual el Ministerio de Ambiente tiene una participación destacada. En uno de sus capítulos, se establece que en el 27,7 % de los proyectos el beneficiario principal es el Gobierno colombiano, en el 21,6 % lo son empresas internacionales, y únicamente en el 9,5 % las organizaciones basadas en la comunidad, lo cual pone en entredicho el impacto real sobre los actores locales directamente involucrados [38].

En general, se evidencia una necesidad de trabajar para el mejoramiento de la gestión y la trazabilidad de la información de los proyectos en cada

etapa del ciclo de vida, ya que esta impide la evaluación integral y efectiva de la sostenibilidad, además de incrementar un riesgo a la credibilidad en los mercados de créditos de carbono debido a la desconfianza, la falta de claridad y de transparencia, de igual manera por la falta de información no fue posible llevar a cabo un análisis cuantitativo que permitiera proyecciones.

Con la investigación realizada y la información disponible, el mecanismo de financiamiento de créditos de carbono no es suficiente para alcanzar el “Cero Neto”, si es la única acción que se toma y se continua generando la emisiones en los actuales niveles desde su fuente; los créditos de carbono lejos de mitigar el cambio climático, visibiliza las brechas sociales y ambientales, llegando a mercantilizar un bien común como el aire, transformándolo en un producto transable, dejando sin entredicho si el mecanismo de financiamiento “créditos de carbono”, es realmente una estrategia que juega a favor de la sostenibilidad.

Finalmente, con este artículo se realiza una invitación a pensar la sostenibilidad como una cualidad dependiente del relacionamiento y las dinámicas naturaleza-sociedad-territorio, con el fin de fortalecer los proyectos e iniciativas que emergen para mitigar el cambio climático, pero también para avanzar en materia de equidad, justicia socioambiental y el desarrollo sostenible, por lo cual se propone que adicional a las estrategias de mitigación del calentamiento global que ya han mencionado, implementar acciones de descarbonización en las operaciones de las industrias que tienen mayor aporte de emisiones de gases de efecto invernadero, articulando paulatinamente fuentes de energía alternativas sostenibles, por parte de los gobiernos y la población global, iniciar una etapa de conciencia de los niveles de consumo de determinados productos no esenciales, disminuyendo su demanda y generación de GEI.

#### Referencias Bibliográficas

[1] C. A. Espíndola, J. O. Valderrama, Huella del Carbono: Cambio Climático, Gestión Sustentable y

Eficiencia Energética, Primera edición, Editorial Universidad de La Serena, 2018.

[2] United Nations Environment Programme, Emissions, Gap Report 2024: No more hot air please! With a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments, Nairobi, 2024. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46404>

[3] M. D. de la Rosa, Créditos de Carbono: ¿Qué son y cuáles han sido alguna de las problemáticas en su aplicación? Universidad Externado de Colombia, 2022.

<https://medioambiente.uexternado.edu.co/creditos-de-carbono-que-son-y-cuales-han-sido-alguna-de-las-problematicas-en-su-aplicacion/>

[4] P. Delacote, T. L’Horty, A. Kontoleon, T. A. P. West, A. Creti, B. Filewod, G. LeVelly, A. Guizar-Coutiño, B. Groom, M. Elias, Strong transparency required for carbon credit mechanisms. *Nat Sustain*, vol 7, (2024), 706–713. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41893-024-01310-0>

[5] Congreso de la República de Colombia, Ley 1819 de 2016 por la cual se expide el estatuto tributario y se dictan otras disposiciones, *Diario Oficial No. 50.101*, Bogotá, Colombia, 2016.

[6] SEMARNAT-INECC-GGGI, Mercado Voluntario de Carbono en México: Caracterización y resultados de su estudio en territorio: 2024, Ciudad de México, 2024.

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/943747/xxxxMercadoVoluntariodeBonosdeCarbono.pdf>

[7] L. Meitner, Voluntary carbon markets: A critical assessment, *Working Paper*, No. 246/2024, Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin, Institute for International Political Economy (IPE), Berlin, 2024. <https://hdl.handle.net/10419/308040>

[8] Y. P. Lima de Oliveira, Desafios do mercado de carbono após o Acordo de Paris: uma revisão narrativa, *Meio Ambiente (Brasil)*, vol. 4, no. 1, (2022), 2-20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6302409>

[9] F. Berkes, C. Folke, Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience, Cambridge University Press, 1998, pp. 1–26.

[10] G.S. Cumming, C.R. Allen, Protected areas as

- social-ecological systems: perspectives from resilience and social-ecological systems theory, *Ecol Appl* vol. 27, (2017), 1709–1717. <https://doi.org/10.1002/eap.1584>
- [11] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], El Mecanismo de Desarrollo Limpio, 2003. [https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/unep61\\_spn\\_0.pdf](https://www.unclearn.org/wp-content/uploads/library/unep61_spn_0.pdf)
- [12] Rodríguez, T., Peña, J. P., y colaboradores, Detrás del humo verde de los mercados de carbono en Colombia, 2024. [https://censat.org/wp-content/uploads/2024/09/DetrasDelHumoVerde\\_web.pdf](https://censat.org/wp-content/uploads/2024/09/DetrasDelHumoVerde_web.pdf)
- [13] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ficha Informativa #4: Los Mercados de Carbono, Bogotá, Colombia, 2020. [https://www.minambiente.gov.co/images/abc\\_carbono\\_final29ago.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/abc_carbono_final29ago.pdf)
- [14] I. R. Alborg, *Contabilidad de los Derechos de Emisión de Carbono*, II Premio “ASEPUC” de Trabajos Fin de Máster, Universidad de València, 2014. <https://www.icac.gob.es/sites/default/files/2020-11/CONTABILIDAD%20DE%20LOS%20DERECHOS%20DE%20EMISION%20DE%20CARBONO.pdf>
- [15] International Carbon Action Partnership (ICAP), Emissions Trading Worldwide: Status Report 2025, Berlin, 2025. [https://icapcarbonaction.com/system/files/document/250409\\_icap\\_sr25\\_final.pdf](https://icapcarbonaction.com/system/files/document/250409_icap_sr25_final.pdf)
- [16] Ecosystem Marketplace, Market Overview, 2025. [https://3298623.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/3298623/SOVCM%202023/2023-EcoMarketplace\\_SOVCM-Nov28\\_FINALrev-Mar2024.pdf](https://3298623.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/3298623/SOVCM%202023/2023-EcoMarketplace_SOVCM-Nov28_FINALrev-Mar2024.pdf)
- [17] Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets TSVCM, Final Report, *Institute of International Finance*, 2021. [https://www.iif.com/Portals/1/Files/TSVCM\\_Report.pdf](https://www.iif.com/Portals/1/Files/TSVCM_Report.pdf)
- [18] Forest Trends, Comprendiendo REDD+. Entendiendo LEAF y Art Trees #1-7, 2022. <https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2022/04/CARTILLA-7-esp-v5.pdf>
- [19] South Pole Carbon Asset Management S.A.S., Programa de Compensación de Emisiones. Conservación del bosque Galilea-Amé, 2018. <https://globalcarbontrace.io/storage/PCR-CO-FU/initiatives/PCR-CO-FU-14-001/Documento%20de%20proyecto.pdf>
- [20] Fundación Amé, Bosque Galilea, 2024. <https://www.fundacioname.org/bosques-galilea/>
- [21] BioCarbon Standard, Transactions - BioCarbon Registry, 2023. <https://recursos.elclip.org/carbono-gris/Transacciones+de+proyecto+Bosque+Galilea+en+BioCarbon+Registry.pdf>
- [22] Grupo Ecológico Sierra Gorda IAP, Ecosystem services and biodiversity in the Sierra Gorda Biosphere Reserve, 2010. [https://3298623.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/3298623/SOVCM%202023/2023-EcoMarketplace\\_SOVCM-Nov28\\_FINALrev-Mar2024.pdf](https://3298623.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/3298623/SOVCM%202023/2023-EcoMarketplace_SOVCM-Nov28_FINALrev-Mar2024.pdf)
- [23] Bosque Sustentable A.C., Sierra Gorda Reforestation Project - CCB Validation, 2011. [https://s3.amazonaws.com/CCBA/Projects/Sierra\\_Gorda\\_Reforestation\\_Project/Bosque+Sustentable+CCB+valid+Exh+11.pdf](https://s3.amazonaws.com/CCBA/Projects/Sierra_Gorda_Reforestation_Project/Bosque+Sustentable+CCB+valid+Exh+11.pdf)
- [24] Grupo Ecológico Sierra Gorda IAP, Sierra Gorda brings small-scale farmers into mainstream carbon market with dual validation under VCS and CCB, 2023. <https://sierragorda.net/en/ecosystemmarketplace-sierragordacarbonmarket/>
- [25] Fundación Fundamé Col., Informe de auditoría certificación de programas de compensación forestal: Programa de compensación de emisiones Conservación del bosque Galilea-Amé, ICONTEC, 2018. <https://globalcarbontrace.io/storage/PCR-CO-FU/initiatives/PCR-CO-FU-14-001/Reporte%20de%20Validaci%C3%B3n.pdf>
- [26] AENOR Internacional S.A.U., Informe de verificación: Proyecto de compensación de emisiones Conservación del bosque Galilea – Amé, 2022. <http://www.aenor.com/>
- [27] Rutas del Conflicto, *Proyecto Bonos de Carbono en Bosques Andinos Colombianos: todo parece estar en la niebla*, 2025. <https://rutasdelconflicto.com/notas/proyecto-bonos->

[carbono-bosques-andinos-colombianos-todo-parece-estar-la-niebla](#)

[28] F. von Hildebrand, C. Guio, S. Gómez, L. F. Bacca, J. Trujillo Guerrero, Andrea Callejas, L. Muñoz, Problemas y oportunidades de REDD+: Una mirada desde los territorios indígenas de la Amazonía, Fundación Gaia Amazonas, 2023. [https://gaiaamazonas.org/wp-content/uploads/2024/02/REDD\\_policy\\_paper\\_VF\\_web.pdf](https://gaiaamazonas.org/wp-content/uploads/2024/02/REDD_policy_paper_VF_web.pdf)

[29] Sierra Gorda Blog, Sierra Gorda servirá como un modelo para el desarrollo de futuros proyectos forestales de carbono de pequeña escala en México e internacionalmente, 2011. <https://sierragordamexico.wordpress.com/2011/07/27/sierra-gorda-servira-como-un-modelo-para-el-desarrollo-de-futuros-proyectos-forestales-de-carbono-de-pequena-escala-en-mexico-e-internacionalmente/>

[30] Universidad del Tolima, Informe Galilea al Consejo Superior Universitario, 2023. <https://recursos.elclip.org/carbono-gris/INFORME+GALILEA+AL+CSU++MAYO+2023.pdf>

[31] A. Aguilar-Amuchastegui, A. Joy, J. Ghilardi, Mapeo del financiamiento para REDD+ en México, Documento para discusión, Versión revisada, 2019. <https://www.un-redd.org/sites/default/files/2021-10/Mapeo%20de%20financiamiento%20para%20REDD%20en%20Mexico.pdf>

[32] A. Angelsen, M. Brockhaus, W.D. Sunderlin, L.V. Verchot (eds), Análisis de REDD+: Retos y opciones, CIFOR, 2013. [https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf\\_files/Books/BAngelsen1303.pdf](https://www.cifor-icraf.org/publications/pdf_files/Books/BAngelsen1303.pdf)

[33] Universo Centro, Todo parece estar bajo la niebla en un proyecto de bonos de carbono con bosques de Tolima, 2024. <https://universocentro.com.co/2024/02/14/todo-parece-estar-bajo-la-niebla-en-un-proyecto-de-bonos-de-carbono-con-bosques-de-tolima/>

[34] H. W. Naughton-Treves, A. M. Larson, P. Newton, K. T. Andrews, J. E. Ellis, A. Joshi, J. Sticklor, C. J. Rodhouse, The realities of forest carbon offset projects: Overstated benefits and dire

consequences for local people, *Nat. Sustain.* Vol. 7, (2024), 373–382. <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01310-0>

[35] J. West, D. Sutherland, G. McGaughey, D. R. Thompson, T. Brandt, R. Duren, M. Oda, D. Cusworth, D. J. Jacob, P. Crill, T. Lauvaux, M. Omara, J. Frankenberg, Attribution of climate change mitigation to carbon credit projects, *Science*, Vol. 379, (2023), 974–979. <https://doi.org/10.1126/science.ade3535>

[36] Centro Latinoamericano de Investigación Periodística (CLIP), *El caso del proyecto de bonos de carbono en el Bosque de Galilea y su conflicto de interés*, El Clip, publicado alrededor de febrero 14, 2024. <https://www.elclip.org/bonos-carbono-bosque-galilea/>

[37] El Cronista, “Denuncian despojo de tierras y negligencia de Cortolima en el Bosque Galilea”, *El Cronista*, 18 de abril de 2024. <https://elcronista.co/actualidad/denuncian-despojo-de-tierras-y-negligencia-de-cortolima-en-el-bosque-galilea>

[38] Forest Trends, REDDX Colombia Seguimiento a financiamiento para la REDD+, versión 3, 2016. <https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/imported/REDDX-Colombia-v3.pdf>

[39] Verra. Climate, Community & Biodiversity Standards, 2025. <http://Verra.org/programs/ccbs/>