

Proyectos de secuestro de carbono bajo metodologías CAR y MDL en México

Carbon sequestration projects under CAR and CDM methodologies in Mexico

¹Guadalupe Soledad Costumbre-Alonso , ²Gerardo Rodríguez-Ortiz , ²José Raymundo Enríquez-del Valle , ¹Ashmir Ambrosio-Lazo , ²Aaron Martínez-Gutiérrez 

¹Estudiante. ²Investigador. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (Itvo). Santa Cruz Xoxocotlán-Oaxaca. México. México. [§]Autor de correspondencia: (soledadcostumbre@gmail.com).

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar una revisión de información documental sobre los procesos de registro de metodologías implementadas en los proyectos de carbono en México, bajo los estándares internacionales de la Reserva de la Acción Climática (CAR) y Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) para la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI). Se llevó a cabo una recopilación y análisis de artículos científicos y de revisión, así como la consulta en plataformas de organizaciones gubernamentales con datos actualizados relacionados a la implementación de proyectos de carbono en México; como alternativa importante para la reducción de los GEI y fuente de ingreso para las comunidades, es importante conocer su funcionamiento y las complicaciones en su implementación. A pesar de las ventajas que pueden ofrecer los proyectos bajo los estándares CAR y MDL como es la transferencia de tecnologías, conocimiento y proporcionar una fuente de ingresos económicos, también se encuentran puntos negativos, sobre todo en los proyectos de pequeña escala: en ellos, al utilizar metodologías menos complejas en comparación a proyectos de gran escala ponen en juego la credibilidad del monto total de créditos emitidos por cada proyecto.

Palabras clave: estándares, gases de efecto invernadero, organizaciones, procesos.

Abstract

The objective of this study was to analyze the registration processes for methodologies implemented in carbon projects in Mexico, under

the international standards of the Carbon Action Reserve (CAR) and Clean Development Mechanisms (CDM) for the reduction of greenhouse gases (GHG). A review and compilation of scientific literature was carried out, as well as consultation with government organizations' platforms with updated data related to the implementation of carbon projects in Mexico. As an important alternative for reducing GHGs and a source of income for communities, it is important to understand how they work and the complications involved in their implementation. Despite the advantages that projects under the CAR and CDM standards can offer, such as the transfer of technology and knowledge and the provision of a source of income, there are also negative aspects, especially in small-scale projects. In these projects, the use of less complex methodologies compared to large-scale projects calls into question the credibility of the total amount of credits issued for each project.

Index words: standards, greenhouse gases, organizations, processes.

Introducción

En los últimos decenios el calentamiento global se ha convertido en un gran problema que enfrenta la humanidad, poniendo en riesgo los límites de la economía, diferentes amenazas contra los ecosistemas y la subsistencia de la humanidad todo esto generado por la acumulación de los GEI (Meireles et al., 2024). El Protocolo de Kioto (PK) tiene su origen en Kioto en el año 1997 durante la Convención de

las Naciones Unidas sobre el cambio climático por países desarrollados y en desarrollo, comprometiéndose a reducir sus GEI; en dicho protocolo se plantearon mecanismos para su reducción (Estrada, 2022). El PK hace diferenciación entre los países que lo conforman con base al principio básico de “responsabilidades comunes pero diferenciadas”, en el cual se establece que todos los países tienen el compromiso de proteger al medio ambiente, pero en particular delega un mayor compromiso a los países desarrollados, quienes forman parte del Anexo I del PK debido a su antigüedad en la emisión de los GEI (MÉXICO₂, 2023).

México tiene su participación en el mercado de bonos de carbono a partir del año 1998 cuando firma el tratado del protocolo de Kioto y ratificándolo posteriormente en el año 2000, sin embargo fue hasta el año 2008 cuando comenzó a tener mayor relevancia esto debido a la reforma energética, la cual propició la expansión del mercado de carbono mexicano (López-Toache et al., 2016). En México los principales proyectos bajo el MDL que se han implementado están orientados a las energías renovables, dentro de los cuales han participado distintos organismos financieros tales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Banco Santander Central Hispanoamericano (BSCH), Cooperación Andina de Fomento (CAF) y Banco Bilbao Vizcaya Argentina (BBVA) quienes han apoyado y participado como intermediadores de los CERs (López-Toache et al., 2016). Es importante resaltar que los proyectos realizados bajo el MDL tienen dos enfoques importantes el de contribuir a la reducción de los GEI y el de realizar aportaciones para el crecimiento del país origen del proyecto (Mercado y Molina, 2021).

En México, además de la implementación de proyectos de carbono al MDL también ha incorporado proyectos en el estándar de la Reserva de la Acción Climática (CAR por sus siglas en inglés), que es un registro confiable en el caso de México; tuvo su implementación en el año 2008 a partir de la firma de un Memorando de Entendimiento (MOU por sus siglas en inglés), con seis estados de la frontera de México

con la finalidad de elaborar protocolos para llevar a cabo la medición y verificación para los proyectos de reducción de GEI en el país. Actualmente el estándar del CAR tiene cinco protocolos enfocados en temas de: eficiencia de calderas, forestales, vertedero, ganado y halocarbonos, todos ellos son aplicables para México. El estándar CAR en el año 2024 ha registrado para México en diferentes áreas créditos emitidos tal como en bosque 10 857 189, en el manejo de residuos y destrucción de metano, relleno sanitario con 279 352 y ganadería con 575 créditos emitidos durante este año (CAR, 2024).

Para la ejecución de dichos proyectos bajo los estándares antes mencionados es de vital importancia disponer de métodos de medición que garanticen cumplir con los requerimientos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y que sean costo-eficientes para determinar con seguridad el almacenamiento y la captura de C (Casiano-Domínguez et al., 2018). Cabe mencionar que cada estándar tiene etapas definidas que van desde el diagnóstico y la viabilidad, el desarrollo de estudios de diagnóstico, implementación, la evaluación para verificar la ejecución del proyecto, para finalmente llevar a cabo la venta de certificados (Esquivel et al., 2025). Es por ello que en el presente artículo se tuvo como objetivo contrastar las ventajas y desventajas que se presentan desde el registro, la ejecución y el desarrollo de los proyectos de secuestro de carbono bajo las metodologías de los estándares CAR y MDL en México.

Desarrollo

Metodología de la Reserva de Acción Climática (CAR)

Se realizó una recopilación de artículos científicos y de revisión en diferentes medios como repositorios, publicaciones y bases de datos de revistas disponibles y de acceso gratuito: Google académico, Scielo, Redalyc. Para la búsqueda de los artículos se utilizaron palabras clave como “CAR”, “MDL”, “CDM”, “Mercado voluntario

de carbono”; posteriormente se desarrolló un filtro que consistió en la recopilación de artículos científicos y de divulgación que en su contenido abordaran el antecedente sobre los estándares internacionales de “CAR y MDL” implementados al mercado voluntario de carbono y principalmente proyectos implementados en México. Se tomó en cuenta los artículos de investigación de reciente publicación en idioma español e inglés y de información de plataformas gubernamentales con datos actualizados.

A nivel global el estándar CAR reúne el 8.3 % de los proyectos a nivel internacional exclusivamente de los países de México, Estados Unidos y Canadá. Entre los aspectos que se necesitan revisar y mejorar para fortalecer la integridad social y ambiental de los créditos de carbono emitidos por la Reserva se encuentra el rechazo de intermediarios por cuestiones metodológicas en la estimación de los créditos (Semarnat-Inecc-Gggi, 2024).

En México el Protocolo CAR ha llevado a cabo el desarrollo de metodologías adaptadas para México, dirigidas a procesos industriales, manejo forestal, ganadería y gestión de residuos (Reserva de Acción Climática, s.f.). Dichos protocolos son elaborados por la misma Reserva y durante su desarrollo involucra la cooperación de los asesores técnicos, comunidades, compradores y la sociedad civil Semarnat-Inecc-Gggi, 2024). Un antecedente importante de la implementación de este estándar en México, fue el proyecto piloto ejecutado en la comunidad de San Juan Lachao bajo la denominación de “Captura de Carbono en San Juan Lachao”; dicho proyecto fue dirigido por la Integradora de Comunidades Indígenas y Campesinas de Oaxaca (ICICO) A.C. y cuyo inversionista principal fue la empresa de Disney, se desarrollaron actividades de producción sostenible, aprovechamiento sin generar repercusiones mayores al ecosistema, conservación y restauración de áreas deterioradas (Ranero y Covalada, 2018). La comunidad de San Juan Lachao, en trabajo conjunto con la

organización de ICICO consiguieron implementar en el año 2012 un Plan de manejo forestal sustentable (PMFS) aprovechando 5000 ha de bosque dominante de pino-encino para llevar a cabo la certificación y aprovechamiento mediante el manejo sustentable. Cabe destacar que se convirtió en una fuente de empleo temporal o permanente para 150 personas de la comunidad durante las actividades llevadas en el aprovechamiento forestal, y sumando 22 empleos más en las actividades de pagos por servicios ambientales hidrológicos (PSA-H); estas acciones y la asesoría por parte de ICICO llevaron a la comunidad de San Juan Lachao recibir el Premio Nacional de Silvicultura por parte de la Semarnat en el año 2015. Esta comunidad, en el año 2014 bajo la asesoría de ICICO logran llevar a cabo el proyecto piloto para la certificación de créditos de carbono en una extensión de 3200 ha de bosque bajo el estándar CAR; una desventaja de este estándar es que el proceso de gestión del monitoreo, la estimación y la certificación implican un período largo de tiempo, sin embargo su gran ventaja es que estos créditos son beneficiosos al ser comercializados en el mercado internacional a un precio más elevado (Rontard et al., 2020).

De acuerdo con la base de datos de compensaciones del registro voluntario (Goldman School of Public Policy, 2025) se tiene el registro de los principales estándares y el número de proyectos totales de cada uno (**Figura 1**), así como los créditos totales emitidos por alcance de cada estándar (**Figura 2**); los datos que se reportaron son los obtenidos hasta la fecha del 31 de octubre del 2025. En los cuales se puede encontrar que el estándar CAR cuenta con un total de 792 proyectos en total, así también se destaca que el mayor volumen de créditos emitidos se lleva a cabo por actividades de silvicultura y uso del suelo con 926,657,400 créditos totales emitidos.

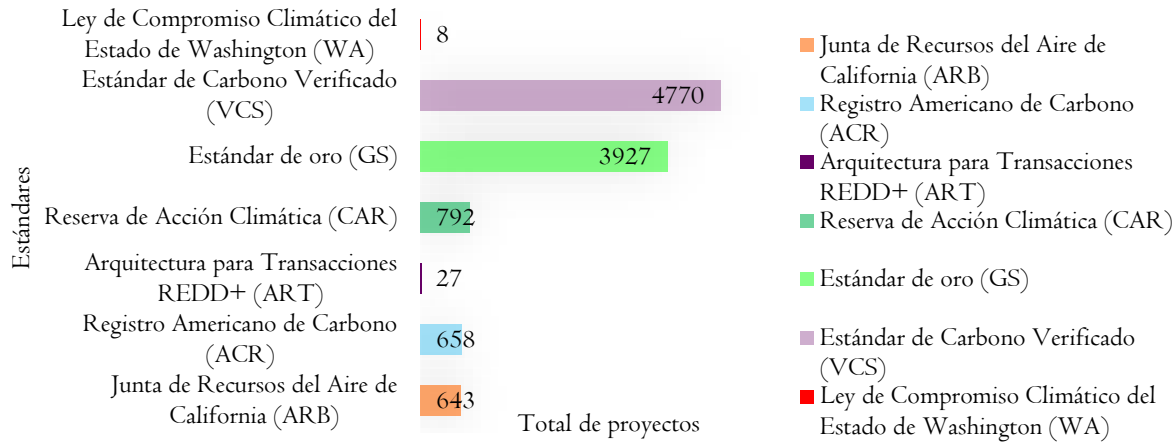


Figura 1. Proyectos de compensación por estándar. Fuente: Elaboración propia con datos de la base de datos de compensaciones del registro voluntario de la escuela Goldman School of Public Policy (GSPP) 2025.

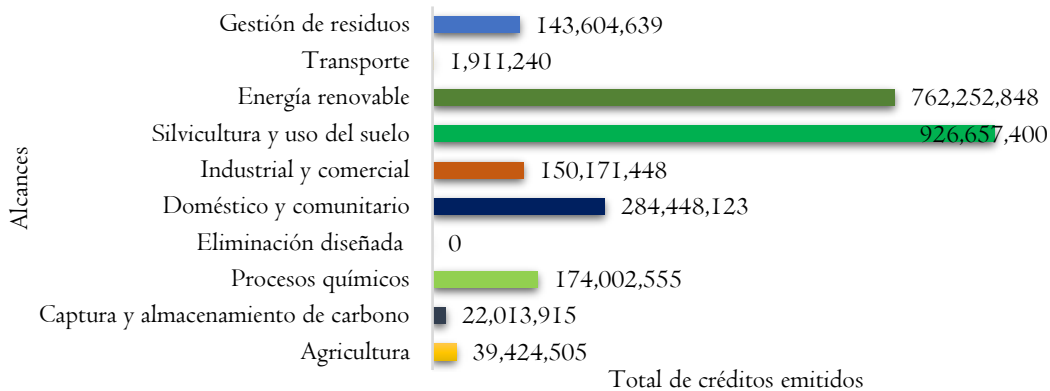


Figura 2. Créditos emitidos por alcance. Fuente: Elaboración propia con datos de la base de datos de compensaciones del registro voluntario de la escuela Goldman School of Public Policy (GSPP) 2025.

Otro dato relevante que se puede destacar es la cantidad total de créditos emitidos por el estándar CAR, el cual se concentra en un total equivalente al 5 % de esas emisiones y destacando la región de América del Norte 565 361 547 con la mayor cantidad de créditos emitidos, en segundo lugar, Asia Meridional con 448 992 097 y tercer lugar América Latina y el Caribe con 440 678 987 créditos emitidos (**Figura 3**).

México hasta el mes de agosto de 2025 contaba con 835 proyectos de carbono en el mercado voluntario de carbono, de los cuales un 50 % pertenecen a proyectos de remoción, dirigidos esencialmente al sector forestal y de uso de la tierra; actualmente, cerca de la totalidad de

estos proyectos tiene su registro en el Estándar de Acción Climática (Nordahl, 2025).

Una desventaja de este estándar se centra en las metodologías disponibles, ya que sólo son aceptadas por los países de México, Guatemala, Panamá, Canadá y Estados Unidos, lo cual implica que sea poco conocida por compradores en otras regiones. Sin embargo, el lado positivo de los protocolos desarrollados por CAR es que son exclusivos para México y están adaptados al contexto legal, social y cultural del país. Entre los proyectos desarrollados para México se encuentran: eficiencia de calderas, manejo forestal, gestión de residuos, ganadería, halocarbono (Semarnat-Inecc-Gggi, 2024).

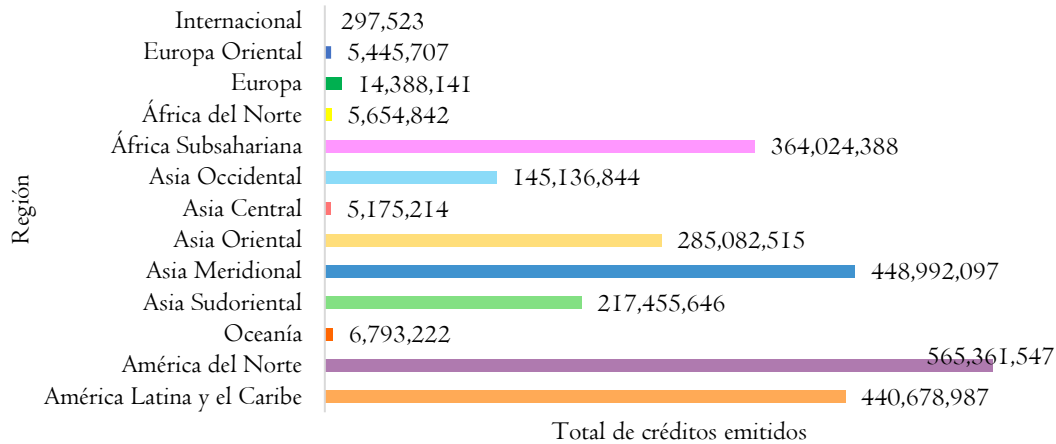


Figura 3. Créditos emitidos por región. Fuente: Elaboración propia con apoyo de la base de datos de compensaciones del registro voluntario de la escuela Goldman School of Public Policy (GSPP) 2025.

Metodologías de Desarrollo Limpio (MDL)

Una de las críticas al MDL se centra en el proceso de registro de los proyectos ya que los participantes necesitan alcanzar el consentimiento de la Autoridad Nacional Designada (AND), dicha autoridad es un organismo gubernamental de alto nivel y es el responsable de asegurar que los proyectos cumplan con las adaptaciones que conllevan los objetivos de desarrollo del país sede del proyecto, además se encargan de elaborar y presentar el documento de diseño del proyecto (DDP) a la junta ejecutiva del MDL de la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para su aceptación. El DDP debe de contener toda la información necesaria para valorar la ejecución de los requisitos del MDL. Los proyectos aceptados reciben el financiamiento del MDL tiempo después de haber concluido su elaboración, con lo cual la Junta Ejecutiva perteneciente al MDL exige que el DDP contenga las evidencias del uso del incentivo financiero durante el proceso de la elaboración de dichos proyectos que han logrado la certificación del MDL, después de concluir su elaboración y que estos proporcionen dichos datos en lo que se exprese el manejo del incentivo financiero otorgado (Baird & Green, 2020; Schneider, 2007). Cabe destacar que para cualquier proyecto los costos de la ejecución y

operación son un punto crucial (FutureCamp Climate GmbH, 2020) debido a que toma en cuenta los costos diversas actividades como son la obtención de información del inventario forestal (requiere personal de campo, tiempo y transporte), la certificación y la búsqueda de mercado (Esquivel et al., 2025).

De acuerdo con la página oficial del MDL (2025), se establece que las actividades a desarrollar para el registro del proyecto en este estándar deben iniciar con el ciclo de aprobación del proyecto, el cual contempla siete actividades: a) diseño del proyecto en base a la línea base de emisiones aprobada y la metodología de monitoreo, b) aprobación del proyecto por la Autoridad Nacional Designada (AND) mediante una carta de aprobación en la que se incluye la contribución del proyecto al desarrollo sostenible, c) una entidad operativa designada (EOD), valida el documento de diseño del proyecto, d) la secretaría realiza la comprobación y verificación de la integridad del proyecto, e) el responsable del proyecto realiza el monitoreo de las emisiones reales de acuerdo a la metodología aprobada, f) la entidad operativa designada se ocupa de realizar una verificación sobre el logro de la reducción de emisiones contempladas en el plan de seguimiento y g) la entidad operativa designada

emite el informe de verificación con solicitud de emisión a la junta Ejecutiva del MDL.

Posterior al registro, para que se lleve a la venta la reducción certificada de emisiones (RCE) nuevamente se sigue un proceso que contempla como primera acción (Ramos et al., 2012): a) la revisión del proyecto por parte del ADN para su aprobación posteriormente se envía a la EOD para su validación b) se lleva a cabo el registro del proyecto en el MDL, al mismo tiempo con el registro del país en el que se desarrollará el proyecto, c) se lleva a cabo la implementación y verificación por la EOD y finalmente al ser aprobada se inicia con la venta de los RCE.

En los proyectos de MDL contempla cinco depósitos de carbono: biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y carbono orgánico del suelo. Para llevar a cabo la estimación de los depósitos de carbono se deben aplicar los métodos antes previstos en las normas metodológicas aprobadas por el MDL; en ellas se emplean tres enfoques para la estimación de las reservas de carbono y los cambios en la reserva que puedan darse: estimación por factores determinados, estimación por modelado y estimación por medición (United Nations Framework Convention on Climate Change (Unfccc, 2015).

La Comisión Nacional Forestal (Conafor, 2024) ha identificado desafíos en el funcionamiento del Mercado Voluntario de Carbono en México (MVC) bajo los estándares internacionales para los proyectos de carbono, como es el desconocimiento del mercado por parte de los actores principales de los proyectos, el poco conocimiento sobre otros proyectos relacionados al carbono, el abuso por parte de los intermediarios e inversionistas quienes se quedan con la mayor ganancia, afectando a las comunidades; además, los precios son menores que los costos en la inversión del proyecto, faltan metodologías para proporcionar el monto confiable en la contabilidad de las reducciones de emisiones de carbono de los proyectos. La ausencia de una metodología autorizada para la actividad específica de mitigación disminuye su

posibilidad de que el proyecto sea aprobado, en el MDL están disponibles cuatro metodologías específicas aplicables para cada actividad de mitigación específica, en ellas se encuentran: para actividades de proyectos a gran escala de proyectos de pequeña escala, para la forestación y gran escala así como actividades de reforestación (A/R), las dirigidas a proyectos A/R de pequeña escala y para la captura y almacenamiento de carbono (CCS). Un aspecto importante a recalcar es la adaptación de ciertas metodologías que realizan tanto el MDL, estándares voluntarios y otros programas GEI tomando en cuenta las carencias locales y a su vez propiciando una alternativa positiva de adopción de estos proyectos y sobre todo favorecer su desarrollo (FutureCamp Climate GmbH, 2020). Otra crítica severa sobre la comercialización de estos créditos certificados por los estándares es sobre su venta, ya que con esto permite que los principales actores que contaminan transfieran su responsabilidad a un tercero, haciendo que no permita la modificación a sus acciones de afectación hacia el ecosistema (Montoya, 2023).

Prospectiva

Los estándares bajo las metodologías CAR y MDL han sido de gran ventaja para la implementación de proyectos de carbono para México no obstante presentan diferencias en la inclusión de depósitos de carbono, en el caso del MDL contempla e incluye cinco depósitos de carbono: biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y carbono orgánico del suelo mientras que la CAR excluye los depósitos de carbono en madera muerta derribada, mantillo y hojarasca, a pesar de esta disimilitud su relevancia e importancia se atribuye a la flexibilidad para realizar modificaciones en los protocolos destinados en cada actividad generadora de GEI incluida en cada estándar; estos cambios en los protocolos se pueden adaptar al contexto social, político y cultura del país. Sin embargo, aún existen fallas en sus metodologías, las cuales se necesitan fortalecer para la ejecución de futuros proyectos para que

puedan garantizar la autenticidad en los volúmenes de créditos generados. Este problema se genera principalmente en aquellos proyectos de pequeña escala dentro del MDL, debido a la aplicación de metodologías menos complejas a comparación de aquellos de gran escala, derivado, existe cierta desconfianza sobre la veracidad del total de créditos generados de estos proyectos. La falta de conocimiento del mercado por los desarrolladores del proyecto hace que no exista una venta de créditos de carbono bien pagada, ya que en el proceso pueden existir intermediarios que aprovechen la situación, sumado a esto los gastos de operación suelen ser costosos y el proceso de registro del proyecto tardado. Es de gran importancia crear o modificar los instrumentos políticos para aumentar la participación de proyectos en particular aquellos que son de pequeña escala.

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México, por el apoyo económico mediante proyecto de investigación financiado 2025: “Potencial de secuestro de CO₂ de bosques bajo manejo maderable en Oaxaca”, Clave: 22082.25-P.

Referencias

- Baird, I. G. & Green, W. N. (2020). The Clean Development Mechanism and large dam development: Contradictions associated with climate financing in Cambodia. *Climatic Change*, 161(2), 365-383. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02621-4>
- Casiano-Domínguez, M., Paz Pellat, F., Rojo Martínez, M., Covaleda Ocon, S. & Aryal, D. R. (2018). El carbono de la biomasa aérea medido en cronosecuencias: Primera estimación en México. *Madera y Bosques*, 24. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401894>
- Climate Action Reserve (CAR) (2024). Annual report 2024. *Climate Action Reserve*. www.climateactionreserve.org
- Comisión Nacional Forestal (Conafor) (2024). Estado que guarda el sector forestal en México. México: 2023. 263 p.
- Estrada Chavira, M. E. (2022). Evolución y controversias de los bonos de carbono en México. *Semestre Económico*, 11(1), 127-133. <https://doi.org/10.26867/se.2022.v11i1.132>
- Esquivel Bazán, E., Trench, T. & Ruiz De Oña Plaza, C. (2025). Justicia climática: El mercado voluntario de carbono forestal en el sureste de México. *Región y Sociedad*, 37, e2008. <https://doi.org/10.22198/rys2025/37/2008>
- FutureCamp Climate GmbH. (2020). *Créditos de compensación para el Sistema de Comercio de Emisiones mexicano: Análisis de criterios para la priorización de proyectos*. GIZ. <https://www.bivica.org/file/view/id/5617>
- Goldman School of Public Policy (7 de diciembre 2025). *Voluntary Registry Offsets Database* [Archivo excel]. Goldman School of Public Policy <https://gspp.berkeley.edu/berkeley-carbon-trading-project/offsets-database>
- López-Toache, V., Romero-Amado, J., Toache-Berttolini, G. & García-Sánchez, S. (2016). Bonos de carbono: Financiarización del medioambiente en México. *Estudios Sociales*, 25(47), 189-214.
- Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) (2 de diciembre 2025). *Ciclo del proyecto*. https://cdm.unfccc.int/methodologies/standard_base/index.html
- Meireles, M., Cruz Hernández, M., y Moreno Brid, J. C. (2024). El mercado de carbono en México: Trayectoria, diagnóstico y retos. *Panorama Económico*, 32(2), 132-162. <https://doi.org/10.32997/pe-2024-4938>
- Mercado García, A. y Molina Rodríguez, C. B. (2021). América Central en el mercado de emisiones: Una evaluación multicriterio de proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio. *Problemas del Desarrollo*. *Revista Latinoamericana de Economía*, 52(204).

<https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2021.204.69648>

MÉXICO₂ (2023). *Sistemas de Comercio de Emisiones en México*. Nota técnica. MÉXICO₂

<https://www.mexico2.com.mx/uploads/mexico/file/SCEMX2023.pdf>

Montoya Guiral, L. F. (2023). Bonos de Carbono y Competitividad Empresarial: Cómo la Adopción de Prácticas Sostenibles Puede Generar Ventajas Estratégicas. *Observatorio de las Ciencias Sociales en Iberoamérica*, 4(3), 40-48.

<https://doi.org/10.51896/ocsi.v4i3.157>

Nordahl, J. (9 de abril de 2025). Mexico's Carbon Market: Key Trends and Challenges for Project Developers. *AlliedOffsets*. <https://blog.alliedoffsets.com/key-carbon-market-trends-and-challenges-for-project-developers-in-mexico>

Ramos, A. C., Delgado, A. F. y IbarraYúnez, A. (2012). Análisis de la distribución territorial de proyectos del mecanismo para un desarrollo limpio. *Economía Mexicana Nueva Época*, 2(2), 213-250.

Ranero, A., y Covalada, S. (2018). El financiamiento de los proyectos de carbono forestal: Experiencias existentes y oportunidades en México. *Madera y Bosques*, 24(Especial), e2401913. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401913>

Reserva de Acción Climática. (s.f.). Impulsando los créditos de carbono en México. *Climate Action Reserve*. (15 de diciembre de 2025) <https://climateactionreserve.org/es/mexico/>

Rontard, B., Reyes Hernández, H. & Aguilar Robledo, M. (2020). Pagos por captura de carbono en el mercado voluntario en México: Diversidad y complejidad de su aplicación en Chiapas y Oaxaca. *Sociedad y Ambiente*, 22, 212-236.

<https://doi.org/10.31840/sya.vi22.2106>

Schneider, L. (2007). *Is the CDM fulfilling its environmental and sustainable development objectives? An evaluation of the CDM and*

options for improvement. Report prepared for WWF.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (Inecc) Instituto Global para el Crecimiento Verde (Gggi). (2024). Mercado Voluntario de Carbono en México: Caracterización y resultados de su estudio en territorio: 2024. Ciudad de México

United Nations Framework Convention on Climate Change (Unfccc) (2015). Measure for estimation of carbon stocks in afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism.

https://unfccc.int/resource/docs/publications/cdm_afforestation_field-manual_web.pdf