

**BENEFICIOS DEL CARBONO AZUL EN EL MERCADO VOLUNTARIO: CASO DE ESTUDIO
EN MANGLARES DEL DMI CISPATÁ**

DESIREÉ HERNÁNDEZ NARVÁEZ

**Tesis de maestría para optar al título de
Magíster en Gestión Ambiental de Sistemas Marino Costeros**

Director

Jorge Higinio Maldonado

Ph.D. en Economía Agrícola, Ambiental y de Desarrollo

**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
SANTA MARTA**

2020

Beneficios del carbono azul en el mercado voluntario: caso de estudio en manglares del DMI

Cispatá

Desiree Hernández Narváez

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, Santa Marta, Colombia.
desiree.hernandez@invemar.org.co

RESUMEN

El carbono azul tiene el potencial de ser utilizado para la mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) a través de un mecanismo de mercado denominado créditos o bonos de carbono. Este estudio está orientado a evaluar el beneficio financiero que generan los manglares por las reducciones de emisiones de CO₂ o carbono azul en el Distrito de Manejo Integrado (DMI) Cispatá, ubicado en el golfo de Morrosquillo en Colombia, dentro del proyecto denominado “Vida Manglar”. Para ello, se simularon los posibles beneficios a obtener por la comercialización en el mercado voluntario de los bonos de carbono azul emitidos por el proyecto durante 30 años. Se simularon tres escenarios: positivo, negativo y tendencial; además se estableció la mejor alternativa de negociación. En los resultados se estiman pérdidas en los tres escenarios. Con precios de USD\$ 5 y USD\$ 11,4 se financiaría entre el 20 % y el 45 % del proyecto respectivamente, mientras, con precios alternativos entre USD\$ 22 y USD\$ 26 se cubriría del 90 % al 100 % de la financiación, con un máximo beneficio a la menor tasa de interés (3,1 %). El costo de oportunidad de los demandantes de las reducciones de emisiones se refleja en los precios del carbono, y en la medida en que los bonos se comercialicen a precios bajos las posibilidades de mantener las capacidades para la conservación del ecosistema de manglar y su servicio de captura de CO₂ se disminuyen. El beneficio consiste en una contribución al financiamiento del proyecto que se complementarían con otras fuentes de

ingresos, y permite impulsar la superación de las barreras financieras e institucionales para el manejo del área marina protegida y mantener la reducción de emisiones de CO₂ a largo plazo como objetivo de mitigación.

Palabras clave: carbono azul, mitigación del cambio climático, beneficio, manglar, Cispatá.

Benefits of blue carbon in the voluntary market: case study on mangroves of the DMI Cispatá

ABSTRACT

Blue carbon has the potential to be used for the mitigation of greenhouse gas (GHG) emissions, through a market mechanism called carbon credits or credits. This study is aimed at evaluating the financial benefit that mangroves generate from CO₂ reductions or blue carbon emissions, in the marine protected area DMI Cispatá (for its acronym in Spanish), located in the Gulf of Morrosquillo, Colombia within the frame of the project "Mangrove Life". For this, the possible benefits to be obtained from the commercialization, in the voluntary market, of the blue carbon credits issued by the project during the 30-year. Were simulated three scenarios, positive, negative and trend, were simulated and the best negotiation alternative was established. The results estimate losses in the three scenarios. With prices of USD \$ 5 and USD \$ 11.4, between 20 % and 45 % of the project would be financed, respectively, while with alternative prices between USD \$ 22 and USD \$ 26, 90 % to 100 % of the project would be covered, financing with a maximum benefit at the lowest interest rate (3.1 %). The opportunity cost of claimants to emission reductions is reflected in carbon prices, and to the extent that the bonds are traded at low prices, the possibilities of maintaining mangroves ecosystem conservation capacities and its service CO₂ capture is decreased. The benefit consists of a

contribution to the financing of the project that would be complemented with other sources of income but also allows for the overcoming of financial and institutional barriers to the management of the marine protected area and the reduction of CO₂ emissions in the long term as an objective of mitigation.

Keywords: blue carbon, climate change mitigation, benefit, mangroves, Cispatá.

INTRODUCCIÓN

El carbono azul correspondiente al carbono capturado y almacenado en los ecosistemas marino costeros de manglar, pastos marinos y marismas, cuya capacidad de secuestro por unidad de área se ha determinado superior a la capacidad de reserva de carbono en ecosistemas terrestres, tiene el potencial de ser utilizado para la mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), mediante un mecanismo de mercado denominado créditos o bonos de carbono (Tang *et al.*, 2018; International Partnership for Blue Carbon, 2015).

Los ecosistemas de manglar abarcan el 0,7 % de la cobertura terrestre, con un promedio de secuestro de 6 a 8 toneladas de CO₂e ha/año, con una capacidad de almacenamiento cercana a 1 060 tCO₂e/ha en manglares estuarinos y 1 800 tCO₂e/ha para manglares oceánicos. Anualmente, se pierde el 2 % de estos ecosistemas y el CO₂ liberado representa hasta el 10 % de las emisiones por deforestación en el mundo (Conservation International, *et al.*, 2018; Stringer *et al.*, 2014; Murray *et al.*, 2011). Dichas pérdidas son consecuencia de la conversión y degradación de la tierra (Santos, 2018). La conservación de los manglares implica el secuestro de carbono y la preservación de otros servicios ecosistémicos como la protección costera, la producción de recursos hidrobiológicos, la mitigación de impactos contra inundaciones, la provisión de alimentos, entre

otros (Santos, 2018; Tang *et al.*, 2018; Conservation International, *et al.*, 2018; International Partnership for Blue Carbon, 2015; Thompson *et al.*, 2014; Stringer *et al.*, 2014; CVS e INVEMAR, 2006).

La estrategia de carbono azul surge del programa de Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación Evitada de Bosques (REDD+), correspondiente a las acciones direccionadas a remover o reducir las emisiones de GEI provenientes de la deforestación y la degradación de bosques naturales mediante su conservación, fortalecimiento del capital social y manejo sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014b; Ladd y Peri, 2013).

Incluir el carbono azul en los mecanismos de política climática basado en el mercado permitiría generar beneficios en la financiación de proyectos de restauración y protección para ecosistemas costeros (Ullman *et al.*, 2013). Casos de estudio respaldan esta premisa: en la Isla Panay en Filipinas se esperan beneficios de negociar créditos de carbono azul de manglares en el mercado regulado (US\$ 5-12 tCO₂e), o en el voluntario (US\$ 6-7 tCO₂e) (Thompson *et al.*, 2014); en Portugal, se estima un valor de 2.349.335 € para las marismas y pastos marinos si se negocian en el mercado regulado (Santos, 2018); en Guaratiba, Brasil, la conservación del manglar por el mantenimiento del almacenamiento de carbono es económicamente viable, con un valor estimado de USD\$ 3,5 millones (US\$104 000-209 000/año) y un valor medio del secuestro de US\$455 827 ha/año (Duque *et al.*, 2015). En Colombia, la captura y almacenamiento de CO₂ en los ecosistemas de manglares y pastos marinos de las áreas marinas protegidas generarían beneficios entre los 5 € y 13 € millones de euros anuales si se comercializan en el mercado regulado (Zárate-Barrera y Maldonado, 2015).

Mercado de carbono

El mercado de carbono es un sistema de comercio donde los gobiernos, las empresas o individuos compran y venden emisiones reducidas o almacenadas de GEI, es decir, créditos o bonos de carbono (un bono es una tonelada de dióxido de carbono equivalente -tCO₂e- secuestrado o protegido por un bosque). Existen dos tipos de mercado: regulado y voluntario. En el primero, los países industrializados (Anexo I del Protocolo de Kyoto) comercializan créditos de carbono para cumplir los compromisos de reducción de emisiones (CMNUCC, 2007). El principal Sistema de Comercio de Emisiones (SCE) es el de la Unión Europea (European Union's Emissions Trading System - EU ETS). En el mercado voluntario se negocian los créditos de Reducción Verificada de las Emisiones de carbono (VER, siglas en inglés) transados con empresas o personas que buscan reducir voluntariamente sus emisiones (Donofrio *et al.*, 2019; Sousa, *et al.*, 2018; Díaz-Cruz, 2016; Thompson *et al.*, 2014; Ullman *et al.*, 2013; FAO, 2010; CMNUCC, 2007).

El Chicago Climate Exchange (CCX) se implementó como la primera plataforma de gran escala para registrar e intercambiar compensaciones voluntarias (Giraldo, 2017). En el mercado voluntario se requiere la certificación y registro en un estándar de verificación, el principal es el Verified Carbon Standard (VCS), de mayor reconocimiento mundial para proyectos de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, siglas en inglés) incluyendo REDD+ (VCS, 2013).

En cuanto a los precios de comercialización de los créditos de carbono, disminuyeron en el mercado voluntario pasando de US\$ 7,43 en el 2008 a US\$ 3,01 en el 2018, principalmente por la recesión económica mundial del 2008, y en el 2012 hubo una caída mundial en el valor del mercado debido a la salida del CCX (de USD\$ 602,3 millones en 2011 a USD\$ 529,8 millones en 2012); para el 2018 el valor del mercado llegó a USD\$ 295,7 millones (Giraldo, 2017). El mercado asiático disminuyó su participación de 48 % en el 2016 a 31 % en el 2018; África pasó del 11 % al 15 %; y América Latina y el Caribe incrementó su participación

del 13 % en el 2016 a 37 % en el 2018, donde Perú tuvo el mayor volumen de transacciones, pasando de 1,5 MtCO_{2e} en el 2016 a 21,2 MtCO_{2e} en el 2018 vía proyectos REED+ (Donofrio *et al.*, 2019).

En Colombia el mercado de carbono está en proceso de consolidación y cuenta con una estrategia de impulso, respaldada por la normatividad nacional. El marco legal incluye los compromisos adquiridos en el Acuerdo de París (actualizada a reducción GEI en 51 % al 2030), la Ley 1819 del 2016 que establece el impuesto al carbono (\$15 000/tCO_{2e}), el Decreto 926 del 2017 (carbono neutralidad), la Política Nacional de Cambio Climático, la Ley de cambio climático y la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) (Congreso de Colombia, 2018; Minambiente, 2017; Minhacienda, 2017; Congreso de Colombia, 2016; García *et al.*, 2016).

Caso de estudio DMI Cispatá

En Colombia se implementó en el año 2015, el proyecto de carbono azul para manglares en el Golfo de Morrosquillo, iniciando en el Distrito de Manejo Integrado (DMI) Cispatá, una de las áreas protegidas más importantes del Caribe colombiano: El proyecto se denominó “Vida Manglar”, liderado por Conservación Internacional (CI), el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y el San Jorge (CVS), la Fundación Omacha y las asociaciones comunitarias existentes en el territorio (CI *et al.*, 2019). El DMI es un área protegida delimitada con el fin de ordenar, planificar y regular el uso y manejo de sus recursos naturales y actividades socioeconómicas presentes, para conservar el ecosistema a lo largo del tiempo, y facilitar la restauración y participación de actores locales en la productividad sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014a; Ministerio de Agricultura, 1989).

Este es el primer proyecto REDD a nivel nacional en trabajar con ecosistemas de manglar, que busca reducir un total de emisiones de 1 363 031 tCO₂e a lo largo de 30 años (2015-2045). Incluye cuatro frentes: el fortalecimiento de la gobernanza, la implementación de proyectos productivos alternativos, la recuperación y rehabilitación de los ecosistemas de manglar, y el monitoreo. Con estos se esperan beneficios de biodiversidad y mantener la adicionalidad de evitar la degradación y la deforestación (CI *et al.*, 2019). Dentro del DMI se practican actividades productivas como la agricultura, ganadería y la extracción de los recursos del manglar, identificadas como fugas de carbono a evitar, para lo cual se contemplan acciones que minimicen esos efectos con un margen del 20% de fugas, por tanto, no se exige la carbono neutralidad del proyecto.

Por otra parte, el contenido total de CO₂ almacenado en la biomasa aérea de las especies dominantes de manglar (*Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*) del DMI es de 64,85 ± 10,12 MgC/ha, para un total de 555 795,93 Mg; siendo Colombia uno de los 10 países con mayor potencial a nivel global de almacenamiento de carbono en manglares, con una biomasa aérea de 253,2 Mg/ha donde el promedio para el DMI corresponde al 51 % de este valor (Yepes *et al.*, 2016).

Se prevé comercializar estas reducciones de CO₂ en el mercado voluntario de carbono, para lo cual se espera obtener la certificación del proyecto en el Verified Carbon Standard (VCS) y la emisión de los créditos. El beneficio de este proyecto está definido como el monto recibido por la negociación de los bonos de carbono, equivalente a la diferencia entre los ingresos generados por las Unidades de Carbono Verificadas (Verified Carbon Units – VCU) y los costos totales incurridos en el proyecto.

Por lo anterior, surgen interrogantes como ¿Cuáles serían los beneficios financieros de comercializar los bonos de carbono azul del DMI Cispatá en el mercado voluntario? ¿La venta de estos bonos permitirá el

sostenimiento del proyecto a largo plazo? Este estudio se propone evaluar el beneficio financiero que generan los manglares por la reducción de las emisiones de CO₂ del AMP. Para esto se plantea la construcción de tres escenarios: positivo, negativo y tendencial; con una simulación de los precios del mercado voluntario de carbono bajo diferentes alternativas de tasas de descuento; la cuantificación del beneficio o sus posibles pérdidas y el establecimiento de la mejor alternativa de negociación. Se incluye la utilización de una función de beneficio, un análisis de costo de oportunidad, y las herramientas del análisis costo beneficio como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), y la Relación Beneficio Costo (RBC).

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se enmarca en el Distrito de Manejo Integrado (DMI) Cispatá -La Balsa – Tinajones y sectores aledaños al delta del río Sinú (Figura 1), localizado en la zona costera del departamento de Córdoba en la región Caribe colombiana, en las coordenadas 9°19'27,04" – 9°26'46,10" N y los 75°43'32,08" – 76°0'15,43". El DMI fue declarado por la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS) mediante el Acuerdo No. 56 del 7 de julio del 2006, su extensión es de 27 808 hectáreas, se encuentra ubicado entre los municipios de San Antero (36 %), San Bernardo del Viento (46,2 %) y Santa Cruz de Lorica (17,8 %). Dentro de las categorías de manejo del DMI se declaró una categoría de uso múltiple que incluye dos zonas de recuperación, una zona de preservación, tres zonas de producción o uso sostenible y seis zonas de producción; admite la práctica de actividades económicas controladas, actividades de investigación, de educación y recreación (CVS-IAvH, 2006; CVS-INVEMAR, 2010).

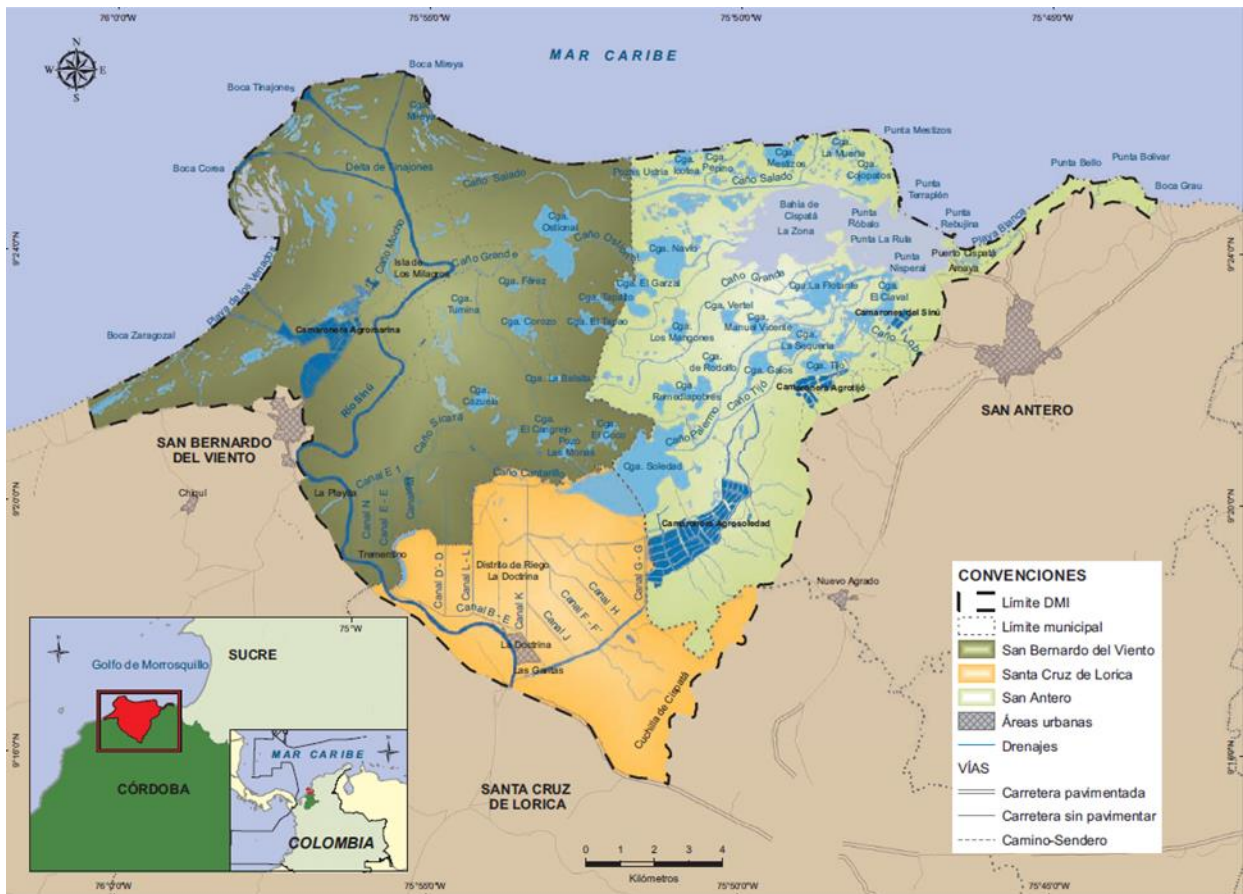


Figura 1. Área de estudio DMI Cispatá. Fuente: LABSIS INVEMAR, 2019.

El DMI tiene una conexión entre el plano de inundación del río Sinú y el mar Caribe con un sistema de caños y ciénagas que regulan el humedal e incluye áreas de manglar cuya extensión es de 8 570,9 ha. Para este estudio se incluyeron 7 645,7 ha, que corresponden a las áreas donde se realizarán actividades REDD. Allí, se encuentran las especies de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erecta*, *Pelliciera rhizophorae* y *Avicennia germinans*. Así mismo, el DMI presenta humedales, playones, playas y áreas de uso antrópico que incluyen la práctica de actividades productivas como la ganadería, la agricultura de subsistencia e intensiva, la acuicultura artesanal y comercial, y el ecoturismo (CVS-IAvH, 2006; CVS e INVEMAR, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque metodológico de este estudio se orientó hacia la evaluación del beneficio de la comercialización de las VER, aplicado al caso del DMI Cispatá. Para esto, se hizo un análisis del beneficio incluyendo la proyección de los precios del mercado voluntario de carbono, y la descripción de los ingresos y costos del proyecto, aplicando una función de beneficio. Luego, se simularon los resultados que podría asumir el beneficio y las variables financieras. Posteriormente, se elaboraron los escenarios: positivo, negativo y tendencial a partir de los precios máximo, mínimo y promedio, analizados como el costo de oportunidad de demandar las reducciones de emisiones, bajo cuatro opciones de tasas de descuento; este punto incluye la elaboración de un análisis financiero del proyecto. Finalmente, se cuantificó el beneficio y se identificó la mejor alternativa de negociación (Figura 2).

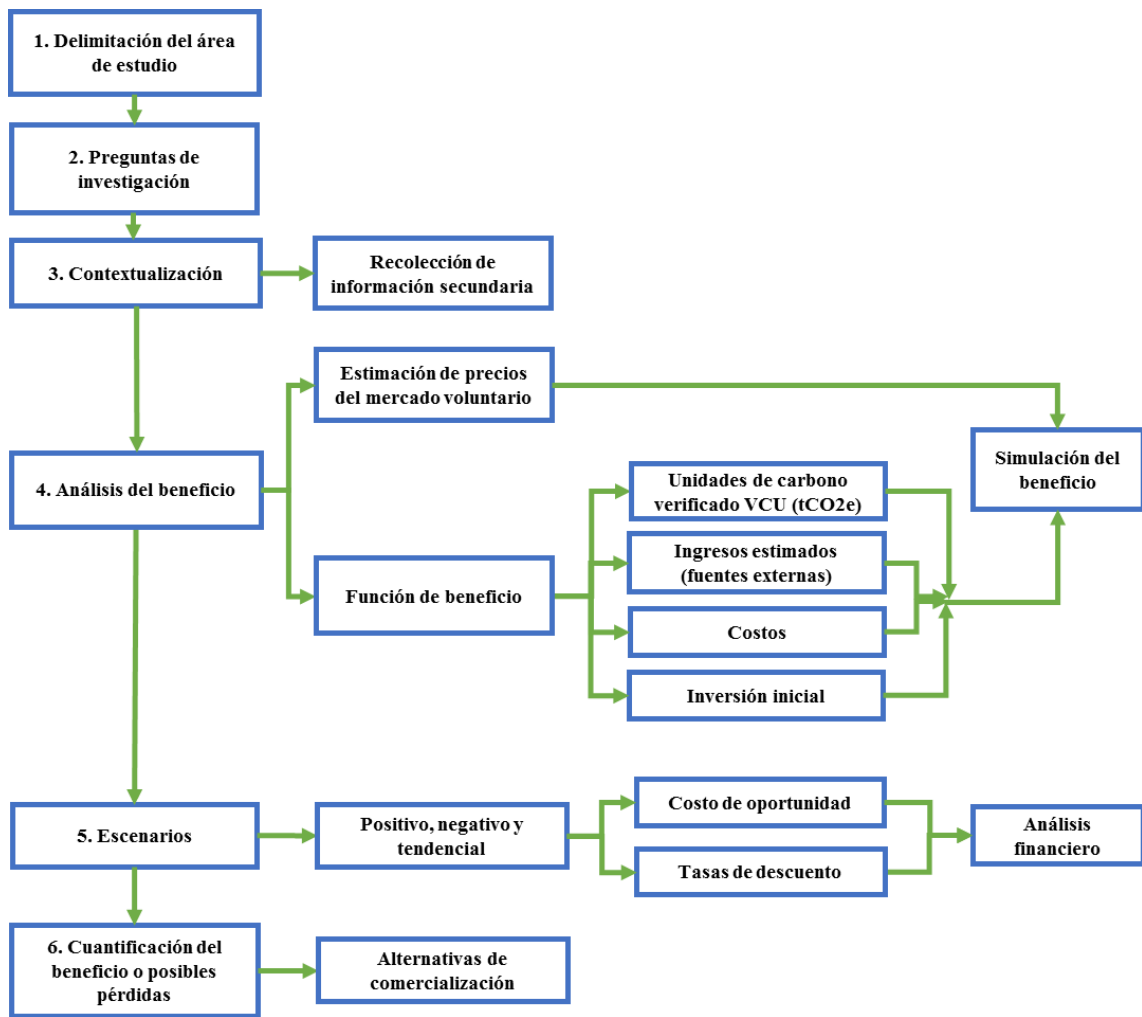


Figura 2. Diseño metodológico.

Análisis del beneficio

Estimación de los precios del mercado voluntario

Los precios del carbono en el mercado voluntario se proyectaron mediante la aplicación de una simulación de Monte Carlo, que consiste en un muestreo experimental para estimar las distribuciones de las variables de salida dependientes de aquellas probabilísticas de entrada (Taco, 2017; Azofeifa, 2004; Feria; 2005). Para aplicar la simulación, con el programa estadístico Statgraphics XVII, se determinó la distribución de probabilidad de los precios históricos del carbono en el mercado voluntario (2006-2018) cuyo promedio fue

de USD\$ 4,8 tCO₂e, con una tendencia a la baja (Figura 3); obteniendo una distribución normal con media 4,9 y desviación estándar de 1,5. Estos valores se utilizaron como parámetros de entrada en la realización de 1 000 simulaciones del precio elaboradas en el programa Excel.

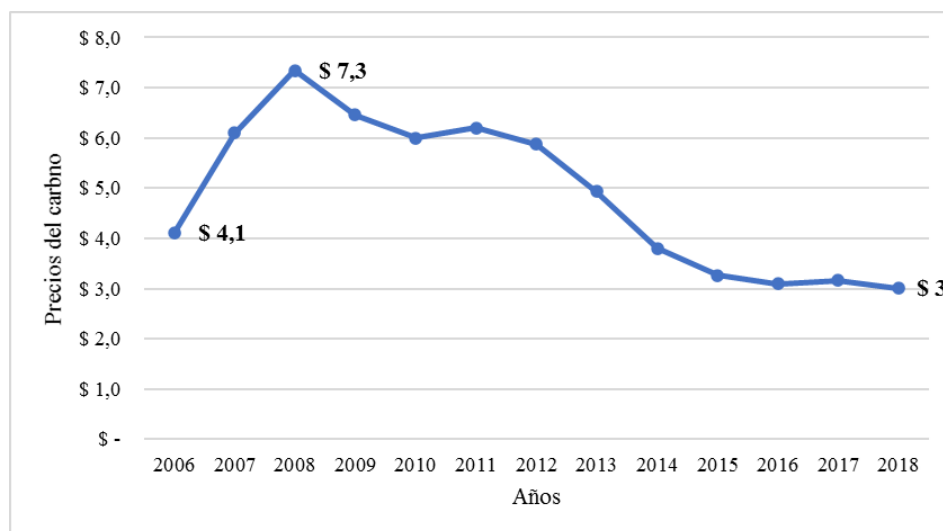


Figura 3. Precios del mercado voluntario de carbono 2006-2018, USD. Fuente: Donofrio *et al.*, 2019.

Función de beneficio

Para calcular el beneficio se tuvieron en cuenta las variables que conforman los ingresos y los costos requeridos para la implementación del proyecto. Entre estas variables están las unidades de carbono verificado (VCU, siglas en inglés), correspondientes a un total de 1 172 207 VCU, emitidas a lo largo 30 años de duración del proyecto (Tabla 1).

Tabla 1. Número de unidades de carbono verificado (VCU) 2015-2045.

Años del proyecto	Años calendario	VCU
1	2015	7 150
2	2016	12 512
3	2017	14 114
4	2018	15 629
5	2019	17 040
6	2020	18 663
7	2021	20 230
8	2022	21 762
9	2023	23 212
10	2024	24 614
11	2025	25 735
12	2026	27 145
13	2027	28 157
14	2028	29 518
15	2029	30 613
16	2030	31 823
17	2031	33 108
18	2032	35 725
19	2033	48 389
20	2034	49 939
21	2035	50 735
22	2036	51 079

23	2037	51 426
24	2038	51 775
25	2039	52 123
26	2040	52 359
27	2041	52 190
28	2042	52 177
29	2043	59 695
30	2044	93 148
31	2045	90 423
Total		1 172 207

Fuente: CI *et al.*, 2019.

El flujo de fondos comprendió los ingresos, la inversión inicial, los costos y los gastos establecidas por el proyecto hasta el año 2028 (Tabla 2). Los ingresos se obtuvieron vía financiación de fuentes externas o instituciones como el INVEMAR, ONGs, gobiernos locales y regionales, actores privados, entre otros. La inversión inicial es el capital de inicio para implementar el proyecto; los costos son egresos que incluyen costos fijos (pago de servicios públicos, las publicaciones, la papelería e implementos de oficina) y los costos variables (salarios a profesionales y personal administrativo). Los gastos son desembolsos de los cuales no se esperan retornos, se dividen en gastos fijos recurrentes (gastos de viaje, de operación y en programas recurrentes) y en gastos fijos no recurrentes (actividades de monitoreo, restauración, entre otras) (CI *et al.*, 2019).

Tabla 2. Flujo de fondos del proyecto 2019-2028, en miles de dólares.

Periodo	Año									
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Ingresos (USD)										
Fuentes de financiación anual	\$ 190,7	\$ 194,5	\$ 198,3	\$ 202,2	\$ 206,1	\$ 210,2	\$ 214,3	\$ 218,5	\$ 222,8	\$ 227,2
Total ingresos	\$ 190,7	\$ 194,5	\$ 198,3	\$ 202,2	\$ 206,1	\$ 210,2	\$ 214,3	\$ 218,5	\$ 222,8	\$ 227,2
Egresos (USD)										
Costos variables	\$ 86,1	\$ 76,0	\$ 77,4	\$ 79,0	\$ 80,5	\$ 82,1	\$ 83,7	\$ 85,3	\$ 87,0	\$ 88,7
Costos fijos	\$ 16,7	\$ 17,1	\$ 17,4	\$ 17,7	\$ 18,1	\$ 18,4	\$ 18,8	\$ 19,2	\$ 19,5	\$ 19,9
Inversiones	\$ 16,4	\$ 16,8	\$ 17,1	\$ 17,4	\$ 17,8	\$ 18,1	\$ 18,5	\$ 18,8	\$ 19,2	\$ 19,6
Gastos fijos recurrentes	\$ 391,9	\$ 399,6	\$ 407,4	\$ 415,4	\$ 423,5	\$ 431,9	\$ 440,3	\$ 449,0	\$ 457,8	\$ 466,7
Gastos fijos no recurrentes	\$ 465,3	\$ 474,4	\$ 483,7	\$ 493,2	\$ 502,8	\$ 512,7	\$ 522,7	\$ 533,0	\$ 543,4	\$ 554,1
Depreciación	\$ 2,0	\$ 2,1	\$ 2,1	\$ 2,1	\$ 2,2	\$ 2,2	\$ 2,3	\$ 2,3	\$ 2,4	\$ 2,4
Total egresos	\$ 976,4	\$ 983,7	\$ 1 003,0	\$ 1 022,7	\$ 1 042,7	\$ 1 063,2	\$ 1 084,0	\$ 1 105,3	\$ 1 126,9	\$ 1 149,0
Déficit/superávit (USD)	-\$ 785,7	-\$ 789,2	-\$ 804,7	-\$ 820,5	-\$ 836,6	-\$ 853,0	-\$ 869,7	-\$ 886,8	-\$ 904,1	-\$ 521,5
Impuesto sobre la renta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Utilidad después de impuesto	-\$ 785,7	-\$ 789,2	-\$ 804,7	-\$ 820,5	-\$ 836,6	-\$ 853,0	-\$ 869,7	-\$ 886,8	-\$ 904,1	-\$ 521,5
Flujo neto de fondos después de impuesto	-\$ 785,7	-\$ 789,2	-\$ 804,7	-\$ 820,5	-\$ 836,6	-\$ 853,0	-\$ 869,7	-\$ 886,8	-\$ 904,1	-\$ 521,5

Fuente: CI *et al.*, 2019.

Para el período 2029-2045 se realizaron las estimaciones de cada una de las variables del flujo de fondos mediante la realización de 1 000 simulaciones (ver Anexo 1). Las distribuciones de probabilidad y los parámetros de las variables de entrada a la Simulación de Monte Carlo fueron obtenidas mediante el programa Statgraphics XVII (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros utilizados en la Simulación del Monte Carlo para estimar las variables del flujo de fondos (2029-2045).

Variables	Distribuciones	Parámetros (USD\$)	
		Media	Desviación estándar
Fuentes de financiación anual	Normal	208 479	12 252,60
		Límite inferior	Límite superior
Costos variables	Uniforme	75 951	88 715
Costos fijos	Uniforme	16 726	19 920
Inversiones	Uniforme	16 433	19 571
Gastos fijos recurrentes	Uniforme	391 893	466 730
Gastos fijos no recurrentes	Uniforme	465 253	554 100
Depreciación	Uniforme	2 025	2 411

La función de beneficio está conformada por los ingresos totales menos los costos totales (*beneficio = ingresos – costos*) (Mankiw, 2007; Arango, 2005), de la cual se deriva la función empleada en este estudio:

$$B = \sum_{t=1}^n (((VCU_t \times P_t) + FE_t) - (I_{t=0} + E_t))$$

B: beneficio financiero.

VCU_t: unidades de carbono verificadas en el período *t*.

P_t : precios del carbono en cada uno de los años proyectados.

FE_t : financiación de fuentes externas (institutos de investigación, gobiernos locales y regionales, ONGs, actores privados, entre otros) para cada año del proyecto.

$I_{t=0}$: inversión inicial del proyecto.

E_t : suma de los costos y gastos en cada año de implementación del proyecto.

Simulación del beneficio

Se utilizó una simulación de Monte Carlo para estimar los posibles resultados del beneficio, el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio Costo (RBC) (Taco, 2017; Azofeifa, 2004; Feria; 2005), bajo tres alternativas de precios del carbono en el mercado voluntario, incluyendo las diferentes tasas de descuento y las variables financieras del flujo de fondos.

Escenarios

El valor máximo, el mínimo y el promedio obtenidos en la estimación de los precios del carbono en el mercado voluntario pueden ser analizados como las tres alternativas del costo de oportunidad en el que incurrirían los demandantes de las reducciones de emisiones. El costo de oportunidad está relacionado con las alternativas o actividades que producen emisiones, a las que se debería renunciar para lograr la reducción del CO₂, o en este caso, el costo que deben asumir los interesados en dichas reducciones. En un escenario positivo el costo de oportunidad sería de USD\$ 11,4 tCO₂e, en un escenario negativo podría ser de USD\$ 0,2 tCO₂e, y para un escenario tendencial sería de USD\$ 5 tCO₂e. Además, se incluyeron las variables de ingresos y costos del proyecto para calcular el beneficio.

Finalmente, en la selección de la tasa de descuento para calcular el VPN, la TIR y la RBC se tuvieron en cuenta alternativas a nivel nacional e internacional. El Departamento Nacional de Planeación (DNP) establece la tasa de descuento para proyectos ambientales utilizada en el análisis costo beneficio de este tipo de proyectos (Piraquive *et al.*, 2018); también presenta la tasa de rendimiento del capital en Colombia, utilizada en la evaluación social de proyectos (Hernández *et al.*, 2018). Por su parte, el Banco Interamericano de Desarrollo indica una tasa social de descuento a nivel internacional (Campos y Suárez-Alemán, 2016). Y el proyecto “Vida Manglar” estableció igualmente una tasa (CI *et al.*, 2019) relacionada en la Tabla 4.

Tabla 4. Tasas de descuento a utilizar en los escenarios.

Tasa de descuento	%	Fuente
Proyectos ambientales	3,1 %	DNP
Tasa de rendimiento de capital (tasa social de descuento)	9 %	DNP
Tasa de descuento en América Latina y el Caribe	12 %	BID
Tasa de descuento fijada por el proyecto	14,9 %	Proyecto

Fuente: Hernández *et al.*, 2018; Piraquive *et al.*, 2018; Campos y Suárez-Alemán, 2016.

Análisis financiero del proyecto

Para calcular la rentabilidad se utilizó el Valor Presente Neto (VPN), que trae a valor presente todos los flujos de fondos del proyecto, aplicando la tasa de descuento adecuada (Serrano, 2018; Cabeza y Castrillón, 2015; Lacarte, 2012; Guzmán, 2006). Está dado por la siguiente ecuación:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+k)^t} - I_{t=0}$$

B_t : flujos de beneficios netos en cada período t .

$I_{t=0}$: Inversión inicial.

n : número de períodos considerado.

k : tasa de descuento.

t : tiempo.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés a la cual el VPN se iguala a cero, su resultado es comparado con la tasa de descuento para observar si la supera (Serrano, 2018; Cabeza y Castrillón, 2015; Lacarte, 2012; Guzmán, 2006). Presenta la ecuación:

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+k)^t} - I_{t=0} = 0$$

B_t : flujos de beneficios netos en cada período t .

$I_{t=0}$: inversión inicial.

n : número de períodos considerado.

k : tasa de descuento.

t : tiempo.

La Relación Beneficio Costo (RBC) es la comparación entre los ingresos totales y los costos totales generados durante la vida útil de proyecto, traídos a valor presente (Ginés de Rus, 2008; Aguirre, 2000). Su fórmula es la siguiente:

$$RBC = \frac{\textit{Suma de beneficios anuales totales descontados}}{\textit{Suma de costos anuales descontados}}$$

Cuantificación del beneficio

En este apartado se compararon los resultados de los tres escenarios simulados bajos las diferentes alternativas de los precios del carbono en el mercado voluntario, a las cuatro tasas de descuento propuestas y los métodos financieros aplicados. Se probaron diferentes precios en la simulación de Monte Carlo hasta obtener el precio que iguala el beneficio a cero (precio de equilibrio).

A nivel mundial el referente de negociaciones del carbono es el mercado europeo, con transacciones de créditos a un precio promedio de 12 € correspondientes a USD\$ 15, un máximo de 24,8 € durante los últimos 13 años equivalentes a USD\$ 28 (Figura 4) (Sendeco2, 2020). En este sentido, podría tomarse el valor económico del carbono entre los USD\$ 15-28. Alrededor de este intervalo, se realizaron cálculos adicionales para identificar el precio alternativo de negociación de los bonos del proyecto.

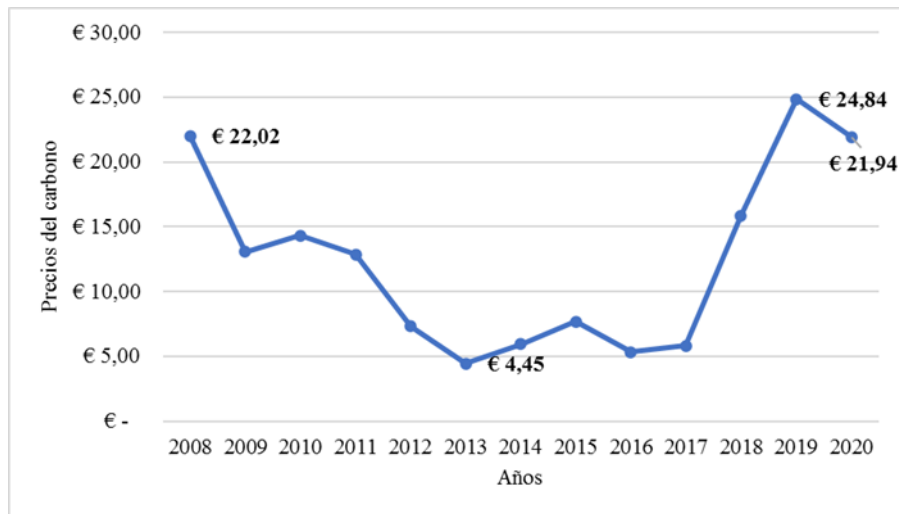


Figura 4. Precios del mercado europeo EU ETS período 2008-2020, en euros. Fuente: Sendeco2.

RESULTADOS

Análisis del beneficio

La simulación de precios del carbono en el mercado voluntario arrojó un promedio de USD\$ 5, un máximo de USD\$ 11,4 y un precio mínimo de USD\$ 0,2 (Figura 5).

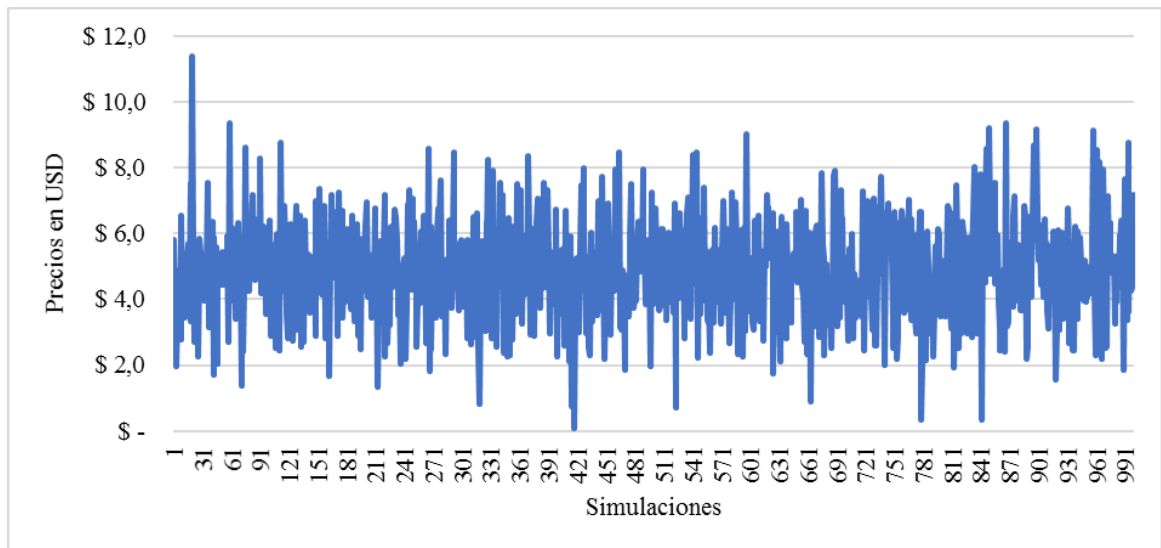


Figura 5. Simulaciones de los precios del carbono en el mercado voluntario (USD).

En este ejercicio se obtuvieron pérdidas para los tres precios establecidos, con el precio más alto (USD\$ 11,4) se espera un valor promedio anual negativo aproximado a los -USD\$400 mil, con el menor precio el beneficio sería de -USD\$ 840 mil, y a USD\$ 5 habría pérdidas anuales cercanas a los -USD\$ 658 mil. El flujo anual de los beneficios arrojó valores negativos cada año, sin embargo, con el precio máximo se observaron datos positivos en los últimos dos años del proyecto debido al incremento en el número de VCU. A este precio el rango del beneficio incluyó pérdidas desde los - USD\$ 585 mil dólares y ganancias hasta los USD \$ 277 mil dólares (Figura 6).

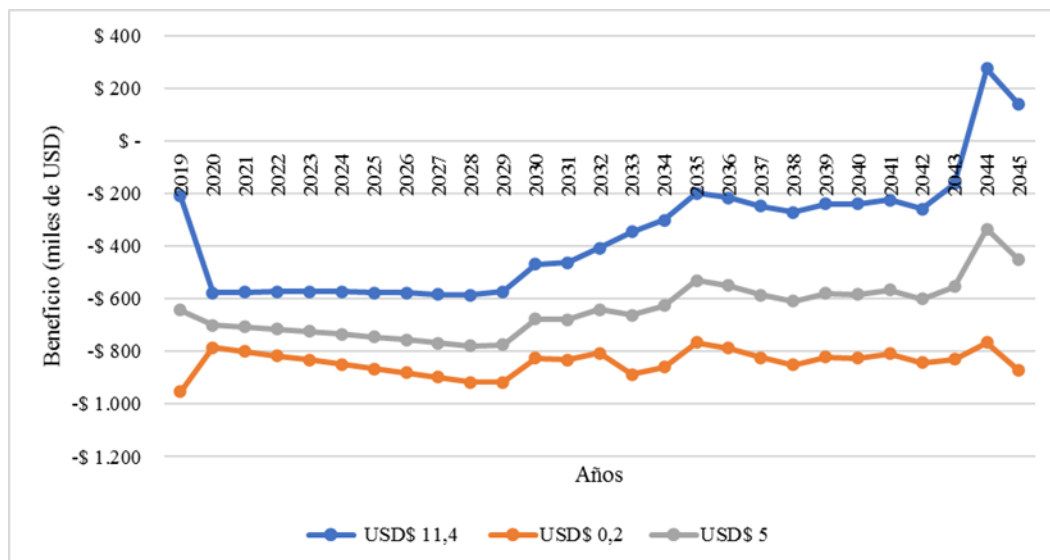


Figura 6. Flujo anual del beneficio en miles de dólares, para los precios de USD\$ 11,4, USD\$ 0,2 y USD\$5 (2019-2045).

Escenarios y cuantificación del beneficio

Bajo los tres escenarios y las cuatro tasas de descuento utilizadas se obtuvieron pérdidas. En los tres escenarios el VPN arroja valores negativos, la TIR indica que no hay retorno en la inversión y la RBC presenta mayores egresos que ingresos. Las mayores pérdidas se obtuvieron en el escenario negativo (USD\$ 0,2) con una tasa de descuento del 3,1 %, y las menores pérdidas se calcularon en el escenario positivo a una tasa de descuento del 14,9 % (Tabla 5). El costo de oportunidad para los demandantes de las reducciones de emisiones está en el menor precio que puedan pagar, pero con una consiguiente desfinanciación del proyecto.

Tabla 5. Resultados de los escenarios positivo, negativo y tendencial para cuatro tasas de descuento. VPN: valor presente neto; TIR: tasa interna de retorno; RBC: relación beneficio costo; S/R: sin retorno de la inversión.

Escenarios	Tasas de descuento	VPN	TIR	RBC
Positivo (USD\$ 11,4)	3,1 %	-\$ 7 025 802,29	S/R	0,63
	9,0 %	-\$ 4 332 751,65		0,58
	12,0 %	-\$ 3 527 752,72		0,56
	14,9 %	-\$ 2 951 373,36		0,55
Negativo (USD\$ 0,2)	3,1 %	-\$ 15 185 896,04	S/R	0,20
	9,0 %	-\$ 8 357 364,16		0,20
	12,0 %	-\$ 6 597 476,35		0,20
	14,9 %	-\$ 5 424 569,07		0,20
Tendencial (USD\$ 5)	3,1 %	-\$ 11 806 611,80	S/R	0,38
	9,0 %	-\$ 6 690 678,69		0,36
	12,0 %	-\$ 5 326 232,54		0,35
	14,9 %	-\$ 4 400 361,32		0,34

Para identificar la mejor alternativa de negociación de los bonos de carbono se obtuvo el precio de equilibrio. A un precio de USD\$ 22,45 el beneficio anual se acerca a cero. A partir de los USD\$ 23 se empezaron a obtener beneficios positivos estimados entre USD\$ 270 y USD\$ 120 mil anuales. Los precios alternativos de negociación que permitirían obtener valores positivos son USD\$ 22, USD\$ 24 y USD\$ 26, observados a partir del año 2032 (Figura 7).

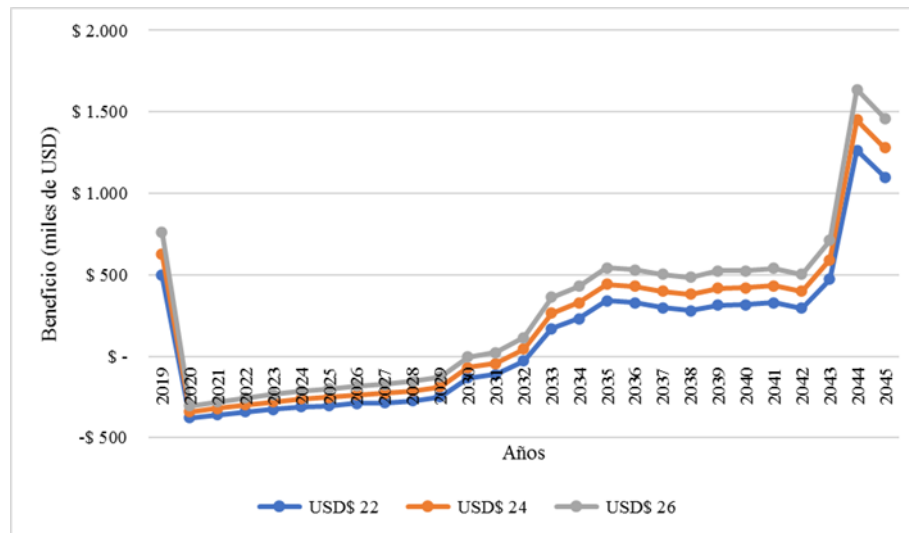


Figura 7. Flujo de beneficios en miles de dólares a los precios USD\$ 22, USD\$ 24 y USD\$ 26.

Así mismo, las variables financieras permitieron obtener un beneficio positivo a partir de los USD\$22 únicamente para la tasa de descuento de proyectos ambientales (3,1 %), además presenta una TIR superior a dicha tasa. El mínimo precio que permitiría alcanzar valores positivos a las cuatro tasas de descuento es de USD\$ 25. Los mayores beneficios y la mejor RBC se calculan para la menor tasa, y aunque la tasa del proyecto (14,9 %) también arroja valores positivos, son los menores beneficios que se pueden obtener (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados del análisis financiero para los precios alternativos USD\$ 22, USD\$ 24 y USD\$ 26.

VPN: valor presente neto; TIR: tasa interna de retorno; RBC: relación beneficio costo.

Precios	Tasas de descuento	VPN	TIR	RBC
	3,1 %	\$ 667 690,89		1,03
USD\$ 22	9 %	-\$ 538 269,65	4,6 %	0,93
	12 %	-\$ 633 558,30		0,90

	14,9 %	-\$ 619 596,93		0,89
	3,1 %	\$ 2 122 514,22		1,11
USD\$ 24	9,0 %	\$ 179 258,89	9,1 %	1,00
	12,0 %	-\$ 86 272,24		0,97
	14,9 %	-\$ 178 662,93		0,95
	3,1 %	\$ 3 577 337,55		1,18
USD\$ 26	9 %	\$ 896 787,43	17,6 %	1,07
	12 %	\$ 461 013,82		1,03
	14,9 %	\$ 262 271,08		1,01

Cuantificación del beneficio

Los resultados indican que al comercializar los bonos de carbono a los precios establecidos en los tres escenarios se cubriría parcialmente la financiación requerida en el proyecto, mientras con los precios alternativos se obtendrían ingresos suficientes para cubrir los egresos totales. A un precio de USD\$ 26 por bono se financiaría el total del proyecto y quedaría un excedente del 7,1 % (Tabla 7).

Tabla 7. Porcentaje de financiación del proyecto por la venta de VCU para los diferentes precios de negociación (USD).

	Precios	% de financiación del proyecto
Escenarios	Positivo \$ 11,4	47,0 %
	Negativo \$ 0,2	0,8 %
	Tendencial \$ 5	20,6 %
	\$ 22	90,6 %

Precios	\$ 24	98,9 %
alternativos	\$ 26	107,1 %

DISCUSIÓN

Los beneficios de comercializar los bonos de carbono azul de los manglares del DMI Cispatá en el mercado voluntario presentan posibles pérdidas a las diferentes tasas de interés empleadas, debido a los altos costos necesarios para la implementación del proyecto. Los principales costos provienen de los componentes de biodiversidad y gobernanza, no solo para mitigar GEI, necesarios para apalancar actividades realizadas por las comunidades a fin de contribuir con la adicionalidad correspondiente a evitar la degradación y la deforestación, con intervenciones en zonas donde se ejercen las mayores presiones para evitar afectar las áreas conservadas; se prevé la reducción de los costos en el tiempo debido a dicha adicionalidad y bajo el supuesto del fortalecimiento de las capacidades de los actores involucrados, y se espera ejercer monitoreos con cambios positivos. Los beneficios negativos no limitan la implementación del proyecto al tratarse de un área protegida y al ser los ecosistemas bienes inalienables, por tanto, la conservación no se puede descartar. El DMI seguirá manteniéndose y al existir la posibilidad de llevar la captura de CO₂ a un mercado voluntario se podría financiar cerca de la mitad de los costos del área.

Sin embargo, al plantear precios alternativos entre USD\$ 22 y USD\$ 26 se lograrían los mayores beneficios a la menor tasa de interés (3,1 %); mientras que con los precios de los escenarios se financiaría entre un 20 % y un 47 % del proyecto (USD\$ 5 y USD\$ 11,4). Esto implica un incremento en el costo de oportunidad, pero se garantizaría la sostenibilidad financiera y se incrementarían las posibilidades de conservar el ecosistema a largo plazo. El mercado voluntario podría ser poco atractivo debido a la tendencia a la baja de

los precios, pero es de reconocer que los posibles ingresos a obtener en este son una contribución para el financiamiento del proyecto y se requiere canalizar otros ingresos a través del plan de manejo del DMI; también, permitiría la superación de barreras financieras e institucionales para implementar las estrategias de manejo lideradas por las corporaciones autónomas y las asociaciones comunitarias. Los beneficios son altamente dependientes de las negociaciones entre oferente y demandante, así como las expectativas sobre el protocolo de Kyoto (Zárate-Barrera y Maldonado, 2015). Los precios de los mercados difícilmente se podrán ajustar durante los próximos años, sin embargo, se esperaría una tendencia creciente evidenciándose en las nuevas discusiones del Acuerdo de París. Particularmente, este proyecto es pionero a nivel mundial al trabajar con manglares y someterse al proceso de certificación en un estándar de verificación, esto le ha otorgado amplia demanda de empresas privadas con un interés de compra que parte de los \$USD 17, por tanto, la propuesta entre \$USD 22 y \$USD 26 podría acercarse a la realidad.

Por otra parte, es recomendable la tasa de descuento para los proyectos ambientales (3,1 %) especialmente si son de larga duración, al otorgar los mayores beneficios al menor precio posible (Harrison, 2010; Hernández *et al.*, 2018). A pesar de que las agencias internacionales admiten tasas de descuento cercanas a 12%, utilizar estas altas tasas iría en detrimento de la conservación del ambiente y los recursos por ser un incentivo para el uso excesivo hoy y la disminución de stock para generaciones futuras, estableciendo un valor mayor al uso actual que al uso futuro (Hernández *et al.*, 2018); además se requiere vender los bonos a un alto precio con mínimos beneficios económicos.

Los beneficios de implementar esta iniciativa no deben limitarse a lo financiero, se debe reconocer la integralidad dados los múltiples beneficios ambientales provenientes de la restauración y conservación del ecosistema de manglar como la reducción de las emisiones CO₂. Esto da cumplimiento a la ECDBC y al compromiso de reducir las emisiones colombianas (20 % al año 2030) (García *et al.*, 2016), que se ha

modificado al 51 %, por tanto, su inclusión en la actualización de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, siglas en inglés) es necesaria para el fortalecimiento de estas iniciativas. La protección del ecosistema de manglar en el DMI, a través de este proyecto, favorece la conservación de la biodiversidad y la disponibilidad de otros servicios ecosistémicos (CI *et al.*, 2019), los cuales no fueron tenidos en cuenta para este estudio. El alcance de esta evaluación excluye los beneficios económicos percibidos por las comunidades y asociaciones presentes en el área quienes hacen parte del proyecto, y practican las actividades económicas sostenibles permitidas, siendo beneficios sociales que aportan a la sostenibilidad del área. Tampoco se incluyeron los co-beneficios generados por la presencia de otros servicios ecosistémicos, por lo cual, sería útil realizar un análisis con esta información para aproximar complementariamente la magnitud de dichos beneficios.

La metodología empleada es aplicable a cualquier proyecto de carbono azul como insumo para la planificación financiera. En este sentido, algunos estudios de caso se centran en la valoración económica del carbono capturado y almacenado en ecosistemas estratégicos como los casos de Guaratiba en Brasil (Duque *et al.*, 2015) y el Golfo de California en México (Adame *et al.*, 2018), sin considerar los posibles costos y gastos incurridos en la implementación para una estimación con menos incertidumbres, tal como lo aplicó Thomson (2014) en el caso de Filipinas, e incluir variables financieras como lo hicieron Zárate-Barrera y Maldonado (2015) para las AMPs de Colombia. Por otra parte, la evaluación de herramientas económicas apoyadas en los mercados para resolver problemas ambientales es un aporte relevante, sabiendo que ninguna ofrece una solución definitiva especialmente en cuestiones multidisciplinarias y multidimensionales. No obstante, los incentivos pueden funcionar a nivel internacional con la venta de bonos de carbono para países Anexo I del Protocolo de Kyoto y otros, aún quedan las fallas del mercado que no serán solucionadas por el sistema financiero ni por la economía ambiental puesto que esta va más allá del mismo. Los mercados de carbono son alternativas que han resuelto algunas externalidades y herramientas como el pago por servicios ambientales (PSA) permiten internalizarlas, sin embargo, se

requiere trabajar conjuntamente con diferentes disciplinas. Este trabajo muestra que utilizar adecuadamente los beneficios de la venta de bonos de carbono puede financiar el DMI Cispatá; aunque se están incluyendo ingresos provenientes de recursos públicos con los beneficios de la comercialización de los créditos de carbono, el área protegida tiene temas de gestión a liderar por la entidad pública administradora que requieren apoyo financiero, convirtiendo el proyecto en una oportunidad.

CONCLUSIONES

Este estudio evaluó el beneficio financiero de comercializar, en el mercado voluntario, los créditos de carbono azul emitidos por las reducciones de emisiones en manglares del DMI Cispatá. Aunque habría posibles pérdidas, se financiaría el proyecto entre un 20 % y 47 % si se vende a precios entre USD\$ 5 y USD\$ 11,4. Este incluye costos considerables para desarrollar los componentes de biodiversidad y gobernanza necesarios para la adicionalidad y la mitigación del CO₂. Los beneficios negativos no limitan la implementación del proyecto al ser los ecosistemas bienes inalienables y por ser un área protegida seguirá manteniéndose. Sin embargo, se obtendrían beneficios positivos si se logra negociar a precios alternativos (USD\$ 22 y USD\$ 26) financiándose completamente el proyecto a la menor tasa de descuento (3,1 %). Los beneficios dependen de las negociaciones con demandantes y las expectativas frente al Protocolo de Kyoto. Es de reconocer los múltiples beneficios ambientales de la restauración y conservación del manglar que no fueron tenidos en cuenta en este estudio. La venta de estos bonos permitiría la superación de barreras financieras e institucionales siendo una contribución al financiamiento del DMI, que se complementarían con otras fuentes externas, los beneficios económicos y sociales percibidos por las comunidades y asociaciones, y los co-beneficios de otros servicios ecosistémicos presentes en el área.

AGRADECIMIENTOS

Al Invemar por el apoyo brindado para el desarrollo de mi formación e investigación, en el marco del proyecto “Manglares, pastos marinos y comunidades locales: desarrollo e intercambio de experiencias de la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios en la región Caribe – MAPCO”. A Paula Sierra Correa por la oportunidad y apoyo, a Andrés Sierra Buitrago, Anny Zamora Bornachera, Adolfo Sanjuan Muñoz, y Niver Quiroz por sus valiosos aportes.

Anexo 1. Variables estimadas del flujo de fondos 2029-2045 en miles de dólares.

Periodo	Años																
	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
<i>Ingresos (USD)</i>																	
Fuentes de financiación anual	\$190,7	\$213,2	\$215,9	\$208,3	\$203,5	\$201,6	\$210,7	\$218,6	\$198,9	\$184,7	\$188,7	\$216,1	\$192,3	\$199,4	\$178,8	\$201,6	\$203,6
Total ingresos	\$190,7	\$213,2	\$215,9	\$208,3	\$203,5	\$201,6	\$210,7	\$218,6	\$198,9	\$184,7	\$188,7	\$216,1	\$192,3	\$199,4	\$178,8	\$201,6	\$203,6
<i>Egresos (USD)</i>																	
Costos variables	\$82,5	\$82,9	\$81,1	\$78,0	\$83,7	\$81,1	\$79,6	\$81,0	\$81,2	\$79,7	\$82,4	\$82,3	\$78,5	\$83,8	\$79,1	\$77,3	\$85,3
Costos fijos	\$17,6	\$18,3	\$18,0	\$17,4	\$18,7	\$19,5	\$17,5	\$19,8	\$19,5	\$18,4	\$19,3	\$16,9	\$17,4	\$17,1	\$18,9	\$19,7	\$19,2
Inversiones	\$16,9	\$18,9	\$17,8	\$18,9	\$17,7	\$18,2	\$18,6	\$17,9	\$19,5	\$16,4	\$19,2	\$19,1	\$18,5	\$19,5	\$19,3	\$16,4	\$19,2
Gastos fijos recurrentes	\$445,0	\$392,2	\$430,7	\$441,8	\$432,4	\$409,9	\$397,3	\$419,0	\$400,2	\$444,1	\$432,2	\$452,6	\$396,8	\$457,9	\$435,5	\$403,2	\$433,2
Gastos fijos no recurrentes	\$550,6	\$532,1	\$507,1	\$465,8	\$547,1	\$541,1	\$473,3	\$477,2	\$512,5	\$486,4	\$467,6	\$481,2	\$499,5	\$473,0	\$467,6	\$469,9	\$536,5
Depreciación	\$4,4	\$6,5	\$8,5	\$10,5	\$12,6	\$14,6	\$16,6	\$18,7	\$20,7	\$22,7	\$24,8	\$26,8	\$28,9	\$30,9	\$33,0	\$35,0	\$37,0
Total egresos	\$1.112,7	\$1.044,5	\$1.054,7	\$1.021,9	\$1.099,5	\$1.069,9	\$986,3	\$1.014,9	\$1.032,7	\$1.045,0	\$1.020,7	\$1.052,1	\$1.010,6	\$1.051,4	\$1.020,4	\$986,6	\$1.093,4
Déficit/superávit (USD)	-\$921,9	-\$ 831,3	-\$838,8	-\$813,6	-\$896,0	-\$868,4	-\$775,7	-\$796,3	-\$833,8	-\$860,2	-\$832,0	-\$836,0	-\$818,3	-\$852,0	-\$841,6	-\$785,0	-\$889,8
Impuesto sobre la renta	\$10,0	\$ 11,0	\$12,0	\$13,0	\$14,0	\$15,0	\$16,0	\$17,0	\$18,0	\$19,0	\$20,0	\$21,0	\$22,0	\$23,0	\$24,0	\$25,0	\$26,0
Utilidad después de impuesto	-\$921,9	-\$831,3	-\$838,8	-\$813,6	-\$896,0	-\$868,4	-\$775,7	-\$796,3	-\$833,8	-\$860,2	-\$832,0	-\$836,0	-\$818,3	-\$852,0	-\$841,6	-\$785,0	-\$889,8
Flujo neto de fondos después de impuesto	-\$921,9	-\$831,3	-\$838,8	-\$813,6	-\$896,0	-\$868,4	-\$775,7	-\$796,3	-\$833,8	-\$860,2	-\$832,0	-\$836,0	-\$818,3	-\$852,0	-\$841,6	-\$785,0	-\$889,8

LITERATURA CITADA

- Adame MF, E. Najera, CE. Lovelock, CJ. Brown. 2018. Avoided emissions and conservation of scrub mangroves: potential for a Blue Carbon project in the Gulf of California, Mexico. *Biol. Lett.* 14: 20180400. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2018.0400>
- Aguirre, J. 2000. Introducción a la evaluación económica y financiera de inversiones agropecuarias. Serie de libros y materiales educativos, San José, Costa Rica. 191 p. ISBN 9290390123.
- Arango, M. 2005. Manual de cooperativismo y economía solidaria. Universidad Cooperativa de Colombia, Medellín. 345 p. ISBN 9588205670. Barros, S. y R. Ipinza. 2011. El mercado de carbono. 37-60. En: Roberto Ipinza y Santiago Barros. El Cambio Climático, los Bosques y la Silvicultura. Instituto Forestal, Chile. 139 p.
- Azofeifa, C. 2004. Aplicación de la Simulación Monte Carlo en el cálculo del riesgo usando Excel. *Tecnología en Marcha*, 17 (1): 97-109.
- Cabeza, L., J. Castrillón. 2015. Matemáticas Financieras 5a edición revisada y ampliada. Universidad del Norte, Barranquilla. 344 p. ISBN 9587419324, 9789587419320.
- Campos, J., T. Serebrisky, A. Suárez-Alemán. 2016. Tasa de descuento social y evaluación de proyectos. Banco Interamericano de Desarrollo - BID. IDB-MG-413. Washington, D.C. 61 P.
- Congreso de Colombia. 2016. Ley 1819 de diciembre 29 del 2016 “Por medio de la cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones”. 174 p.
- Congreso de Colombia. 2018. Ley 1831 del 27 de julio del 2018 “Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático”. 19 p.

Conservación Internacional - CI, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR, Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y el San Jorge (CVS), Fundación Omacha. 2019. Proyecto de carbono azul Golfo de Morrosquillo “Vida Manglar”. CCB & VCS Project Description. 267 p.

Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission, International Union for Conservation of Nature – IUCN. 2018. The Blue Carbon Initiative. <http://thebluecarboninitiative.org/>. 5/03/2019.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – CMNUCC. 2007. Unidos por el Clima, Guía de la Convención sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto Bonn, Alemania. 44 p.

Corporación Autónoma Regional de Los Valles del Sinú y del San Jorge – CVS e Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR. 2010. Plan integral de manejo del Distrito de Manejo Integrado (DMI) bahía de Cispatá - La Balsa - Tinajones y sectores aledaños del delta estuarino del río Sinú, departamento de Córdoba. Editores: Rojas, G. X y P. Sierra-Correa. Serie de Publicaciones Especiales No. 18 de INVEMAR. Santa Marta. 141 p. CVS – CONIF. 2005. Plan de manejo DMI Cispatá-La Balsa-Tinajones y sectores aledaños al delta estuarino río Sinú, departamento de Córdoba. Editores: Rojas, X. y P. Sierra Correa. Serie de publicaciones especiales del Invemar No. 18. Santa Marta. 141 p.

Corporación Autónoma Regional de Los Valles del Sinú y del San Jorge – CVS e Instituto Alexander von Humboldt (IAvH). 2006. Delimitación y formulación de un Distrito de Manejo Integrado de los recursos naturales (DMI) de los manglares de la Bahía de Cispatá, Tinajones, La Balsa y sectores aledaños. Córdoba, Montería. 299 p.

Díaz-Cruz, M. 2016. Bonos de carbono: un instrumento en el sistema financiero internacional. *Revista Libre Empresa*, 13(1): 11-33. doi.org/10.18041/libemp.2016.v13n1.25106.

- Donofrio, S., P. Maguire, W. Merry, A. Zwick. 2019. Financing Emissions Reductions for the Future State of the Voluntary Carbon Markets 2019. Ecosystem Marketplace, Washington, DC. 19 p.
- International Carbon Action Partnership - ICAP. 2019. Estado del Comercio de Emisiones en el Mundo. Status Report 2019. Berlín. 13 p.
- Duque, G., M. Gomes, V. Fernandez, P. Moura. 2015. The economic evaluation of carbon storage and sequestration as ecosystem services of mangroves: a case study from southeastern Brazil. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11(1): 29-35. <http://dx.doi.org/10.1080/21513732.2014.963676>.
- Feria, J. 2005. El Riesgo de Mercado su Medición y Control. Delta Publicaciones, Madrid. 282 p. ISBN 8496477029.
- García, C., G. Vallejo, M. Higgins y E. Escobar. 2016. El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático. 1 ed. WWF-Colombia. Cali, Colombia. 52 pp.
- Ginés de Rus. 2008. Análisis Coste-Beneficio. Grupo Planeta (GBS), Madrid. 360 p.
- Giraldo, C. 2017. Evaluación del mercado regulado de bonos de carbono vs el mercado voluntario en proyectos hidroeléctricos en Colombia. Tesis de maestría Facultad de Ingeniería, Departamento de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 67 p.
- Guzmán, C. 2006. Matemáticas financieras para toma de decisiones empresariales. Juan Carlos Martínez Coll. 305 p. ISBN 8468993468, 9788468993461.
- Harrison, M. 2010. Valuing the Future: the social discount rate in cost-benefit analysis. Visiting Researcher Paper, Productivity Commission, Canberra. ISBN 978-1-74037-313-5.
- Hernández, G., G. Piraquive, M. Matamoros. 2018. Una estimación de la tasa de descuento para proyectos ambientales. Departamento Nacional de Planeación - DNP.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés – INVEMAR. 2017.

Proyecto Piloto de Degradación y Deforestación Evitada (REDD) en manglares ubicados en la jurisdicción del DMI de Cispatá-La Balsa-Tinajones. Project Design Document template for Plan Vivo projects. Santa Marta. 80 p.

International Partnership for blue carbon. 2015. Coastal blue carbon: an Introduction for policy makers.

https://bluecarbonpartnership.org/wp-content/uploads/2017/11/Introduction-for-policy-makers_FINAL_web.pdf. 16/11/2018.

Lacarte, L. 2012. Finanzas Corporativas Aplicadas ¿Cuánto vale una empresa? J. M. Lacarte. 242 p. ISBN 1478321997, 9781478321996.

Ladd, P., P. Peri. 2013. REDD+ en Latinoamérica: el caso de Perú. Bosques, 34(2): 125-128. Doi: 10.4067/S0717-92002013000200001.

Mankiw, N. 2007. Principios de economía. Paraninfo, Madrid. 629 p. ISBN 8497325346, 9788497325349.

Ministerio de Agricultura. 1989. Decreto 1974 de 1989 “Por el cual se reglamenta el artículo 310 del Decreto - Ley 2811 de 1974, sobre Distritos de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables y la Ley 23 de 1973. 7 p.
https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/1989/dec_1974_1989.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Minambiente. 2017. Política Nacional de Cambio Climático. 148 p.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2014a. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Decreto Ley 2811 de 1974. Bogotá. 122 p.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2014b. Resolución 1447 del 1 de agosto de 2018 “Por el cual se reglamenta el sistema de monitoreo, reporte y verificación de las acciones de mitigación a

nivel nacional de que trata el artículo 175 de la Ley 1753 de 2015, y se dictan otras disposiciones”.
34 p.

Ministerio de Hacienda y crédito público - Minhacienda. 2017. Decreto 926 del 1 de junio del 2017. Por el cual se modifica el epígrafe de la Parte 5 y se adiciona el Título 5 a la Parte 5 del Libro 1 del Decreto 1625 de 2016 Único Reglamentario en Materia Tributaria y el Título 11 de la Parte 2 de Libro 2 al Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, para reglamentar el parágrafo 3 del artículo 221 y el parágrafo 2 del artículo 222 de la Ley 1819 de 2016.
13 p.

Murray, B. C., L. Pendleton, W. A. Jenkins, and S. Sifleet. 2011. Green Payments for Blue Carbon. Economic Incentives for Protecting Threatened Coastal Habitats. Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions. Durham, North Carolina. 52 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. 2010. Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor. Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la FAO. Roma. 39 p.

Piraquive, G., M. Matamoros, E. Cespedes, J. Rodríguez. 2018. Actualización de la tasa de rendimiento del capital en Colombia bajo la metodología de Harberger. Departamento Nacional de Planeación - DNP. Documento 487. Bogotá. 45 P.

Santos, C. 2018. Economic value of blue carbón: chanllenges and opportunities for portuguese coastal hábitats. Tesis Master's in Environmental Economics and Management, Universidad Do Porto, Oporto. 54 p. Doi 10.13140/RG.2.2.34866.45767.

Sendeco2. 2020. Precios CO2 2008-2020, <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>, 28/05/2020.

- Serrano, J. 2018. Matemáticas financieras y evaluación de proyectos: Segunda edición. Universidad de los Andes, Bogotá. 418 p. ISBN 9587783530, 9789587783537.
- Sousa, R., A. Álvarez-Espinosa, N. Rojas, S. Melo, G. Romero, L. Riveros, S. Calderón, C. Vazao. 2018. Mitigación del cambio climático con un Sistema de Comercio de Emisiones en Colombia: primeros hallazgos económicos. Archivos de Economía, 469: 1-35.
- Stringer, C. E., Trettin, C.C., Zarnoch, S.J., Tang, W. 2014. The Zambezi River Delta Mangrove Carbon Project: A Pilot Baseline Assessment for REDD+ Reporting and Monitoring. World Wildlife Fund, Universidade de Eduardo Mondlane, National Aeronautics and Space Administration, U.S. Forest Service, Mozambique Ministry of Agriculture. Final Report. 56 p.
- Taco, D. 2017. Simulación de Monte Carlo para la gestión de costos en la evaluación de proyectos de inversión, caso: construcción del Hotel Wyndham Gran Cóndor PRONOBIS S.A. Ecuador (2014-2015). Tesis de Maestría en Finanzas, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. 95 p.
- Tang, J., Wang, F., Chen, X., Yang, H., Ye, S., Sun, X., Wen, Q., Chen, S. 2018. Coastal blue carbon: Concept, study method, and the application to ecological restoration. Science China EarthSciences. 6(6): 637-646. Doi:10.1007 / s11430-017-9181-x.
- Thompson, B., Clubbe, C., Primavera, J., Curnick, D., Koldewey, H. 2014. Locally assessing the economic viability of blue carbon: A case study from Panay Island, the Philippines. Ecosystem Services 8: 128-140. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.03.004>.
- Ullman, R., V. Bilbao-Bastida, G. Grimsditch. 2013. Including Blue Carbon in climate market mechanisms. Ocean & Coastal Management, 83: 15-18. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.02.009>.
- Verified Carbon Standard (VCS). 2013. Estándar VCS versión 3 Documento de Requerimientos. 57 p.

Yepes, A., M. Zapata, J. Bolívar, A. Monsalve, S. Espinosa, P. Sierra-Correa, A. Sierra. 2016. Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para la estimación de los contenidos de carbono en manglares del Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 64(2): 913-926.
<http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i2.18141>.

Zárate-Barrera T. y J., Maldonado. 2015. Valoración del carbono azul: beneficios de secuestro de carbono proporcionados por las áreas marinas protegidas en Colombia. *Plos One*, 10 (5): e0126627.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126627>.