

No. 8  
Marzo 2021



USO DEL SUELO Y COSTOS DE OPORTUNIDAD DE LA CAPTURA DE CARBONO: EL CASO DE PROGRAMAS REDD+ EN REPÚBLICA DOMINICANA Y GUATEMALA

**Guillermo Rudas  
Oscar Rodríguez  
Angélica Méndez**

ISSN 2665-6655

## **COMITÉ EDITORIAL**

Felipe Castro Pachón

Germán Andrade Pérez

## **EQUIPO DE APOYO EDITORIAL**

Carla Panyella Medrano

**Edición mensual**

**Bogotá, Colombia**



---

Los documentos CODS abordan temas de desarrollo sostenible en el ámbito latinoamericano y del Caribe. Están dirigidos tanto a académicos como a tomadores de decisiones en el sector público y privado. No tienen un énfasis único. Los documentos pueden ser conceptuales, empíricos o contener reflexiones generales sobre el desarrollo sostenible. Pretenden promover un enfoque multidisciplinario y contribuir con ideas al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la región.

---

# Tabla de contenido

<b>1.</b>	Introducción	3
<b>2.</b>	Aspectos conceptuales	5
<b>3.</b>	Costo de oportunidad por cambio de uso del suelo	7
<b>4.</b>	Costo de oportunidad en Guatemala y República Dominicana	10
<b>5.</b>	Gradualidad en cambios de uso del suelo y su efecto sobre los costos de oportunidad	14
<b>6.</b>	Curva de costos de abatimiento: quiénes ganan y quiénes pierden con los cambios en uso del suelo	18
<b>7.</b>	Conclusiones y recomendaciones	27
	Referencias	29

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b>	Sensibilidad de los costos de oportunidad de reducción de emisiones al número de cohortes en el cambio de los usos del suelo (usd/tonelada de CO <sub>2</sub> )	16
<b>Figura 2.</b>	Curva de costo marginal de oportunidad al reducir emisiones de CO <sub>2</sub> mediante REDD+, para República Dominicana	19
<b>Figura 3.</b>	Curva de costo marginal de oportunidad al reducir emisiones de CO <sub>2</sub> mediante REDD+, para Guatemala	20
<b>Figura 4.</b>	Distribución del costo marginal de abatimiento entre ganadores, perdedores y el Estado, para República Dominicana	23
<b>Figura 5.</b>	Distribución del costo marginal de abatimiento entre ganadores, perdedores y el Estado, para Guatemala	25

---

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b>	Programa REDD+ en República Dominicana, proyectado a cinco años	11
<b>Tabla 2.</b>	Programa REDD+ en Guatemala, proyectado a cinco años	12
<b>Tabla 3.</b>	Costos de reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> en cinco años, para República Dominicana y Guatemala	13



# 1. Introducción

Los programas de reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación de los bosques (REDD+) son iniciativas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La reducción tanto de la deforestación como de la degradación de los bosques se logra mediante transformaciones en el uso del suelo que, en la práctica, involucran una compleja red de actores que obtienen beneficios del uso que se venía dando al suelo, el cual afecta el bosque natural, en un escenario de múltiples interacciones (Lee *et al.*, 2018).

Los gobiernos establecen un programa o una estrategia nacional REDD+ para disminuir las emisiones de carbono, con acciones para fortalecer a las instituciones públicas y apoyar a actores privados (por ejemplo, comunidades) que, en condiciones usuales, podrían deforestar o degradar el bosque, para implementar actividades generadoras de ingresos, como la ganadería y la agricultura. Al disminuir la cobertura forestal, tales actividades generan emisiones a la atmósfera. La complejidad de estas interacciones plantea grandes retos en relación con los apoyos financieros externos que son requeridos para incentivar los cambios de uso del suelo, identificados para evitar la deforestación y la degradación de los bosques.

Las ganancias que obtendrían los actores privados en la situación sin programa REDD+, las cuales dejarían de obtenerse en un escenario con un programa de este tipo, constituyen un costo de oportunidad. Para que los actores decidan no deforestar o, incluso, reforestar áreas deforestadas, el costo de oportunidad debe ser superado por las ganancias que se obtendrían en un escenario con programa. En muchos casos, se requiere la intervención del Estado para alcanzar esta condición y, de esta forma, incentivar la participación privada. En esa

medida, debe determinarse el monto de incentivos estatales requerido para pasar de la situación no deseada (deforestación o degradación del bosque) a la deseada (mayor cobertura de bosque). Por ejemplo, es necesario determinar qué incentivo puede llevar a los agentes privados a pasar de la ganadería extensiva a un sistema silvopastoril, o bien a transformar el monocultivo en desarrollos agroforestales o de silvicultura sostenibles.

Con ello en mente, este documento explora las metodologías más recientes, desarrolladas por los financiadores internacionales para estimar los costos de oportunidad (WBI, FCPF & UNIQUE, 2016). Tiene por objetivo desarrollar variaciones metodológicas que permitan afinar los resultados que arrojan estas metodologías y corregir eventuales sesgos de temporalidad; así como identificar de manera diferenciada a los ganadores y los perdedores, cuando se aplican proyectos REDD+.

El ejercicio analítico propuesto se ilustra mediante dos casos específicos: República Dominicana y Guatemala, países que han diseñado programas REDD+ y que disponen de estudios recientes que hacen una estimación de los costos de su implementación. Aquí se simulan variaciones en la metodología de cálculo de costos de oportunidad, cuyos resultados se comparan para ambos países, analizando el impacto sobre el cálculo del incentivo requerido, al aplicar las variaciones metodológicas propuestas.

Estas variaciones están orientadas a analizar el efecto sobre los costos de oportunidad agregados, suponiendo una implementación gradual del programa REDD+. Además, se estima, por separado, la magnitud de los costos de oportunidad positivos en que incurrirían algunos actores, y los costos de oportunidad negativos, es decir, ganancias

netas, que obtendrían otros actores participantes en el programa.

El análisis inicia con una revisión conceptual de las metodologías usadas tradicionalmente para estas valoraciones. Enseguida, se presenta el método de cálculo del costo de oportunidad en que incurren los particulares, cuando cambian el uso del suelo para reducir las emisiones. Al mismo tiempo, se describen los programas REDD+ en los países de referencia y los resultados reportados en otros trabajos. Después, se identifican los sesgos de temporalidad en la estimación en los costos y se propone un método para corregirlos, si en lugar de cambios instantáneos se incorporan al análisis cambios de uso del suelo graduales.

Por otra parte, por medio de curvas de costos marginales de abatimiento, se identifican potenciales ganadores y perdedores, cuando se aplican los programas REDD+. Una vez sintetizados los resultados, se culmina dimensionando los incentivos que el Estado debe transferir a los eventuales perdedores, a fin de que se vinculen al programa. Finalmente, se presentan las conclusiones del análisis propuesto y se dan a conocer los anexos en donde se detallan los cambios metodológicos propuestos.



## 2. Aspectos conceptuales

Los métodos de cálculo de costos de oportunidad en el enfoque de reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD+) pueden clasificarse desde tres enfoques (Richards et al., 1993 y 1997; Boucher, 2008):

1. Estudios de campo regionales, con estimaciones empíricas de costos productivos (costo por hectárea) y de densidades de carbono (toneladas de CO<sub>2</sub> por hectárea) detalladas para áreas específicas. Existen estudios sofisticados, tipo bottom-up, que generan curvas de costos a nivel de provincias (Swallow et al., 2007) o para países enteros (Indonesia, Perú y Camerún). En general, se trata de estimaciones muy precisas y muy costosas en su implementación.
2. Estimaciones basadas en áreas que, a partir de los estudios empíricos de campo, extrapolan las densidades y los costos de unas áreas a otras donde existe déficit de información, incluso suponiendo costos similares de un país a otro (Strassburg, 2008). En ocasiones, estos estudios recurren a variables de referencia como el valor de mercado y usos alternativos de la tierra o los costos de reforestar. Por lo regular, sirven para contar con estimativos generales globales o de gran región, pero tienen muy baja resolución para ser usados en entornos más locales.
3. Modelos globales, cuyo enfoque es del tipo top-down, que corresponden frecuentemente a modelos económicos de equilibrio parcial que simulan la dinámica de la economía mundial de los sectores forestal y agropecuario, entre otros que afectan el uso del suelo. Estos modelos permiten contar con curvas de costo variable en el tiempo. Los modelos más importantes son el GMT, el DIMA y el GCOMAP. Una ventaja de los métodos descendentes es la facilidad

del acceso a la información para evaluar la incidencia de las políticas sobre los precios, toda vez que evalúan el potencial económico de la intervención REDD+, a partir de variables económicas agregadas (Merger et al., 2012; Kindermann et al., 2008).

A partir del análisis de estos enfoques y de estudios previos, el World Bank Institute (WBI) y el Forest Carbon Partnership Facility (FCPF) lideraron un grupo interinstitucional que desarrolló una herramienta y un manual de análisis y evaluación de los costos de las estrategias REDD+ de país, incluyendo también la estimación de los costos de oportunidad, además de los costos de implementación y de transacción de la estrategia (Richards & Stokes, 2004; Pagiola & Bosquet, 2009; Benítez et al., 2011; WBI, FCPF & UNIQE, 2016).

La estimación de los costos de oportunidad, llevada a cabo ex ante, examina todas las combinaciones posibles de cambio de uso del suelo, mediante matrices de transición que distribuyen el área de un país por tipo de cobertura, de acuerdo con los cambios en el uso del suelo esperados. Las filas de la matriz de transición representan las coberturas al inicio del periodo analizado; mientras que las columnas representan las coberturas al final del periodo. Por tanto, cada celda muestra cuánto de la cobertura de la fila cambia a la cobertura de la columna, durante ese periodo.

El cálculo de los costos de oportunidad esperados se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Se establece una matriz de transición, para un periodo de análisis estimado para el futuro, en ausencia de la intervención del programa. Este escenario se denomina business as usual o E-BAU.

2. Se construye una matriz de transición alternativa, si se cumplen los objetivos del programa al final del periodo de análisis. Este escenario con programa se denomina E-REDD.
3. A cada tipo de cobertura, se asigna el valor de la densidad de almacenamiento de carbono, correspondiente a las especies existentes en el país. Estos factores de stock provienen de estudios de campo específicos y detallados, siguiendo el método bottom-up o, en algunos casos, pueden ser estimados por métodos analíticos y asociaciones con otros estudios (Hou, 2019).
4. Se calcula la diferencia de carbono acumulado en esa transición para cada celda de las matrices. En los casos en los cuales el suelo de bosque en el período inicial pasa, por ejemplo, a cultivos en el periodo final, la diferencia negativa, representa la cantidad de carbono liberada a la atmósfera por deforestación. Cuando se pasa, por ejemplo, de pasto en el periodo inicial a plantación forestal en el periodo final, se trata de una reforestación, lo que implica una diferencia positiva. En este caso, se remueve de la atmósfera la diferencia entre el carbono de los árboles en crecimiento y el carbono en el pasto.
5. Al agregar estas diferencias de carbono acumulado, para todas las celdas de cada matriz, se obtiene el almacenamiento de carbono total de cada escenario. La diferencia entre el almacenamiento total en el E-REDD y en el E-BAU, representa el efecto del programa en términos de reducción de emisiones o aumento del almacenamiento.

los resultados para la diferencia entre los escenarios con programa o sin él. Finalmente, esos resultados se agregan, para calcular el costo de abatimiento por tonelada de carbono.

Dado que las estimaciones de los costos de oportunidad no solo se basan en información local, sino que también se ajustan fácilmente a los marcos analíticos elaborados por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) para el cambio de uso de la tierra (IPCC, 2003) y los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2006), Boucher (2008) recomienda este enfoque ascendente para generar un análisis de ámbito nacional de los costos de oportunidad de REDD+.

El enfoque ascendente, como el que fue aplicado aquí, responde a la pregunta desde la perspectiva del país, dentro de un contexto de preparación para REDD+. Esto implica que no parte de un costo de oportunidad exógeno, como sí ocurre con los métodos descendentes y con los basados en áreas (Benítez et al., 2011).

Como cada cobertura puede asociarse con una actividad económica principal, se establece un flujo de ingresos y costos por hectárea para los agentes privados. Luego, se calcula el valor presente del resultado neto de la actividad por hectárea, a una tasa de descuento determinada. Así, para cada combinación de cambio de uso, pueden compararse

# 3. Costo de oportunidad por cambio de uso del suelo

Un agente económico particular puede mitigar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) si cambia su tecnología productiva por una de menor emisión. En el caso del sector agropecuario, debe pasar a usar el suelo en actividades con menores emisiones (o que retengan más carbono), con lo cual se evitan las emisiones que se habrían generado en su actividad usual.

El costo de oportunidad de reducir las emisiones de GEI está definido como el beneficio que obtendría un agente privado particular sin aplicar el programa de reducción de emisiones, a lo que se resta el beneficio que obtendría si aplica lo propuesto por el programa

(ecuaciones 1 y 2). El cambio de uso del suelo sería atractivo para el agente si el valor presente neto (VPN) del flujo de fondos de la nueva actividad es mayor que el de la actividad que viene realizando. Por el contrario, sería poco atractivo si el VPN del flujo de fondos de la nueva actividad es menor. En el primer caso, reducir las emisiones le resulta benéfico; en el segundo, representa un costo neto para el agente.

En términos formales, se compara el resultado del escenario del uso del suelo buscado con el programa de mitigación de emisiones REDD+ (E-REDD), frente al resultado del escenario de referencia sin el programa (escenario E-BAU).

$$CO_{ij} = VPN_i - VPN_j$$

$$CO_{ij} = \sum_{t=0}^n \left\{ \frac{(Y_{it} - C_{it})}{(1+d)^t} \right\} - \sum_{t=0}^n \left\{ \frac{(Y_{jt} - C_{jt})}{(1+d)^t} \right\}$$

- CO<sub>ij</sub>** Costo de oportunidad de cambio de uso del suelo pasando de la actividad *i* a la actividad *j*.
- VPN<sub>i</sub>** Valor presente del beneficio neto con el uso *i* del suelo en *n* años, a tasa de descuento *d*, en el E-BAU.
- VPN<sub>j</sub>** Valor presente del beneficio neto con el uso *j* del suelo en *n* años, a tasa de descuento *d*, en el E-REDD.
- Y<sub>it</sub>** Ingresos con el uso *i* del suelo en el año *t*, en el E-BAU.
- C<sub>it</sub>** Costos con el uso *i* del suelo en el año *t*, en el E-BAU.
- Y<sub>jt</sub>** Ingresos con el uso *j* del suelo en el año *t*, en el E-REDD.
- C<sub>jt</sub>** Costos con el uso *j* del suelo en el año *t*, en el E-REDD.
- n** Horizonte de tiempo (años) de la actividad productiva.

Por último, para calcular el costo marginal de oportunidad por tonelada de CO<sub>2</sub> reducida<sup>1</sup>, se contrasta la retención de carbono en el E-BAU

(uso *i* del suelo), con la retención que se obtendría en el E-REDD (uso *j* del suelo), de acuerdo con lo mostrado en la ecuación 3.

$$CMO_{ij} = \frac{CO_{it}}{(\sum_{t=0}^n S_{jt} - \sum_{t=0}^n S_{it})}$$

**CMO<sub>ij</sub>** Costo marginal de oportunidad de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, al pasar de la actividad *i* a la actividad *j*.

**S<sub>jt</sub>** Stock de CO<sub>2</sub> retenido con el uso *j* del suelo en el año *t*, en E-REDD.

**S<sub>it</sub>** Stock de CO<sub>2</sub> retenido con el uso *i* del suelo en el año *t*, en E-BAU.

A su turno, el recuadro 1 ilustra este cálculo para un ejemplo de cambio de uso del suelo en cada país objetivo. En el E-BAU, durante el período de análisis, el suelo mantiene el uso que ya tenía al inicio del periodo. En E-REDD, el uso inicial cambia a otro de menos emisiones.

En República Dominicana, por un lado, el valor presente del flujo de fondos del E-REDD resulta mayor que el del E-BAU y, por otro, la reducción de emisiones tiene un costo de oportunidad negativo. Ello equivale a una ganancia neta. A su vez, en Guatemala, el valor presente del flujo en el E-BAU es mayor que el del E-REDD, de modo que la reducción de emisiones tiene un costo de oportunidad positivo.

Para cada país en estudio, este recuadro presenta, primero, un gráfico con el flujo de fondos proyectados a 30 años (costos de inversión, costos recurrentes e ingresos) para una hectárea, en el escenario de referencia BAU; segundo, su respectivo valor presente neto (correspondiente a VPN<sub>i</sub> en la ecuación 1); tercero, la cantidad de carbono retenida durante el período (correspondiente a la sumatoria de S<sub>i</sub> durante 30 años, según la ecuación 3).

De manera análoga, para cada país se presenta también la gráfica del flujo de fondos para la misma hectárea en el escenario alternativo REDD, junto con su respectivo valor presente neto (VPN<sub>j</sub>, según la ecuación 1). Además, se presenta el carbono retenido durante ese mismo período (lo que equivale a la sumatoria de S<sub>j</sub>, según la ecuación 3).

1. En adelante al mencionar costos por tonelada se entenderá que se trata del costo por tonelada de emisiones de CO<sub>2</sub> reducida o evitada.

**Recuadro 1. Ejemplos de costo de oportunidad al reducir emisiones de CO2 con cambios en uso del suelo**

República Dominicana	
<p><b>E-BAU. El uso del suelo en cultivo no leñoso se mantiene durante el periodo de análisis.</b>  <b>E-REDD. El uso del suelo cambia de cultivo no leñoso a agroforestal-café en el mismo periodo.</b></p>	
<p>VPNcultivos (d = 10 %) = 857 USD / ha                      Scultivos = 0,00 toneladas de CO2 / ha</p>	<p>VPNcafé (d = 10 %) = 26 593 USD / ha                      Scafé = 38,13 toneladas de CO2 / ha</p>
<p><b>Costo de oportunidad desde cultivo no leñoso hacia agroforestales tal-café (por hectárea y por tonelada)</b></p>	
<p>COcultivos-café = VPNcultivos - VPNcafé = -25 736 USD / ha*</p>	
<p>CMOcultivos-café = COcultivos-café / (Scafé - Scultivos) = -675 USD / ton de CO2**</p>	
Guatemala	
<p><b>E-BAU. El uso del suelo en pastos se mantiene durante el periodo de análisis.</b>  <b>E-REDD. El uso del suelo cambia de pastos a plantación de coníferas en el mismo periodo.</b></p>	
<p>VPNpasto (d=10 %) = 3 975 USD / ha                      Spasto = 5,00 toneladas de CO2 / ha</p>	<p>VPNconif (d=10 %) = 725 USD / ha                      Sconif = 16,25 toneladas de CO2 / ha</p>
<p><b>Costo de oportunidad desde pastos hacia plantación de conífera (por hectárea y por tonelada)</b></p>	
<p>COpasto-conif = VPNpasto - VPNconif = 3250 USD / ha*</p>	
<p>CMOpasto-conif = COpasto-conif / (Sconif - Spasto) = 289 USD / tonelada de CO2**</p>	

\* Calculado a partir de las ecuaciones 1 y 2.

\*\* Calculado a partir de la ecuación 3. Un costo de oportunidad negativo implica un beneficio neto por hectárea y por tonelada. Por el contrario, uno positivo significa que existe un costo neto por tonelada y por hectárea.

# 4. Costo de oportunidad en Guatemala y República Dominicana

Para calcular el costo de oportunidad para el país, se parte de una proyección de los cambios en el uso del suelo en el E-BAU, para un horizonte de cinco años, usando la tendencia de los años previos. Luego, para el mismo período, se estiman los cambios que se lograrían si se aplican las medidas en el E-REDD. Las tablas 1 y 2 sintetizan estos escenarios, tanto en las áreas cuyo uso del suelo va a cambiar, como en la reducción esperada de emisiones<sup>2</sup>.

En la primera y segunda columna de las tablas 1 y 2 se describen, para los dos países, las coberturas de uso del suelo al inicio y al final del período de análisis (cinco años). En la tercera columna, se indican los cambios proyectados de uso del suelo (medidos en hectáreas), pasando de la cobertura inicial a la cobertura final, en el escenario tendencial de referencia, es decir, en el escenario BAU, si no se aplican las medidas propuestas por el programa REDD+.

A su vez, en la cuarta columna, se indican los cambios proyectados en el escenario REDD alternativo (medidos en hectáreas), los cuales resultarían efectivos si se lograran los objetivos de evitar el escenario tendencial de referencia y, en su lugar, se consiguen los usos del suelo propuestos en el programa REDD+.

Por último, la quinta columna presenta el cambio en retención de carbono, en el paso del escenario BAU al escenario REDD, expresado en términos de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas por haber alcanzado las metas del programa. En ambos casos, en la actualidad, cada país se encuentra negociando con los organismos multilaterales un diseño específico de programa de acciones para lograr estas metas.

---

2. Una descripción más detallada de cada uno de los cambios de uso del suelo, así como de los factores retención de CO<sub>2</sub> aplicados a cada cobertura, puede consultarse en los Anexos 1 y 2. Allí se presenta el aplicativo REDD+ Cost Element Assessment Tool, versión 1.2 (WBI, FCPF & UNIQUE, 2016) usado para este trabajo, con algunos componentes adicionales.



Tabla 1. Programa REDD+ en República Dominicana, proyectado a cinco años.

USO INICIAL DEL SUELO	Uso final del suelo	Cambio de área según escenario (hectáreas) (Final menos Inicial)		Emissiones evitadas (toneladas de CO <sub>2</sub> )
		EN BAU	EN REDD	(BAU-REDD)
<b>BOSQUE HÚMEDO, CON DEGRADACIÓN</b>	Bosque húmedo, con degradación	113 436	-	-
	Bosque húmedo, no degradado	-	125 890	187 201
	Cultivos no leñosos	3 144	-	617 025
	Pastos	5 270	-	1 034 192
	Vegetación leñosa	4 040	-	784 853
<b>BOSQUE SECO, CON DEGRADACIÓN</b>	Bosque seco, con degradación	59 882	-	-
	Bosque seco, no degradado	-	63 936	95 074
	Cultivos no leñosos	571	-	112 024
	Pastos	957	-	187 763
	Vegetación leñosa	2 526	-	490 832
<b>CONÍFERAS, CON DEGRADACIÓN</b>	Coníferas, con degradación	34 109	-	-
	Coníferas, no degradado	-	35 874	53 345
	Cultivos no leñosos	462	-	90 665
	Pastos	744	-	151 963
	Vegetación leñosa	528	-	102 640
<b>PASTOS</b>	Pastos	81 505	-	-
	Bosque húmedo restaurado/ reforestado	-	34 582	1 339 742
	Bosque seco restaurado/ reforestado	-	17 563	680 417
	Coníferas restaurado/ reforestado	-	9 855	381 771
	Silvopastoril	-	19 505	444 702
<b>CULTIVOS NO LEÑOSOS</b>	Cultivos no leñosos	27 000	-	-
	Agroforestal-cacao	-	15 000	572 000
	Agroforestal-café	-	12 000	457 600
<b>Cambio total del uso del suelo, según escenario</b>		<b>334 205</b>	<b>334 205</b>	<b>7 783 808</b>

Fuente: elaboración propia, con base en Econometría (2019).

Tabla 2. Programa REDD+ en Guatemala, proyectado a cinco años

USO INICIAL DEL SUELO	Uso final del suelo	Cambio de área según escenario (hectáreas) (Final menos Inicial)		Emisiones evitadas (toneladas de CO <sub>2</sub> ) (BAU-REDD)
		EN BAU	EN REDD	
<b>BOSQUE ESTABLE</b>	Bosque estable	-	113 323	-
	Bosques o plantaciones degradadas	39 766	-	2 213 117
	Cultivos	16 172	-	1 652 232
	Pastos y árboles dispersos	53 515	-	5 498 758
	Rastrojo, barbecho o en descanso	3 872	-	397 957
<b>PLANTACIÓN FORESTAL ESTABLE</b>	Plantación forestal estable	-	503	28 071
	Bosques o plantaciones degradadas	503	-	-
	Rastrojo, barbecho o en descanso	-	-	-
<b>BOSQUES O PLANTACIONES DEGRADADOS</b>	Bosques o plantaciones degradados	29 055	-	-
	Bosques o plantaciones restaurados	-	29 055	512 812
<b>CULTIVOS</b>	Cultivos	1 250	-	-
	Sistemas agroforestales	-	1 250	28 625
<b>PASTOS Y ÁRBOLES DISPERSOS</b>	Pastos y árboles dispersos	36 267	-	-
	Plantación forestal estable	-	-	-
	Plantación forestal en crecimiento	-	28 767	179 793
	Sistemas agroforestales	-	2 500	58 500
	Sistemas silvopastoriles	-	5 000	89 000
<b>RASTROJO, BARBECHO O EN DESCANSO</b>	Rastrojo, barbecho o en descanso	4 127	-	-
	Plantación forestal en crecimiento	-	2 877	17 260
	Sistemas agroforestales	-	1 250	27 219
<b>Cambio total del uso del suelo, según escenario</b>		<b>184 525</b>	<b>184 525</b>	<b>10 703 344</b>



Aplicando el método descrito en la sección anterior, se calculó el costo de oportunidad por hectárea para cada cambio de uso del suelo, expandiendo al total de hectáreas que tuvo dicho cambio y contrastando los beneficios netos entre el E-BAU y el E-REDD.

Adicionalmente, con la información disponible sobre los costos de aplicación de las acciones REDD+ por parte de las entidades ejecutoras de los programas en cada uno de los países, se obtuvieron los resultados totales que se describen en la tabla 3.

**Tabla 3.** Costos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en cinco años, para República Dominicana y Guatemala

Concepto	República Dominicana	Guatemala
<b>REDUCCIÓN TOTAL DE EMISIONES</b>	7,8	10,7
<b>(MILLONES DE TONELADAS DE CO<sub>2</sub>)</b>	<b>-231</b>	159
<b>COSTO DE OPORTUNIDAD TOTAL (PÉRDIDA</b>	118	93
<b>DE BENEFICIOS AL PASAR DE BAU A REDD+,</b>	<b>-29,7</b>	14,9
<b>EN MILLONES DE USD)</b>	15,2	8,7
<b>COSTO TOTAL DE ACCIONES REDD+</b>	<b>-14,5</b>	23,6

**Fuente:** elaboración propia con base Econometría (2019) y Econometría (2019a).

La situación para los dos países resulta sustancialmente distinta, tal como se describe a continuación:

- En Guatemala, reducir 10,7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (pasando del E-BAU al E-REDD mediante cambios en el uso del suelo) implica un costo para los productores de 14,9 USD/tonelada de CO<sub>2</sub>. Al sumar a este resultado los 8,7 USD/ton en que incurrirían las autoridades para implementar el programa, se tiene un costo total 23,5 USD/ton para todo el país.
- En República Dominicana, para reducir 7,8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> las acciones REDD+ implicarían un costo de 15,2

USD/tonelada de CO<sub>2</sub>. Pero los productores que asuman los cambios del uso del suelo obtendrían, en promedio, una ganancia neta de 29,7 USD/tonelada de CO<sub>2</sub>. En total, el país obtendría una ganancia neta de 14,5 USD/tonelada de CO<sub>2</sub>, al implementar el programa REDD+.

# 5. Gradualidad en cambios de uso del suelo y su efecto sobre los costos de oportunidad

El método descrito en las secciones previas estima los costos de oportunidad, asumiendo que en el E-REDD+ se darían las reducciones totales de emisiones indicadas allí, de manera homogénea, durante el período del programa. En este método tradicional, se asume, entonces, en ambos escenarios y de manera implícita, un cambio instantáneo entre las coberturas inicial y final, cada una con su propio flujo de ingresos y costos<sup>3</sup>.

Por el contrario, en esta sección, primero, se asume un cambio gradual en los usos del suelo y, segundo, se analiza el efecto de esta perspectiva sobre la estimación de los costos de oportunidad. En lugar de comparar la situación inicial y la final del uso del suelo en cada escenario, como si el cambio se diera de manera instantánea, aquí se asume que sucede de manera gradual durante los cinco años del programa.

Se ilustra este efecto retomando el ejemplo del cambio de cultivos no leñosos al sistema agroforestal de café en República Dominicana (recuadro 1). Como se observa en la tabla 1, en la situación inicial

se identifica un área de cultivos no leñosos<sup>4</sup>. A los cinco años, en el E-BAU, el área inicial de estos cultivos se incrementaría en 27.000 hectáreas. En contraste, en el E-REDD, se asume que, a los cinco años, parte de estos cultivos no leñosos (12.000 hectáreas) cambiarían al sistema agroforestal de café<sup>5</sup>, lo que generaría una reducción de 457.600 toneladas de CO<sub>2</sub> (equivalentes a 38,13 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectárea).

Según el recuadro 1, en los próximos 30 años, en el escenario REDD, cada hectárea del sistema agroforestal de café generaría un valor presente neto de 26.593 USD. Al contrastar este beneficio con el que se generaría al mantener esta hectárea en cultivos no leñosos en el escenario BAU (857 USD/ha), se obtiene un beneficio (o costo negativo) de 25.736 USD/ha, lo cual equivale a un beneficio neto (o costo negativo) de 675 USD por tonelada de emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas.

Una aproximación distinta se ilustra en el recuadro 2 (sección I), donde se presenta con más detalle el flujo de ingresos y costos del sistema agroforestal de café, descrito en el recuadro 1. Pero ahora, en la

---

3. Para estos cálculos iniciales, se usó la herramienta REDD+ Cost Element Assessment Tool, versión 1.2 (WBI, FCPF & UNIQUE, 2016) en su diseño original. Tanto para el escenario como para el REDD+, se ingresan los flujos de ingresos y costos por hectárea de cada uso del suelo. El sistema calcula el costo de oportunidad (o beneficio) de cada cambio de uso del suelo (del uso inicial al final) como la diferencia entre el valor presente neto del uso final y el correspondiente al del uso inicial.

---

4. Aquí se omiten estas áreas iniciales, pero la información se encuentra detallada en los Anexos 1 y 2.

5. Las otras 17.000 hectáreas adicionales de cultivos no leñosos en E-BAU, se asume que pasarían en E-REDD a sistemas agroforestales de cacao.



sección II del recuadro 2, se supone una situación alterna, en la que no todas las hectáreas previstas en el escenario REDD se instalan desde el primer año del programa.

Para ilustrar esta gradualidad, se asumen, inicialmente, cinco cohortes de una hectárea cada una, desde el año cero hasta el cuarto año. A partir de ello, en cada cohorte se obtiene un beneficio neto anual con el respectivo rezago. De esta forma, promediando los valores anuales del flujo neto de

cada cohorte, se obtiene un flujo promedio por hectárea, que refleja los respectivos rezagos, con un valor presente de 21.719 USD/ha, es decir, 4.874 USD menos que el primer cálculo sin rezagos (recuadro 2, sección II).

Con estos resultados, suponiendo un crecimiento a cinco años también escalonado de los cultivos no leñosos en el E-BAU, el beneficio neto por reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> desciende de 675 USD por tonelada de CO<sub>2</sub> hasta 551 USD por cada tonelada de CO<sub>2</sub>.

## Recuadro 2. Gradualidad el cambio de uso del suelo y su efecto sobre beneficios

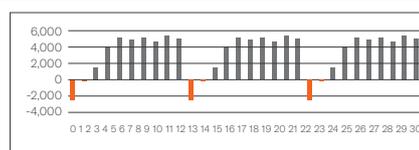
### Agroforestal de café – Escenario REDD en República Dominicana

#### I. Flujo de fondos por hectárea instalada a partir del año inicial (tomado del recuadro 1)

##### USD constantes por hectárea

Año	0	1	2	3	4	5	6	...	10	11	12	...	20	21	22	...	29	30
Inversión	2534	278	278	-	-	-	-	...	2534	278	278	...	2534	278	278	...	-	-
Costo anual	-	743	922	1290	1588	1620	1588	...	-	743	922	...	-	743	922	...	1620	1620
Ingresos	-	853	2560	5333	6400	6400	6400	...	-	853	2560	...	-	853	2560	...	6400	6400
Flujo neto	2534	-168	1360	4043	4813	4781	4813	...	-2534	-168	1360	...	-2534	-168	1360	...	4781	4781

VPN (d=10%) = 26 593 USD/ha

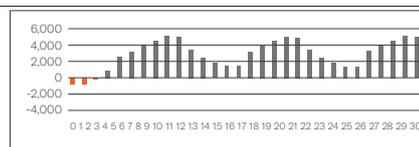


#### II. Flujo de fondos para una hectárea instalada escalonadamente (cinco cohortes)

##### USD constantes por hectárea

Año	0	1	2	3	4	5	6	...	10	11	12	...	20	21	22	...	29	30
Inversión	2534	278	278	-	-	-	-	...	2534	278	278	...	2534	278	278	...	-	-
Costo anual	-	743	922	1290	1588	1620	1588	...	-	743	922	...	-	743	922	...	1620	1620
Ingresos	-	853	2560	5333	6400	6400	6400	...	-	853	2560	...	-	853	2560	...	6400	6400
Flujo neto	2534	-168	1360	4043	4813	4781	4813	...	-2534	-168	1360	...	-2534	-168	1360	...	4781	4781
Cohorte 1	2534	-168	1360	4043	4813	4781	4813	...	-2534	-168	1360	...	-2534	-168	1360	...	4781	4781
Cohorte 2	-	-2534	-168	1360	4043	4813	4781	...	4781	-2534	-168	...	4781	-2534	-168	...	5185	4781
Cohorte 3	-	-	-2534	-168	1360	4043	4813	...	5185	4781	-2534	...	5185	4781	-2534	...	4408	4781
Cohorte 4	-	-	-	-2534	-168	1360	4043	...	4408	5185	4781	...	4408	5185	4781	...	4813	5185
Cohorte 5	-	-	-	-	-2534	-168	1360	...	4813	4408	5185	...	4813	4408	5185	...	4781	4408
Flujo neto promedio (5 Cohortes)	-507	-540	-268	540	1503	2966	3962	...	3330	2334	1725	...	3330	2334	1725	...	4793	4793

VPN5c (d=10%) = 21 719 USD/ha



Costo de oportunidad con cinco cohortes (por hectárea y por tonelada de CO2)	
Valor presente neto de cultivos no leñosos (E-BAU) en cinco cohortes*	Valor presente neto de agroforestal-
VPNcultivos-5c = 707 USD/ha	VPNcafé-5c = 21 719 USD/ha
Costo de oportunidad desde cultivos no leñosos a agroforestal – café (con 5 cohortes) COcultivos-5c, café-5c = VPNcultivos-5c - VPNcafé-5c = US\$-21 012/ha**	
CMOcultivos-5c, café-5c = COcultivos-5c, café-5c / (Scafé - Scultivos) = US\$-551/tCO2***	
Conclusión: El beneficio por reducción de emisiones pasa de 675 USD / tonelada de CO2 con cambio instantáneo (recuadro 1) a 551 USD / toneladas de CO2 con cambio gradual en cinco cohortes (recuadro 2).	

\* Se asume que el incremento del área de cultivos no leñosos en el E-BAU se daría también de manera gradual, en cinco cohortes, lo que arroja este nuevo VPN (en contraste con el indicado en el Recuadro 1).

\*\* Calculado a partir de las ecuaciones 1 y 2.

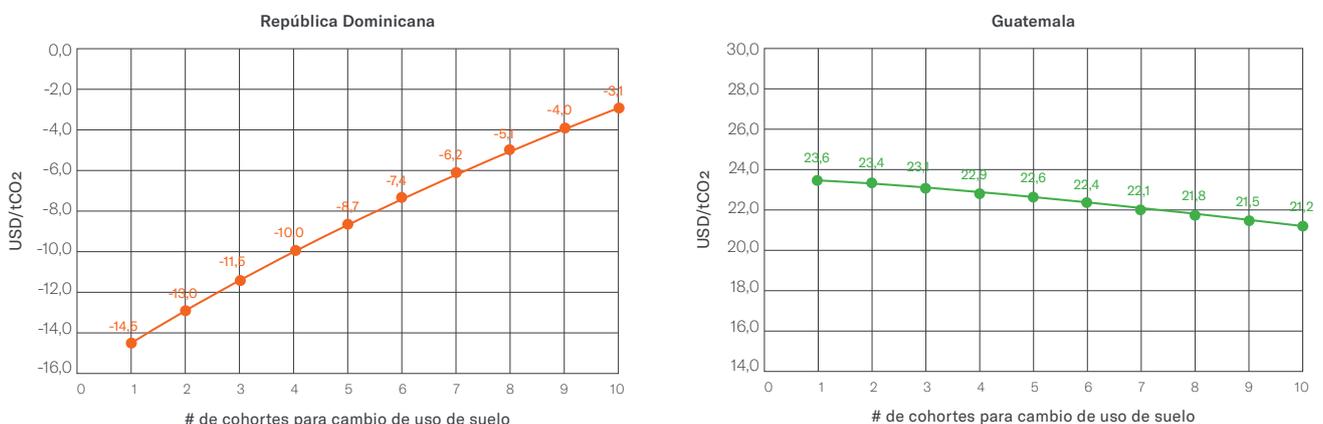
\*\*\* Calculado a partir de la ecuación 3.

Fuente: elaboración propia con base en Econometría (2019 y 2019a).

Con este supuesto de escalonamiento en cambios de uso el suelo (E-REDD frente a E-BAU), se procedió a analizar la sensibilidad de los costos

de oportunidad de reducción de emisiones por tonelada a las variaciones, al cambiar el supuesto del número de cohortes (figura 1).

Figura 1. Sensibilidad de los costos de oportunidad de reducción de emisiones al número de cohortes en el cambio de los usos del suelo (USD/tonelada de CO2)



Fuente: elaboración propia con base en Econometría (2019 y 2019a).



Como se observa en este análisis de sensibilidad, el efecto de los rezagos en los cambios de uso del suelo no afecta siempre en la misma dirección los costos de oportunidad de la reducción de emisiones. En efecto, al ampliar desde una sola cohorte hasta 10 cohortes, el costo de oportunidad en República Dominicana se incrementa significativamente. Con una sola cohorte, el beneficio por emisiones evitadas (costo negativo) es de 14,5 USD / tonelada de CO<sub>2</sub>.

Al considerar cinco cohortes, el beneficio se reduce a 8,7 USD / tonelada de CO<sub>2</sub>, es decir el 60% del beneficio con una cohorte; mientras que, si se llega a diez cohortes, el beneficio se reduce a 3,1 USD / tonelada de CO<sub>2</sub>, cerca del 20% del beneficio calculado para una cohorte. En otras palabras, con cinco cohortes, el costo se incrementa en 40%; y con diez cohortes, en cerca del 80%.

Para Guatemala, el resultado es inverso y de menor magnitud. Con una sola cohorte, el costo de oportunidad es 23,6 USD/tonelada de CO<sub>2</sub>. Con cinco cohortes anuales, el costo se reduce en menos del 5%, en comparación con el costo sin cohortes. Por último, si se consideran diez cohortes anuales, el costo se reduce en 10% en comparación con la situación de una sola cohorte.

## 6. Curva de costos de abatimiento: quiénes ganan y quiénes pierden con los cambios en uso del suelo

Una curva de costos marginales de abatimiento, primero, ordena distintas alternativas de reducción de emisiones, de menor a mayor costo marginal y, segundo, las relaciona con el potencial de reducción de tales emisiones, asociado a cada alternativa. En una estrategia REDD+, disponer de una curva de costos marginales de abatimiento de emisiones que ordene el costo marginal y el potencial de reducción de cada componente es de utilidad para tomar decisiones informadas. De esta forma, frente a las distintas alternativas de cambio de uso del suelo, propuestas por un programa REDD+, esta curva permite analizar las distintas opciones, de acuerdo con su potencial relativo de reducción de emisiones y con el costo marginal de cada opción<sup>6</sup>.

Como se señaló, en el caso de República Dominicana el costo de oportunidad promedio del programa REDD+, antes de contabilizar los costos de implementar las acciones propiamente dichas, resultó negativo. Es decir, reducir las emisiones genera una ganancia para los usuarios del suelo

que se comprometan con los cambios propuestos por el REDD+, con un valor promedio de 8,7 USD por tonelada de emisión de CO<sub>2</sub> evitada<sup>7</sup>.

Ahora bien, esta conclusión es cierta solamente para cuatro de las ocho opciones de cambio de uso del suelo, diseñadas por el programa. Como se observa en la figura 2, pasar de cultivos no leñosos (transitorios) a sistemas agroforestales de café y cacao, en el largo plazo, genera un incentivo virtuoso para los particulares. Este cambio representa potenciales ingresos mayores, equivalentes a valores entre 675 USD y algo más de 700 USD por tonelada de emisiones de CO<sub>2</sub> reducidas.

A aquellas opciones de cambio, se suman otras dos, cuyos costos de oportunidad son también negativos (es decir, con beneficios netos positivos): evitar la degradación del bosque y pasar de pastos a sistemas de producción silvopastoriles, con beneficios netos equivalentes a 100 USD por tonelada de CO<sub>2</sub> y cerca de 180 USD por tonelada de CO<sub>2</sub>.

---

6. En esta sección se trabaja con una simplificación de cambios de uso, agrupando distintas combinaciones con efectos similares y con costos de oportunidad equivalentes. Una presentación desagregada puede consultarse en los Anexos 1 y 2.

---

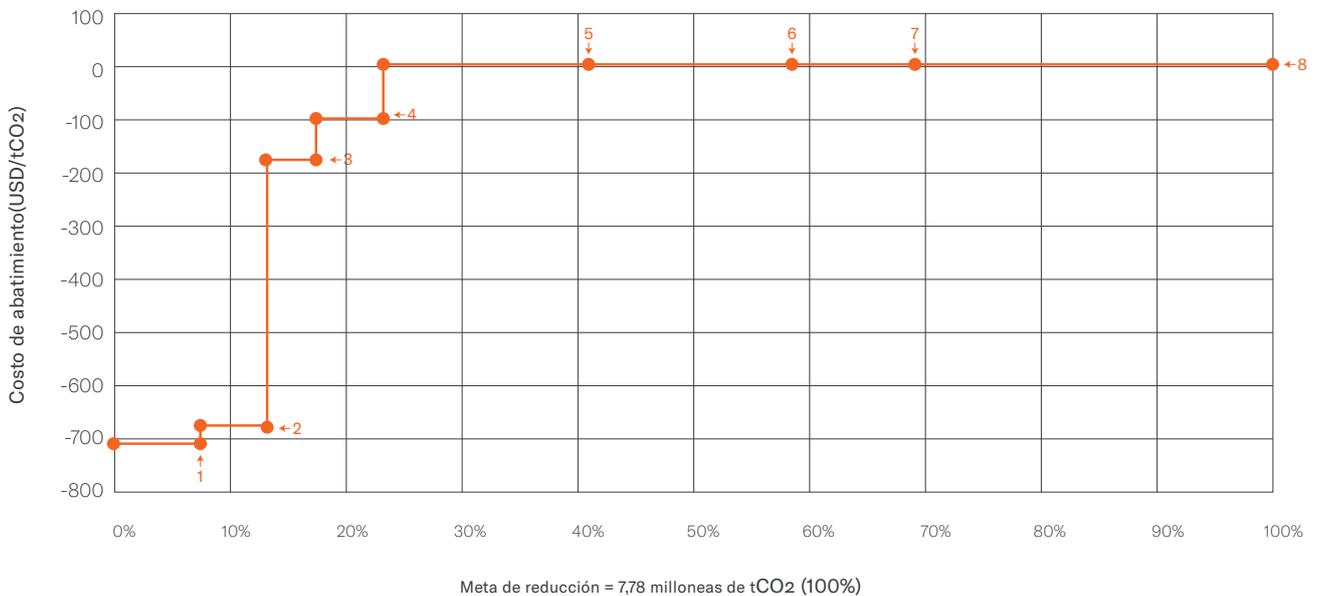
7. Mientras no se indique lo contrario, los valores indicados en esta sección equivalen a cálculos de costos de oportunidad correspondientes a transiciones de uso del suelo con rezagos a cinco años.



Sin embargo, estas cuatro opciones, que son más atractivas para los particulares porque representan beneficios netos, tienen una restricción: de acuerdo con las metas planteadas a cinco años y con las acciones REDD+ previstas, solo alcanzaría para menos de la cuarta parte de la meta fijada de reducir 7,78 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> en total, en cinco años. Las otras alternativas seleccionadas, con costos marginales positivos, tendrían bajo su responsabilidad la reducción de las otras tres cuartas partes de la meta.

Tres de aquellas opciones tienen que ver con evitar la deforestación total de bosques ya en proceso de degradación, que pasarían en el E-BAU a cultivos permanentes (leñosos) o transitorios (no leñosos) o a pastos. Estas tres alternativas, con costos entre 1,4 y 5,8 USD/ton, aportarían algo más del 45% de la meta esperada. Finalmente, la alternativa más costosa (9,4 USD/tonelada de CO<sub>2</sub>) sería la reforestación de áreas cuyo uso actual es pastos, a la cual se asigna algo más de 30% de la reducción total esperada.

**Figura 2.** Curva de costo marginal de oportunidad al reducir emisiones de CO<sub>2</sub> mediante REDD+, para República Dominicana

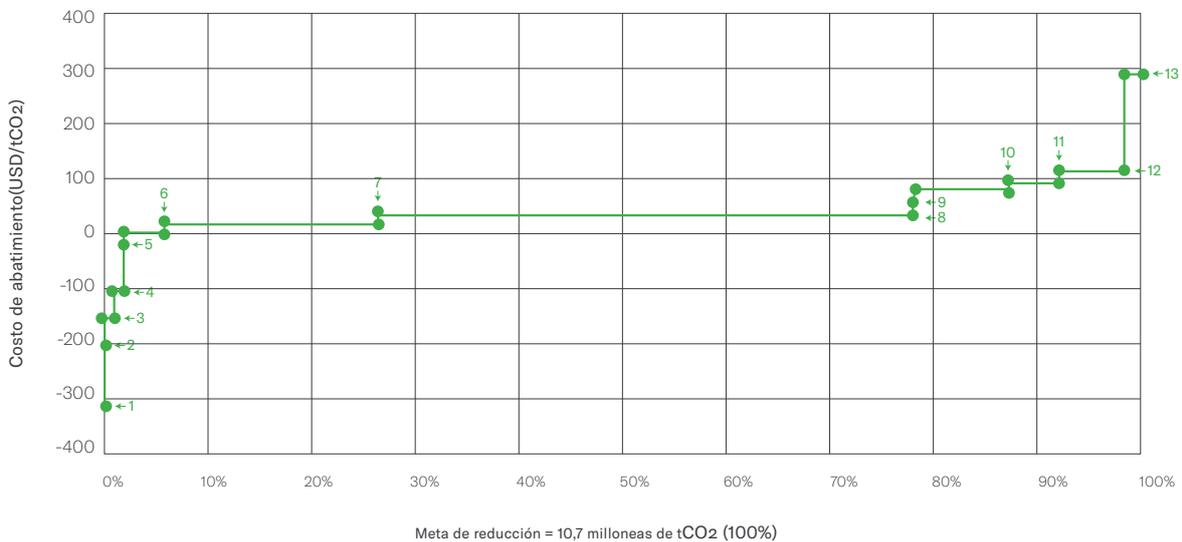


Etiqueta	Proyecto REDD+	Reducción de Emisiones (tCO <sub>2</sub> )	Caso Marginal (USD/tCO <sub>2</sub> )
1	De: Cultivos no leñosos A: Agroforestal (Cacao) [En BAU, A: Cultivos no leñosos]	572 000	-706,4
2	De: Cultivos no leñosos A: Agroforestal (Café) [En BAU, A: Cultivos no leñosos]	457 600	-674,9
3	De: Bosque con degradación A: Bosque no degradado [En BAU, A: Bosque con degradación]	335 619	-178,2
4	De: Pastos A: Silvopastoril [En BAU, A: Pastos]	444 702	-100,6
5	De: Bosque con degradación A: Bosque con degradación [En BAU, A: Vegetación leñosa]	1 378 325	1,4
6	De: Bosque con degradación A: Bosque con degradación [En BAU, A: Pastos]	1 373 918	2,5
7	De: Bosque con degradación A: Bosque con degradación [En BAU, A: Cultivos no leñosos]	819 714	5,8
8	De: Pastos A: Bosque restaurado/reforestado [En BAU, A: Pastos]	2 401 930	9,4
<b>Total meta de reducción = 7 783 808</b>			

Ahora bien, los resultados para Guatemala son sustancialmente distintos (figura 3). Allí, en promedio, el costo de oportunidad estaría en 14 USD/toneladas de CO<sub>2</sub>. Cinco de las trece opciones de cambios de uso del suelo propuestas por el REDD+ arrojarían beneficios positivos (16-317 USD/ton). Pero estas opciones, que incluyen

tanto evitar la degradación e instalar plantaciones forestales, como pasar pastos y rastrojos, hacia sistemas silvopastoriles y agroforestales, solo alcanzarían a contribuir con alrededor del 2% de la meta programada de reducción de 10,7 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> en cinco años.

**Figura 3.** Curva de costo marginal de oportunidad al reducir emisiones de CO<sub>2</sub> mediante REDD+, para Guatemala





Etiqueta	Proyecto REDD+	Reducción de Emisiones (tCO <sub>2</sub> )	Caso Marginal (USO/tCO <sub>2</sub> )
1	De: Rastrojo A: Sistemas agroforestales [En BAU, A: Rastrojo]	27 219	-317,1
2	De: Rastrojo A: Plantación forestal en crecimiento [En BAU, A: Rastrojo]	17 260	-203,6
3	De: Pastos y/o árboles dispersos A: Sistemas agroforestales [En BAU, A: Pastos y/o árboles dispersos]	58 500	-155,0
4	De: Pastos y/o árboles dispersos A: Sistemas silvopastoriles [En BAU, A: Pastos y/o árboles dispersos]	89 000	-106,9
5	De: Plantación forestal estable A: Plantación forestal estable [En BAU, A: Bosque/plantación degradados]	28 071	-16,0
6	De: Bosque estable A: Bosque estable [En BAU, A: Bosque/plantación degradados]	397 957	0,7
7	De: Bosque estable A: Bosque estable [En BAU, A: Bosque/plantación degradados]	2 213 117	20,3
8	De: Bosque estable A: Bosque estable [En BAU, A: Pastos y/o árboles dispersos]	5 498 758	30,3
9	De: Granos y hortalizas A: Sistemas agroforestales [En BAU, A: Granos y hortalizas]	28 625	53,4
10	De: Bosque estable A: Bosque estable [En BAU, A: Granos y hortalizas]	972 399	78,7
11	De: Bosque/plantación degradados A: Bosque/plantación restaurados [En BAU, A: Bosque/plantación degradados]	512 812	92,6
12	De: Bosque estable A: Bosque estable [En BAU, A: Cultivos permanentes]	679 834	110,3
13	De: Pastos y/o árboles dispersos A: Plantación forestal en crecimiento [En BAU, A: Pastos y/o árboles dispersos]	179 793	290,6
<b>Total meta de reducción = 10 703 344</b>			

Fuente: elaboración propia con base en Econometría (2019 y 2019a).

En contraste, dos opciones con costos netos efectivos que oscilan entre los 20 y los 30 USD/tonelada de CO<sub>2</sub>, que se refieren a evitar la degradación y la deforestación de bosques naturales, contribuirían con más del 70% de la meta establecida. Y las propuestas restantes son sustancialmente más costosas:

1. Instalar sistemas agroforestales (53 USD/tonelada de CO<sub>2</sub>), con una muy marginal contribución a la meta.
2. Evitar deforestación de bosques y plantaciones, con costos que oscilan entre 79 y 93 USD por tonelada y una contribución del 14% de la meta.
3. Evitar la deforestación de bosques naturales para instalar cultivos permanentes (110 USD/tonelada de CO<sub>2</sub>), lo que contribuye con el 6% de la meta.
4. La más costosa de todas, la reforestación de pastos y otras coberturas vegetales (290 USD/tonelada de CO<sub>2</sub>), lo que contribuye con apenas el 1,7% de la meta.

Las figuras 4 y 5 presentan la distribución del costo marginal de abatimiento entre los ganadores, los perdedores y el Estado. Para cada país, se presentan los costos de oportunidad para los particulares (sección b de cada figura); los costos para el Estado al implementar el programa REDD (sección c); y los costos para el total de la economía, es decir, los costos para los particulares, sumados a los costos para el Estado (sección a). Cada gráfica presenta el resultado según número de cohortes con las que se implemente el programa (eje horizontal), comparando dos situaciones:

- Análisis económico: cuando los cambios deficitarios se compensan con cambios superavitarios (línea marrón).
- Análisis financiero: cuando los cambios superavitarios deben ser incentivados por el Estado para garantizar la participación (línea verde).

Para República Dominicana (figura 4), el beneficio marginal para los particulares (costo de oportunidad negativo) oscila entre los 29,7 USD/tonelada (una sola cohorte) y los 18,2 USD/tonelada de CO<sub>2</sub> (diez cohortes). Para Guatemala (figura 5) el costo marginal de abatimiento para los particulares (costo de oportunidad positivo) pasaría de 14,9 USD/tonelada (una sola cohorte) a 12,6 USD/tonelada de CO<sub>2</sub> (diez cohortes).

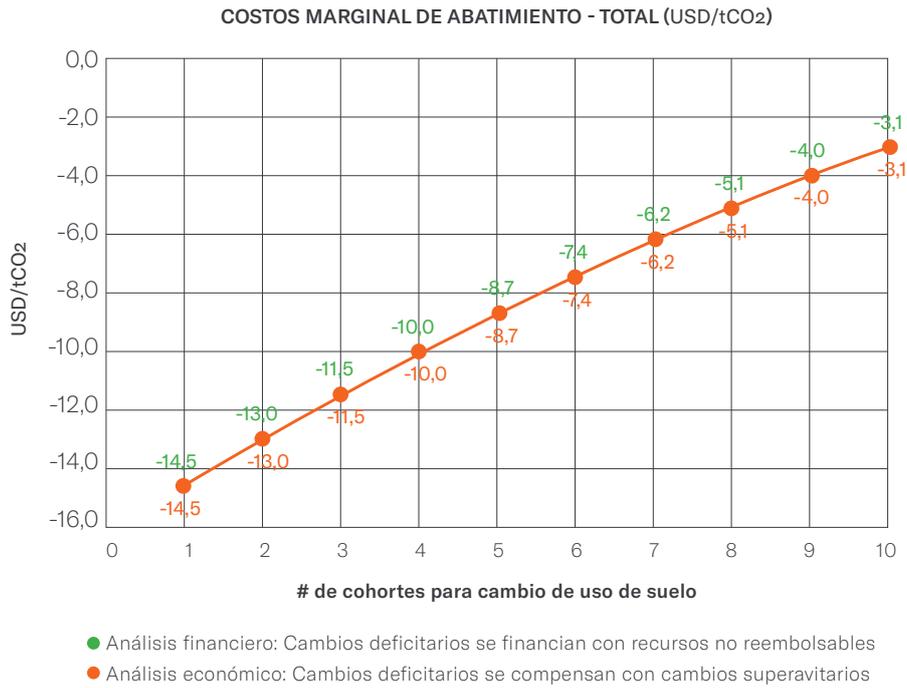
En la misma figura se muestra cuál sería el resultado, desde el punto de vista financiero, si se considera únicamente a los particulares que efectivamente tienen un incentivo intrínseco, porque obtienen ganancias al aplicar el cambio de uso propuesto. En República Dominicana, al no considerar que los beneficios netos de unos particulares compensan las pérdidas de otros (los deficitarios), las ganancias de los superavitarios se incrementan, de modo que pasan a un rango de 32,0-20,1 USD/tonelada de CO<sub>2</sub>. Algo equivalente sucedería en Guatemala: al no considerar los cambios deficitarios, se tendría un costo de oportunidad negativo, es decir, una ganancia positiva entre 2,3 y 1,1 USD/tonelada de CO<sub>2</sub>.

**Figura 4.** Distribución del costo marginal de abatimiento entre ganadores, perdedores y el Estado,

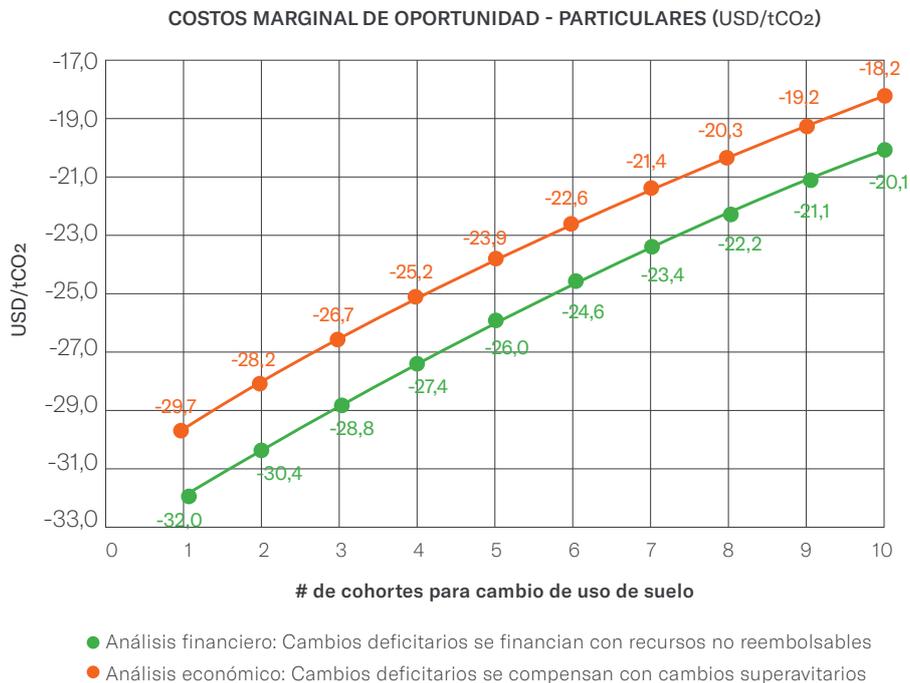


para República Dominicana

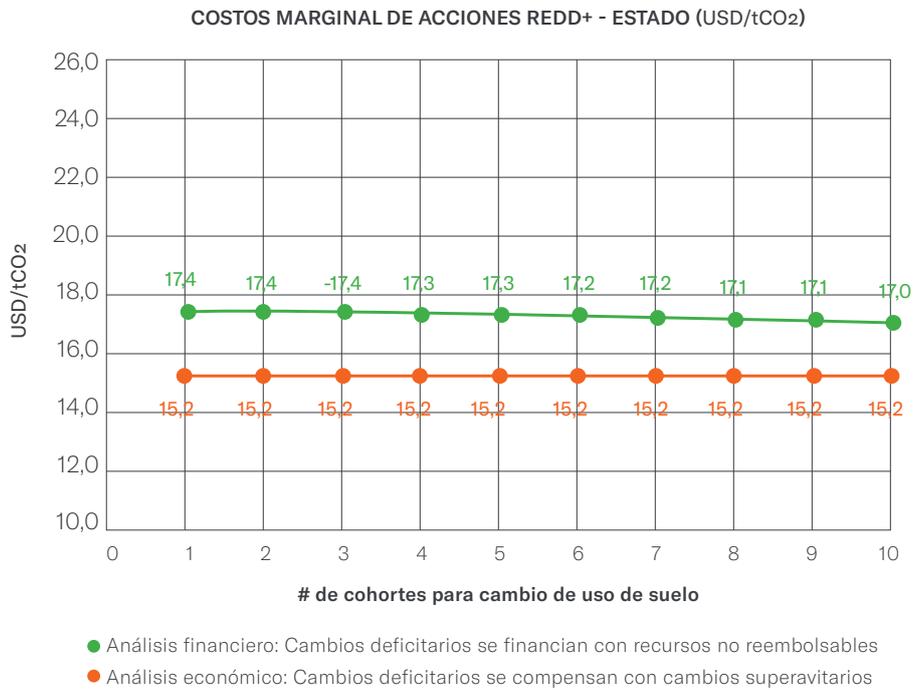
### A. Costo de abatimiento para la economía en su conjunto



### B. Costo de abatimiento para los particulares



**C. Costo de abatimiento del estado para el programa**



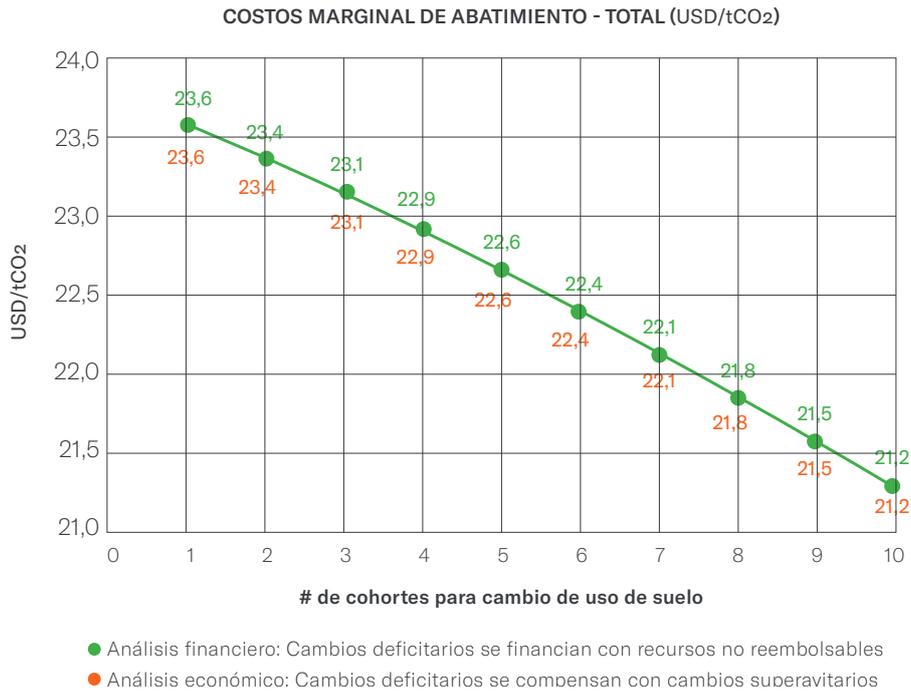
Fuente: elaboración propia con base en Econometría (2019 y 2019a).

Para que los agentes deficitarios adopten los cambios de uso del suelo previstos por el programa REDD+, el déficit generado debe ser cubierto con recursos no reembolsables suministrados por el programa. Esto se refleja en la parte inferior derecha de las gráficas, donde la diferencia entre las curvas representa el apoyo mínimo que tendría que entregar el Estado para generar el incentivo para participar. En República Dominicana, este incentivo estaría en el rango de 2,2 USD/tonelada de CO<sub>2</sub> (una cohorte) a 1,8 USD /tonelada de CO<sub>2</sub> (diez cohortes) y, en Guatemala, se encontraría en el rango de 17,2 (una cohorte) a 13,7 USD /tonelada de CO<sub>2</sub> (diez cohortes).

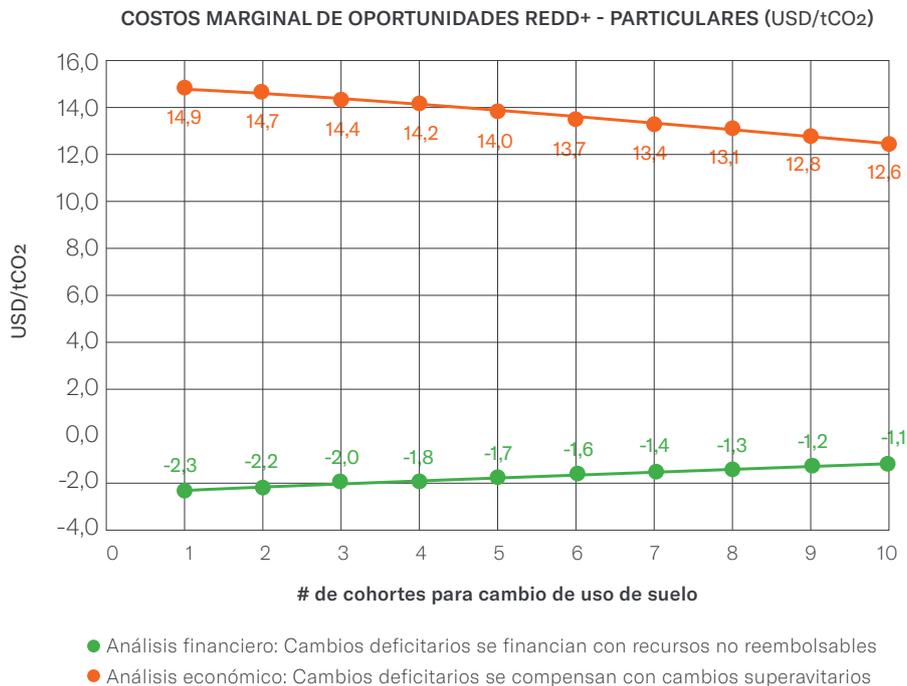


Figura 5. Distribución del costo marginal de abatimiento entre ganadores, perdedores y el Estado, para Guatemala

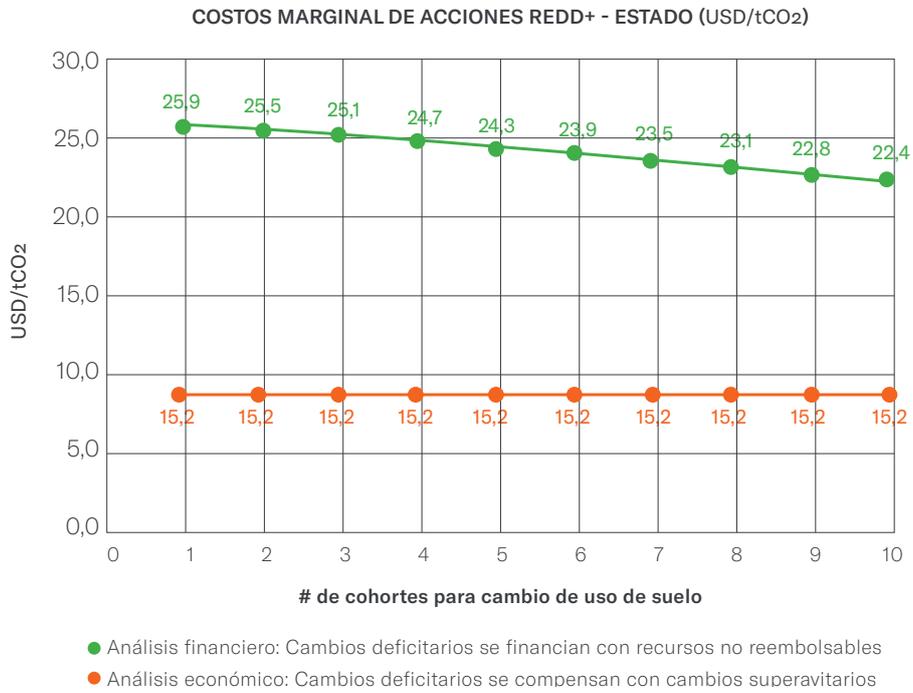
**A. Costo de abatimiento para la economía en su conjunto**



**B. Costo de abatimiento para los particulares**



**C. Costo de abatimiento para el programa**



Fuente: elaboración propia con base en Econometría (2019 y 2019a).



## 7. Conclusiones y recomendaciones

Cuando se calcula el costo de oportunidad de los cambios de uso en el marco de un programa REDD+, es necesario considerar los detalles sobre la trayectoria temporal de la implementación de estos cambios, a fin de no sesgar las estimaciones. Incluso cuando se consideren pocas cohortes de implementación, los cálculos de costos de oportunidad pueden afectarse notablemente, si no se tienen en cuenta esos rezagos.

Puede existir una relación inversa o directa entre el número de cohortes de la implementación y los costos de oportunidad para los agentes particulares. La magnitud del cambio depende de la estructura del flujo de beneficios netos de cada cobertura. En particular, en República Dominicana, pasar de una a cinco cohortes incrementa el costo en 40%; mientras que, con diez cohortes, el incremento es de cerca del 80%. Para Guatemala, en cambio, pasar de una a cinco cohortes reduce el costo menos del 5% y, si se consideran diez cohortes, el costo se reduce en 10%.

La curva de costos marginales de abatimiento, que relaciona el costo (o beneficio) neto de cada cambio de uso del suelo con su contribución al cumplimiento de las metas propuestas, constituye un insumo fundamental para tomar decisiones de política. Permite analizar la forma como cada medida propuesta contribuye al cumplimiento de la meta global; además de identificar los ganadores y perdedores de la estrategia seleccionada.

Aunque, en promedio, República Dominicana tiene un costo de oportunidad negativo (beneficio neto) por tonelada de reducción de emisiones, las medidas de cambio de uso del suelo que efectivamente obtendrán beneficios aportarían menos del 25%

en volumen a la meta de reducción de emisiones establecida. El resto de la meta tendrá que ser cubierto con cambios de uso que generan costos de oportunidad a los particulares, que requerirían incentivos externos para participar. Esto es más todavía notorio en Guatemala, donde casi 98% de la meta debe ser asumido por particulares que no tienen incentivos propios para hacer los cambios en el uso del suelo planeados por el programa REDD+.

Dependiendo del cambio específico de uso del suelo, la participación puede generar tanto pérdidas como ganancias netas. Si bien, para el análisis económico, el promedio de unas y otras permite valorar el programa para el conjunto de la sociedad, al momento de implementarlo se requerirá la participación del Estado, para cubrir los costos de oportunidad efectivos de los perdedores y, de ese modo, garantizar el incentivo para su participación. Es fundamental adicionar este dato a la identificación de los recursos requeridos para cumplir con los objetivos de un programa REDD+. De acuerdo con los resultados de este estudio, en República Dominicana, el valor estaría entre 1,8 2,2 USD / tonelada de CO<sub>2</sub> y para Guatemala, estaría en el rango de 13,7 a 17,2 USD / tonelada de CO<sub>2</sub>.

El método del instrumento de análisis tomado como referencia para calcular los costos de oportunidad<sup>8</sup>, comparando las utilidades de un escenario sin proyecto con las de uno con proyecto, es válido en términos conceptuales. Sin embargo, del presente análisis se concluye que, en dicho instrumento, subyacen dos limitaciones:

---

8. REDD+ Cost Element Assessment Tool, desarrollada por el World Bank Institute, Forest Carbon Partnership Facility y UNIQUE Forestry and Land Use.

- Al tomar en cuenta solo los resultados finales de cada uno de estos escenarios, puede generarse un sesgo de trayectoria como el detectado en el presente análisis.
- La herramienta presenta como resultado el costo neto de reducción de una tonelada de carbono, teniendo en cuenta tanto a quienes incrementan sus utilidades al hacer los cambios de uso del suelo, como a quienes pierden al hacer estos cambios. Sin embargo, no permite diferenciar el peso relativo de unos y otros en este costo neto, lo que limita, en principio, los alcances del análisis para ser usados en el diseño de políticas públicas.

A través del instrumento mencionado y las adecuaciones hechas para el presente análisis, fue posible superar las limitaciones identificadas. En consecuencia, se propone a los autores de esta herramienta que, en versiones posteriores, tengan en cuenta estos resultados, que contribuyen para que puedan hacerse los ajustes pertinentes a la herramienta.



# Referencias

- Benítez, P., Tam, S., Pagiola, S., & Kapp, G. (2011). Estimating the Opportunity Costs of REDD+: A Training Manual. World Bank Institute, Forest Carbon Partnership Facility and Carbon Finance Assist.
- Boucher, D. (2008). What REDD Can Do: The Economics and Development of Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation. Draft for external review. Tropical Forest and Climate Initiative, Washington, D. C., EE. UU.
- Econometría Consultores (2019). Evaluación de los costos y beneficios y preparación de un plan de financiación para el programa de reducción de emisiones en República Dominicana. República Dominicana: - Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Banco Mundial.
- Econometría Consultores (2019a). Evaluación de los costos y beneficios y preparación de un plan de financiación para el programa de reducción de emisiones de Guatemala. World Bank. FCPF Carbon Fund - Guatemala Emissions Reductions Program.
- Hou, G. C. (2019). Valuing carbon sequestration to finance afforestation projects in China. *Forests*, 10(9), 754. <https://doi.org/10.3390/f10090754>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2003). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Japan: Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe K. and Wagner, F. (eds.). <https://bit.ly/3gvnYiD>
- IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). <https://bit.ly/2C08q7J>
- Kindermann, G., Obersteiner, M., Sohngen, B., Sathaye, J., Andrasko, K., Rametsteiner, E., ... Beach, R. (2008). Global cost estimates of reducing carbon emissions through avoided deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(30), 10302-10307.
- Lee, D., Llopins, P., Waterworth, R., Roberts, G., & Pearson, T. (2018). Approaches to REDD+ Nesting: Lessons Learned from Country Experiences. Washington: World Bank, Biocarbon Fund.
- Merger, E., Held, C., Tennigkeit, T., & Blomley, T. (2012). A bottom-up approach to estimating cost elements of REDD+ pilot projects in Tanzania. *Carbon Balance and Management*, 7(9). <https://doi.org/10.1186/1750-0680-7-9>
- Pagiola, S., & Bosquet, B. (2009). Estimating the costs of REDD at the country level. Munich Personal RePEc Archive (MPRA) (18062), 1-22. [https://mpra.ub.uni-muenchen.de/18062/1/MPRA\\_paper\\_18062.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/18062/1/MPRA_paper_18062.pdf)
- Richards, K. R., Alig, R., Kinsman, J. D., Palo, M., & Sohngen, B. (1997). Consideration of country and forestry/land-use characteristics in choosing forestry instruments to achieve climate mitigation goals. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 27(sup001), 47-64. <https://doi.org/10.1080/10643389709388509>
- Richards, K., & Stokes, C. (2004). A review of forest carbon sequestration cost studies: A dozen years of research. *Climatic Change*, 63(1), 1-48.
- Richards, K., Moulton, R., & Birdsey, R. (1993). Costs of creating carbon sinks in the U. S. *Energy Conservation and Management*, 34(9-11), 905-912.
- Strassburg, B. K. (2008). An Empirically Derived Mechanism of Combined Incentives to Reduce Emissions from Deforestation. CSERGE Working Paper ECM 08-01.

Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University of East Anglia, Norwich, RU.

Swallow, B. M. (2007). Opportunities for Avoided Deforestation with Sustainable Benefits. An Interim Report by the ASB Partnership for the Tropical Forest Margins. Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre, ASB Partnership for the Tropical Forest Margins. <https://bit.ly/3kgiomv>

WBI, FCPF & UNIQUE. (2016). Estimation of REDD+ Cost Elements. User Manual for the REDD+ Cost Elements Assessment Tool Version 1.2. (W. B. Facility, ed.). [www.forestcarbonpartnership.org](http://www.forestcarbonpartnership.org)

## **GUILLERMO RUDAS**

Economista, magister en Economía Ambiental y de Recursos Naturales. Fue Profesor Titular del Departamento de Economía de la Universidad Javeriana durante más de 25 años, asesor de entidades estatales nacionales, de la CAF y del Banco Mundial. Actualmente es experto aliado de Econometría Consultores, miembro del Comité Académico del Foro Nacional Ambiental e investigador del Centro de Estudios Manuel Ramírez.

---

## **OSCAR RODRÍGUEZ**

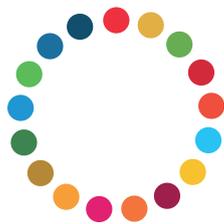
Ingeniero industrial, magister en economía. Socio-Consultor en temas de política pública en Econometría Consultores. Ha sido profesor de pregrado y postgrado desde 1992, en las universidades de los Andes, Javeriana, Santo Tomás y La Salle. Fue asesor en varios ministerios y experto Comisionado en la CREG. Actualmente es director del Centro de Estudios Manuel Ramírez.

---

## **ANGÉLICA MÉNDEZ**

Administradora de Negocios Internacionales, MBA en desarrollo de pequeñas y medianas empresas, investigadora activa del Centro de Estudios Manuel Ramírez, con experiencia internacional en análisis de financiamiento de programas ambientales, y en el funcionamiento y simulación de mercados de carbono.





**cods**

CENTRO DE LOS OBJETIVOS  
DE DESARROLLO SOSTENIBLE  
PARA AMÉRICA LATINA

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**

Cr. 1 # 18a - 12, RGA 201  
Bogotá, Colombia

Tel +57 (1) 3394949 Ext. 5469