



**Para citar este artículo:** Peña Guerra, Y., Álvarez Brito, A. F. & González Pérez, G. (2022). Evaluación económica de las alternativas de mitigación para la Empresa Agroforestal Mayabeque. *Sostenibilidad: económica, social y ambiental*, 4, 25-34. <https://doi.org/10.14198/Sostenibilidad2022.4.02>

## **Evaluación económica de las alternativas de mitigación para la Empresa Agroforestal Mayabeque**

### *Economic evaluation of mitigation alternatives for Mayabeque Agroforestry Enterprise*

**Yaneli Peña Guerra**

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Cuba  
[yaneli@forestales.co.cu](mailto:yaneli@forestales.co.cu)  
<https://orcid.org/0000-0003-0089-9637>

**Arnaldo F. Álvarez Brito**

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Cuba  
[archie@forestales.co.cu](mailto:archie@forestales.co.cu)  
<https://orcid.org/0000-0001-8417-6086>

**Gualberto González Pérez**

Empresa Agroforestal Mayabeque, Grupo Empresarial Agroforestal, Cuba

#### **RESUMEN**

Las empresas agroforestales enfrentan una polémica desde varios puntos de vista referente a la estrategia de mitigación a seguir en el patrimonio forestal que administran, en especial al tema económico. La Empresa Agroforestal Mayabeque (Cuba) ha decidido llevar a cabo una estrategia de mitigación, para lo cual ha seleccionado cinco alternativas de mitigación. Para complementar la evaluación de los efectos ambientales esperables de las alternativas elegidas y la toma de decisiones de la Empresa, se decidió evaluar económicamente estas alternativas a través de un análisis coste-beneficio, utilizando el cálculo de Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de Recuperación (PR). Los resultados indicaron que todas las alternativas son ambiental y económicamente viables, siendo la alternativa de Aumento de Incremento Corriente Anual, la de mayor ingreso neto.

**Palabras clave:** patrimonio forestal; análisis coste-beneficio; mitigación; Cuba.



License: this work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## **ABSTRACT**

Agroforestry companies face controversial situations from various points of view regarding the mitigation strategy to follow in the forest heritage they administer, especially the economic issue. Mayabeque Agroforestry Company (Cuba) has decided to carry out a mitigation strategy, for which it has selected five mitigation alternatives. To complement the evaluation of the expected environmental effects of the chosen alternatives and the decision-making of the company, it was decided to economically evaluate these alternatives through a cost-benefit analysis, using the calculation of Net Present Value (NPV), Internal Rate Return (IRR) and Recovery Period (PR). The results indicated that all the alternatives are environmentally and economically viable, with the alternative of Increasing the Annual Current Increase being the one with the bigger net profit.

**Keywords:** forest heritage; cost-benefit analysis; mitigation; Cuba.

## **1. Introducción**

El aumento del nivel del mar originado por el cambio climático plantea una grave amenaza a los pequeños estados insulares, los que ven limitada su capacidad de adaptación por su poca superficie y generalmente, baja altitud, presentan características que limitan su capacidad de adaptación a ese impacto en particular. Muchos de los estados insulares ya están sufriendo los efectos de las variaciones interanuales actuales de las condiciones oceánicas y atmosféricas. Estos cambios se manifiestan en los registros pasados y presentes del clima y de su variabilidad, con una tendencia ascendente de la temperatura media hasta de 0,1 °C por decenio y un aumento del nivel del mar de 2 mm por año en las regiones de los océanos tropicales (Álvarez et al., 2017).

El sector forestal cubano no está ajeno a los impactos del cambio climático, pero en adición a las complejidades asociadas a las estrategias de adaptación que deben ser implementadas por ser el principal problema ambiental que enfrenta el país, destaca el hecho que desde 1990 ha sido reiteradamente demostrado que los bosques constituyen el único sumidero de carbono de Cuba (República de Cuba, 2020), por lo que la contribución de sus posibles acciones de mitigación a la reducción del total de emisiones nacionales constituye también un aspecto relevante de su desempeño.

Esto ratifica lo expresado por Enríquez de Salamanca (2017) donde expone que el sector forestal es clave en la mitigación, ya que los bosques son sumideros de carbono. La gestión que se haga puede incrementar o reducir la mitigación; medidas como la defensa de los montes, la reforestación, el fomento de productos forestales duraderos o las actuaciones silvícolas tienen una relación directa con la mitigación del cambio climático, que es preciso tener en cuenta en la toma de decisiones.

El patrimonio forestal del país comprende algo más de cuatro millones de hectáreas (44 % de la superficie terrestre de Cuba), de las que 3,7 millones están cubiertas por bosques (mayoritariamente naturales) y restan por reforestar 0,2 millones (Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestre, 2019). Al término de 2016 los bosques cubanos presentaron un Balance Neto de Emisiones de -23.066,5 ktCO<sub>2</sub>/año, compensando el 42 % de todas las emisiones de GEI de Cuba, lo que incluye todas las emisiones de los sectores industrial, desechos, agricultura,

bosques y otros usos de la tierra (AFOLU), así como parte del sector energético (35 %) (República de Cuba, 2016).

Las empresas agroforestales afrontan una polémica desde varios puntos de vista referente a la estrategia de mitigación a seguir en el patrimonio que administran, en especial a la cuestión económica. En este sentido, la Empresa Agroforestal Mayabeque fue pionera del sector al participar en evaluaciones de determinación de niveles de retención de carbono para un año base y, posteriormente, para el establecimiento de una línea base de carbono prospectiva determinada por las características de la gestión técnica de su patrimonio (Álvarez et al., 2011), para luego acometer la valoración de diferentes alternativas de mitigación (consideradas como inversiones ambientales que son adicionadas a la inversión silvícola anual), que le permitieran aumentar los niveles anuales de eliminación de carbono atmosférico.

Sin embargo, para complementar la evaluación de los efectos ambientales esperables de esas alternativas, las mismas deben evaluarse económicamente, por lo que el objetivo de este trabajo es evaluar, mediante un análisis coste-beneficio, las alternativas de mitigación de la Empresa Agroforestal Mayabeque.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Caracterización de la Empresa**

La Empresa Agroforestal (EAF) Mayabeque se encuentra ubicada en la provincia de igual nombre, limitando al norte con el Estrecho de la Florida, al sur con el Golfo de Batabanó, al este con la provincia Matanzas, al noroeste con la provincia La Habana y al suroeste con la provincia Artemisa (Figura 1).

Por su posición geográfica, la Empresa está incluida en la región de Cuba más amenazada y azotada por huracanes en la temporada ciclónica (junio-noviembre). La precipitación media anual es 1.398 mm (INRH, 2011); la temperatura máxima media anuales 28,7 °C y la mínima media anual 18,7 °C; la humedad relativa media anual es 80 %, mientras los vientos predominantes son del ENE, con una velocidad media anual de 1,47 m/s (INSMET, 2007).

El área cuenta con bosques que están categorizados como productor, protector de aguas y suelos y protector del litoral. Presenta una composición mayoritaria de bosques naturales con las formaciones semidecídúo sobre calizas, semidecídúo sobre suelos de mal drenaje, manglar, xerofítico de mogotes, cuabal y uveral (EAF Mayabeque, 2017).

Figura 1. Ubicación geográfica de la EAF Mayabeque. Fuente: EAF Mayabeque.



Al término de 2016, la Empresa administraba 55.068,1 ha del patrimonio nacional, en las que se registró una retención total de 18.350,9 ktC (333,24 tC/ha), valor que, en función de la gestión técnica y a la inversión silvícola que realiza actualmente, al término de 2026 habrá aumentado a 26.847,5 ktC (487,53 tC/ha), elementos que constituyeron la línea base de referencia para contrastar los resultados de las alternativas de mitigación (Mercadet, Álvarez y Ajete, 2020).

## 2.2. Alternativas de mitigación

En aras de mejorar los resultados anteriores, la Empresa solicitó en el año 2019 que fuesen evaluados los efectos de las cinco alternativas de mitigación mostradas (Mercadet, Álvarez y Ajete, 2020) en la Tabla 1.

De forma general, cada alternativa pretende modificar el valor actual en la magnitud mostrada por la columna variación en aras de, en unos casos, aumentar la eliminación de CO<sub>2</sub> atmosférico y, en otros, disminuir las emisiones de carbono y nitrógeno a la atmósfera. En el caso particular del aumento de los incrementos, se especifica el área que la Empresa puede manejar anualmente, porque incluso en un periodo de 10 años no le es posible atender todo el patrimonio que administra y, entonces, solo los bosques manejados aumentarán su eliminación de CO<sub>2</sub> atmosférico.

Tabla 1. Condiciones de las alternativas de mitigación evaluadas. Fuente: elaboración propia.

Alternativas de mitigación Evaluadas	Datos de partida					
	Valor actual	Variación (%)	Área atendida (ha/año)	Coste unitario (\$/ha)	Periodo implementación (años)	Periodo capitalización (años)
a) Aumentar el plan de fomento	425 ha	+ 20	-----	6 500	2	8
b) Disminuir los bosques artificiales quemados	60,8 ha	- 55	-----	400	2	8
c) Disminuir los bosques naturales quemados	74,2 ha	- 90	-----	400	2	8
d) Aumentar el incremento medio anual (IMA) de los bosques artificiales	6,3 m <sup>3</sup> /ha/a	+ 10	90	970	2	8
e) Aumentar el incremento corriente anual (ICA) de los bosques naturales	5,2 m <sup>3</sup> /ha/a	+ 10	225	1 000	2	8

El coste unitario hace referencia a la financiación requerida por unidad de superficie para realizar la gestión prevista; por su parte, el periodo de implementación es el tiempo requerido para efectuar la variación del valor inicial, mientras que el periodo de capitalización es el tiempo durante el cual se prolongarán los efectos ambientales de la alternativa de mitigación, una vez concluida su implementación.

### 2.3. Evaluación de las alternativas

Para realizar la evaluación económica de las alternativas, consideradas como inversión ambiental, se tomó como año base 2016 y como año final 2026. Se asumió que la tonelada de CO<sub>2</sub> mitigada sería retribuida a \$ 3,00, precio que es un peso por encima del valor al que ha sido considerada la tonelada de CO<sub>2</sub> eliminada como resultado de la inversión silvícola, según consideraciones iniciales realizadas entre el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, el Ministerio de Economía y Planificación, el Ministerio de Finanzas y Precios y el Ministerio de la Agricultura.

La evaluación económica se basó en el análisis económico de los efectos del cambio climático implementado en el IPCC de acuerdo con lo expresado por Fallot (2015), a través de una factibilidad económica evaluada mediante un análisis coste-beneficio, para lo que se procedió a determinar los egresos e ingresos en que se incurrirían para llevarlas a cabo, con la finalidad de calcular los flujos de caja (FC) correspondientes, determinados mediante la expresión:

$$FC = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$

Donde,

Ingresos: todo el recurso financiero que ingresa la empresa por mitigación.

Egresos: todos los desembolsos de efectivo necesarios para que la empresa lleve a cabo las alternativas (incluye los costes variables y fijos).

Una vez cuantificados los flujos de caja se procedió a la utilización de la técnica económica de Valor Actual Neto (VAN) para calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión, determinado por la expresión (Gómez, 2008):

$$VAN = \left( \sum_{t=1}^n ((B_t - C_t) / (1 - r)^t) \right) - I_0$$

Donde,

$B_t$ : beneficios en el año  $t$ .

$C_t$ : costes en el año  $t$ .

$r$ : tasa de descuento (10%).

$I_0$ : inversión inicial.

Considerando los resultados de la siguiente manera:

- $VAN > 0$  Beneficios: valor actual de las entradas  $>$  valor actual de las salidas.
- $VAN = 0$  Indiferencias: no existen utilidades ni pérdidas.
- $VAN < 0$  Pérdidas: valor actual de las entradas  $<$  valor actual de las salidas.

Para apoyar los resultados obtenidos por el VAN se determinó la Tasa Interna de Retorno (TIR), que es el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de la inversión y permite apoyar los resultados obtenidos por el VAN, variable que fue determinada mediante la expresión (Gómez, 2008):

$$VAN = \left( \sum_{t=1}^n ((B_t - C_t) / (1 - r)^t) \right) - I_0 = 0$$

Considerando los resultados de la siguiente manera:

- $TIR > 40\%$ : muy rentable.
- $TIR = 40\%$ : rentable.
- $TIR < 40\%$ : no rentable.

Para conocer el tiempo de recuperación de la inversión (TRI) se aplicó la expresión (Gómez, 2008):

$$\left( \sum_{t=1}^{TR} ((I_t - C_t) / (1 - r)^t) \right) - I_0 = 0$$

Donde,

$I_t$ : inversión en el año  $t$ .

$C_t$ : flujo de caja en el año  $t$ .

$R$ : tasa de descuento (10%).

$I_0$ : inversión inicial.

Además, se realizó el análisis de los gastos totales por peso neto de ingreso, como se detallará en el siguiente epígrafe.

### 3. Resultados y discusión

Después de haber analizado económicamente las alternativas de mitigación seleccionadas por la EAF Mayabeque, se obtuvieron los resultados que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Evaluaciones de las alternativas de mitigación. Fuente: elaboración propia.

Variable	Unidad	Alternativa de mitigación				
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Mitigación	(tC)	206.785,16	159.851,18	267.452,90	454.452,20	785.807,80
Gasto total	(\$)	552.500,00	13.365,00	26.730,00	174.600,00	450.000,00
Eficiencia	(\$/tCO <sub>2</sub> )	0,7287	0,0228	0,0273	104,7815	156,1798
Ingreso bruto	(\$)	10.875.020,25	8.622.626,21	13.974.930,28	24.953.658,48	44.305.142,28
Ingreso neto	(\$)	10.322.520,25	8.609.261,21	13.948.200,28	24.779.058,48	43.855.142,28
Relación (gastos/ingresos)	(\$/\$)	0,0535	0,0016	0,0019	0,007	0,0103
VAN	(\$)	4.893.352,26	4.388.634,65	7.080.028,03	12.751.627,05	22.654.226,34
TIR	(%)	46,07	585,81	520,68	252,76	194,13
TRI	Años/meses	3/10	0/3	0/3	0/8	1/0

La valoración ambiental indicó que la alternativa de mayor efecto sería el aumento del ICA de los bosques naturales, el que a su vez generaría los mayores ingresos bruto y neto y el mayor VAN; sin embargo, ocuparía el segundo lugar en la inversión financiera requerida para su ejecución, sería la que más gastos demandaría por tonelada de CO<sub>2</sub> eliminada y la penúltima en la relación gastos por peso de ingreso y en el período requerido para la recuperación de la inversión.

Por otra parte, la disminución de los bosques artificiales quemados resultaría la alternativa de menor efecto ambiental, pero requeriría la menor inversión financiera para su ejecución, alcanzando la mejor eficiencia, la mejor relación entre gastos e ingresos, el mayor TIR y el menor periodo de recuperación de la inversión, aunque sus ingresos bruto y neto, así como su VAN serían los menores de todos.

El aumento del plan de fomento, a pesar de tener resultados positivos, es la menos viable económicamente, ya que el tiempo de recuperación es el mayor y su TIR es la menor de todas. El resto de las alternativas analizadas presentan un comportamiento intermedio entre las alternativas explicadas anteriormente.

Estos resultados reafirman que el sector forestal tiene un enorme potencial para la mitigación del cambio climático. Muchas medidas de gestión influyen en el almacenado y capacidad como sumideros de carbono de los montes, siendo preciso tener este criterio en cuenta en la toma de decisiones y que, sin duda, el mayor potencial del sector forestal es su capacidad de secuestro de carbono a largo plazo, retenido en los árboles o en la madera. Estas actuaciones podrían movilizar fondos hacia el sector forestal mediante pagos por servicios ambientales o créditos de carbono, con un beneficio múltiple, de mitigación del cambio climático, mejora de la biodiversidad y el paisaje o mejora de rentas y fomento del desarrollo rural (Enríquez de Salamanca, 2017).



Tomando en consideración que todas las alternativas alcanzarían resultados ambientales y económicos viables, debido a que existe una retención de carbono superior a 7.000 tC y que todos los análisis económicos resultaron positivos con un periodo de recuperación menor de un año (excepto en la alternativa a), la Empresa tendría que adoptar una decisión sobre cómo proceder a partir de estos elementos y de las condiciones existentes. Para ello sería necesario dar respuesta a preguntas tales como:

- ¿Se dispone de suficiente capital financiero propio, no comprometido con otros objetivos, que permita cubrir la demanda requerida por la inversión para aumentar el ICA de los bosques naturales, que alcanza el máximo efecto ambiental y los mayores ingresos?
- De no ser así, ¿existiría la posibilidad de recurrir a alguna fuente financiera externa que en términos crediticios respaldara el desarrollo de esa inversión ambiental?
- En tal caso, ¿cuáles serían las consecuencias de tal opción sobre los ingresos esperables de la inversión y en qué términos de tiempo habría que honrar sus condiciones?
- De no ser satisfactorias para la Empresa las condiciones iniciales de la financiación externa, ¿qué posibilidades existirían para una negociación de sus términos, de forma tal que resultaran aceptables para la Empresa?
- Finalmente, de no ser conveniente para la Empresa la opción de recurrir a la financiación externa, ¿alguna de las otras alternativas de mitigación estaría en el rango de sus capacidades financieras propias y no comprometidas con otros objetivos?

Este breve análisis, en el que no se excluye la posibilidad de que sea necesario valorar otros aspectos, así como la habitual discreción con que los inversionistas comparten o hacen pública su situación financiera-crediticia, explica la razón por la cual no es posible que la entidad que acometió el análisis de factibilidad ambiental y económica de los efectos esperables de las alternativas seleccionadas proponga al interesado cuál sería la mejor decisión que adoptar.

Un aspecto adicional que la Empresa deberá incluir en sus valoraciones es el riesgo que afrontan los bosques en Cuba por el impacto de los ciclones tropicales, máxime cuando la posición geográfica del patrimonio administrado en la región sur del territorio coincide con la trayectoria histórica de circulación de esos organismos en dirección Este-Oeste o Este-Noroeste cuando se desarrollan en el mar Caribe.

La circulación de un ciclón tropical de categoría 3 o superior (escala Safir-Simpson) puede destruir literalmente el bosque y, a su vez, la inversión en él realizada, lo que tiene como contraparte que, con la excepción del aumento del plan de fomento, todas las otras alternativas de mitigación tienen un periodo de recuperación de la inversión muy breve (un año o menos) y ello disminuye sustancialmente el riesgo de enfrentar pérdidas.



#### 4. Conclusiones

Considerar la implementación de alternativas de mitigación como una inversión ambiental, que adiciona sus efectos a la inversión silvícola propia del manejo habitual del bosque, permitió añadir a la evaluación ambiental de los resultados el análisis coste-beneficio para establecer sus resultados económico-financieros.

Todas las alternativas seleccionadas por la EAF Mayabeque para valorar la mitigación a partir de cambios en la gestión de su patrimonio son viables ambiental y económicamente.

La selección de la alternativa de mitigación a implementar no puede estar basada solo en los resultados ambientales y económicos obtenidos, sino que requiere incluir, además, la valoración de las capacidades financieras de la Empresa, por lo que es a ella a la que corresponde la adopción de la decisión sobre cómo proceder.

La ocurrencia de ciclones tropicales que afecten el patrimonio de la Empresa fue el único factor de riesgo identificado para la inversión. Sin embargo, la mayoría de las alternativas de mitigación evaluadas cuentan con un muy breve tiempo para la recuperación de la inversión, lo que disminuye los riesgos de pérdidas materiales y financieras.

#### Referencias

- Álvarez, A., Mercadet, A., Ajete, A., Cordero, E., Geada, G., Ávila, M., Hechavarría, O., Ortiz, O., Suárez, T., Escarré, A., Miranda, C., López, R., Sotolongo, R., Díaz, L., Caballero, L., Sordo, L., Rodríguez, Y., Centella, A., Hernández, A., Álvarez, Y., Martínez, R., (...), y Triguero, N. (2017). *Impactos y adaptación al cambio climático en el Sector Forestal Cubano: Sexta aproximación*. Inst. Inv. Agro-Forestales, Grupo Empresarial Agroforestal. La Habana, Cuba.
- Álvarez, A., y Mercadet, A. (2011). *El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático*, Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba.
- Empresa Agroforestal Mayabeque. (2017). *Dinámica Forestal de la Empresa*. Mayabeque, Cuba.
- Enríquez de Salamanca, A. (2017). Mitigación del cambio climático en el sector forestal. *Foresta*, 69, 34-41.
- Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres, DFFFS. (2019). *Dinámica Forestal 2018*. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba.
- Fallot, A. (2015). *Propuesta metodológica para la evaluación económica cuantitativa de respuestas al cambio climático en territorios rurales de América Latina: Principios y pasos para el cálculo de costos y beneficios de acciones de mitigación o adaptación y el desarrollo de una herramienta práctica*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01161724>.

Gómez, C. (2008). *Economía Ambiental*. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. La Habana, Cuba.

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, INRH (2011). *Boletines Hidrológicos*. <http://www.hidro.cu/boletines10>.

Instituto de Meteorología, INSMET (2007). *Base de datos meteorológicos*. Estación de Tapaste.

Mercadet, A., Álvarez, A., y Ajete A. (2020). *La Mitigación del Cambio Climático por el Sector Forestal Cubano*. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Cuba.

República de Cuba (2016). *Informe Nacional de Gases Efecto Invernadero a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.

República de Cuba (2020). *Primer Informe Bienal de Actualización a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana.