

IMPACTOS DEL AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR SOBRE LA VEGETACIÓN COSTERA DE LA EMPRESA FORESTAL INTEGRAL LAS TUNAS, CUBA

IMPACTS OF THE INCREASE OF THE HALF LEVEL THE SEA ON THE COASTAL VEGETATION OF THE INTEGRAL FOREST COMPANY LAS TUNAS, CUBA

Ing. Yunior Álvarez-Góngora,¹ Dr.C. Arnaldo Álvarez-Brito,² Ing. Israel Domínguez-Leyva³ e Ing. Isnaudy García-Rodríguez¹

¹ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Estación Experimental Agro-Forestal Guisa, Carretera vía Victorino Km 1½, La Soledad, Guisa, Granma, Cuba, investigacion@guisa.inaf.co.cu, teléf. (023) 39 1387

² Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, archie@forestales.co.cu, teléf. (07) 208 2013

³ Empresa Forestal Integral Las Tunas. Carretera Central Km 699 salida Holguín, Las Tunas, Cuba, dpto.ordenacion@efilt.co.cu, teléf. (0131) 34 2136

RESUMEN

Empleando el escenario de aumento del nivel del mar, definido por el Instituto de Oceanología para Cuba con una sensibilidad climática alta, se estimaron los impactos esperables sobre la vegetación costera de la Empresa Forestal Integral Las Tunas. Los resultados demuestran la fuerte incidencia con que se podrá revelar la penetración del mar sobre estas áreas, evidenciando la afectación de 8188 ha y 19 802 ha para 2050 y 2100, respectivamente, manifestándose con impactos leves sobre 32 lotes, moderados para 22 y fuertes en 35 para el segundo año evaluado. Esta situación traerá como consecuencia que se afecten significativamente las existencias maderables por inundación, perdiéndose aproximadamente 299 704,24 m³ de madera en 2050 y 792 545,80 m³ en 2100, considerando que para ese momento los bosques muestren un comportamiento similar al actual. Entre las especies que se verían más afectadas figuran Avicenia nitida Jacq., Rhizophora mangle L. y Laguncularia racemosa L. La intrusión salina asociada incidirá mayoritariamente sobre la formación manglar al dispersarse sobre unas 57 772 ha.

Palabras claves: *impactos, clima, afectaciones, adaptación, costas.*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el clima evidencia fuertes variaciones, provocadas en gran medida por la

ABSTRACT

Using the scenario of increase of the level of the sea for Cuba, with a high climatic sensibility, were considered the expected impacts on the coastal vegetation of the Integral Forest Company Las Tunas. Results demonstrated the strong incidence with which the penetration of the sea will be revealed on the coastal areas, evidencing an affectation in 2050 of 8 188 ha and in 2100 a total of 19 802 ha, with impacts of light intensity on 32 lots, moderate for 22 and strong in 35 for the second evaluated year. This situation will result in a significantly affection of the timber existences by the increment of flood and saline tenors; giving an idea of the magnitude of the damage and assuming that for that moment exist a similar situation to the current one, the company would have lost of 299 704.24 m³ approximately in the 2050 and of 792 545.80 m³ in the 2100. Among the principal species which will be more affected are Avicenia nitida Jacq., Rhizophora mangle L. and Laguncularia racemosa L. The associated saline intrusion, will not leave many options of survival for the existent vegetation when being dispersed on some of 57 772 ha.

Key words: *impacts, climate, affectations, adaptation, costs.*

atmosféricas de gases con efecto invernadero, a partir de lo cual se ha producido un aumento del calentamiento global.

Según PNUD (2008), a partir de los diversos escenarios proyectados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), es posible esperar, entre otros impactos, los siguientes:

1. Aumento de la temperatura media del aire a lo largo de este siglo entre 1,8 y 4,0 °C con respecto a la media del período 1980-1999. La elevación del nivel del mar entre 1 y 5 m haría desaparecer entre 0,3 y 1,2 % de la superficie terrestre.
2. La ocurrencia de tormentas más intensas.
3. Se espera que la incidencia de las olas de calor aumente hacia 2050.

En lo referente al impacto relacionado con el nivel del mar, durante el último siglo este ha crecido 20 cm y, según se desprende de los escenarios del IPCC (2001), el nivel podría incrementar entre 10 y 90 cm para 2100. Un aumento de esta magnitud implica que las zonas bajas, las regiones costeras y los pequeños estados insulares sufran inundaciones, afectando los asentamientos humanos, los ecosistemas costeros (manglares, deltas y arrecifes coralinos), las actividades productivas ubicadas en esas áreas como la pesca y la agricultura y la infraestructura [PNUD, 2008].

A partir de 1993 la expansión térmica de los océanos ha representado alrededor del 57 % del total de las contribuciones al aumento del nivel medio del mar (nmm); la influencia de los glaciares y de las capas de hielo se ha estimado en un 28 %, y las pérdidas de hielos en los casquetes polares es responsable del resto. Estas estimaciones son consistentes con el nmm observado [IPCC, 2007].

Las proyecciones del nmm aseguran que, comparado con el período 1980-1999, este aumentará para la etapa 1990-2099 de 0,18 a 0,59 m. Según estimaciones más recientes, debe aumentar de 22 a 85 cm para 2100 [Salas *et al.*, 2006].

Las pruebas de que los efectos acumulados de las actividades humanas están modificando el clima mundial son cada vez más frecuentes. Los bosques costeros son una muestra clara

de vulnerabilidad ante numerosos impactos del cambio climático, principalmente los asociados al incremento del nivel medio del mar, trayendo como consecuencia la pérdida de numerosos productos forestales madereros y no madereros que se afectan con su penetración hacia tierra firme.

La Empresa Forestal Integral Las Tunas (EFI) exhibe un patrimonio forestal abundante y de elevada importancia económica; una parte está constituida por bosques protectores del litoral, que se desarrollan sobre una superficie con predominio de relieve llano, extendida a lo largo de las costas norte y sur de la provincia. Esta situación conlleva a que la misma se convierta en una zona vulnerable ante la eminente penetración del mar, poniendo en riesgo la existencia física de estos recursos forestales.

En atención a esta problemática se desarrolla la presente investigación, teniendo en cuenta el conocimiento y la experiencia de la comunidad científica internacional, proponiéndonos como objetivo general estimar, a la luz de los escenarios disponibles, los impactos adversos que pudieran tener lugar sobre los recursos forestales costeros existentes en el área.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Empresa Forestal Integral Las Tunas Emilio González Morales está ubicada en la provincia de Las Tunas, y esta a su vez en el noroeste de la región oriental de la isla de Cuba. Limita al norte con el Océano Atlántico, al sur con la provincia de Granma y el Golfo de Guacanayabo, al este con la provincia de Holguín y al oeste con la provincia de Camagüey (*Fig. 1*). Abarca una extensión territorial de 6587,28 km², distribuida en ocho municipios. El patrimonio administrado por dicha empresa está distribuido en 150 lotes que ocupan en su conjunto una superficie aproximada de 90 888,7 ha, de ellas el 89,1 % (80 962,3 ha) representan el área forestal, y el 10,9 % (9926,4 ha) la inforestal. Sus bosques están categorizados como productores (36 658 ha), protectores (54 111,9 ha) y de conservación (91,8 ha), y entre sus principales formaciones forestales se encuentran los bosques semicaducifolios sobre suelo calizo (39 500,8 ha), semicaducifolios sobre suelo de mal drenaje (8947,3 ha) y manglares (27 048 ha), extendiéndose sobre una superficie llana que no

sobrepasa los 2° de pendiente. La temperatura y la precipitación promedio anual alcanzan valores

de 26,9 °C y 889,9 mm de lluvia acumulada [Domínguez, 2012].

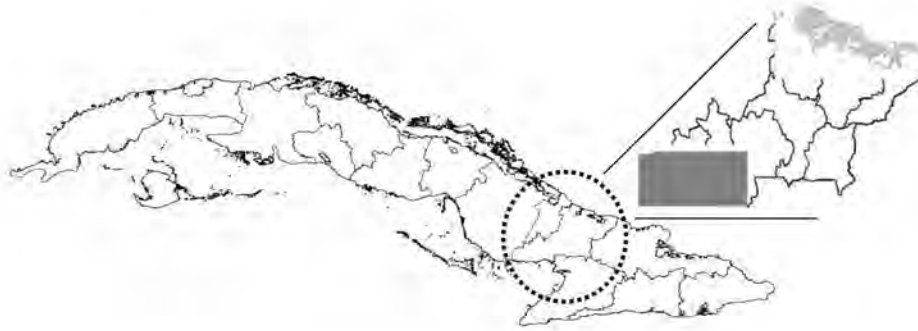


Figura 1. Ubicación de la provincia de Las Tunas y del patrimonio forestal de la EFI.

Para la estimación de las afectaciones futuras por penetración del mar sobre los recursos forestales costeros de la EFI Las Tunas, se emplearon los resultados del macroproyecto sobre Peligros y Vulnerabilidad Costera 2050-2100, que incluyó el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero A1C [IPCC, 2001], con su mayor sensibilidad climática (4,2 °C), y las proyecciones de aumento del nivel medio del mar para Cuba de 27 y 85 cm para 2050 y 2100, respectivamente [Modelo MAGICC/SCENGEN, versión 4.1; IPCC, 2001], reportado por Salas (2008); además, se tomaron en consideración los datos de las existencias maderables de cada lote previsto a afectarse, emanados del proyecto de ordenación forestal de la empresa al cierre de 2011.

Para el estudio en cuestión se utilizó el procedimiento empleado por Álvarez y Mercadet (2014) en una investigación similar para la EFI Ciego de Ávila. Mediante la superposición de las imágenes digitales de la distribución espacial de los lotes de la empresa, específicamente de las unidades que limitan con el mar, y la de penetración del mar, se realizó la evaluación cualitativa y cuantitativa de las afectaciones, seccionando cada lote en cuatro cuadrantes para poder hacer su estimación porcentual, a partir de lo cual se definió la superficie en hectáreas y los volúmenes de madera totales en metros cúbicos que se perderán en cada período con la penetración del mar hacia tierra firme, a nivel de lote y de unidad silvícola, suponiendo que para ese entonces las existencias maderables tengan un comportamiento similar al actual.

A partir de la superficie que se afectará, se establecieron tres categorías para estimar la intensidad de afectación en cada lote (Tabla 1).

TABLA 1
Categorías para estimar la intensidad de afectación de cada lote

| Categorías | Rango de afectación (%) | | |
|------------|-------------------------|-------|--------|
| Leve | ≤ 34 | | |
| Moderada | | 35-69 | |
| Fuerte | | | 70-100 |

Siguiendo un procedimiento análogo al descrito anteriormente, se determinaron además las afectaciones actuales a que están sometidos los recursos forestales de la empresa, por intrusión salina en los acuíferos subterráneos con tenores de 1 g x L⁻¹ de sales, empleando el escenario correspondiente.

Se realizó una valoración económica de los recursos maderables que se perderán, considerando que su objetivo final fuera para leña, surtido que tiene un precio oficial de 18,00 CUP/m³ estéreo.

Considerando los impactos que se producirán sobre el área estudiada, se propusieron algunas de las medidas de adaptación a implementar para reducir las afectaciones que de estos se deriven.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Impactos esperados por penetración del mar

Los resultados demuestran la fuerte incidencia con que se manifestará el mar sobre los recursos forestales costeros administrados por la EFI

Las Tunas, motivado en gran medida por las bajas pendientes sobre las que se desarrollan, evidenciando afectaciones severas sobre los seis municipios costeros de la provincia, incluso para 2050, donde los valores de penetración serán tan significativos que pudieran ocasionar la pérdida de una superficie equivalente a 8188 ha de bosques, incidiendo levemente sobre 21 lotes (14 %), de forma moderada para 17 (11,33 %) y fuerte en 11 (7,33 %), mientras que cincuenta años después se alcanzarán cifras 2,5 veces superiores, abarcando aproximadamente unas 19 802,6 ha. En este caso los daños serán leves para 32 (21,33 %), moderados en 22 (14,67 %) y fuertes sobre 35 (23,33 %); ante este impacto los recursos forestales costeros son extremadamente vulnerables.

El comportamiento de esta variable por unidades silvícolas se relaciona en la *Tabla 2*, mostrando entre las de mayor afectación para 2050 a Amancio Rodríguez (3464,84 ha), Manatí (2115,58 ha) y Puerto Padre (1275,297 ha), mientras que para 2100 coinciden estas mismas unidades, pero en orden diferente, resultando Manatí (6455,59 ha), Puerto Padre (6442,659 ha) y Amancio Rodríguez (4416,238 ha).

TABLA 2
Superficie (ha) que se afectará por penetración del mar para 2050 y 2100 en las unidades silvícolas de la EFI Las Tunas

| Unidades silvícolas | 2050 | 2100 |
|---------------------|---------|---------|
| Amancio Rodríguez | 3464,84 | 4416,23 |
| Colombia | 991,19 | 1525,16 |
| Jobabo | 7,64 | 33,68 |
| Manatí | 2115,58 | 6455,59 |
| Puerto Padre | 1275,29 | 6442,65 |
| Jesús Menéndez | 333,51 | 929,28 |

El nivel de afectación a los recursos maderables por unidades silvícolas aparece relacionado en la *Fig. 2*, mostrando a Amancio Rodríguez, Manatí, Colombia y Puerto Padre como las de mayor preocupación en 2050, ya que perderían un volumen total de 114 839,7 m³, 87 262,45 m³, 45 622,44 m³ y 43 218,63 m³ de madera, respectivamente, considerando que para ese momento las existencias maderables manifestarán un comportamiento similar al actual, en tanto para 2100 el orden de afectación correspondería a Manatí (321 266,225 m³), Puerto Padre (230 340,02 m³), Amancio Rodríguez (147 180,54 m³) y Colombia 67 987,97 m³).

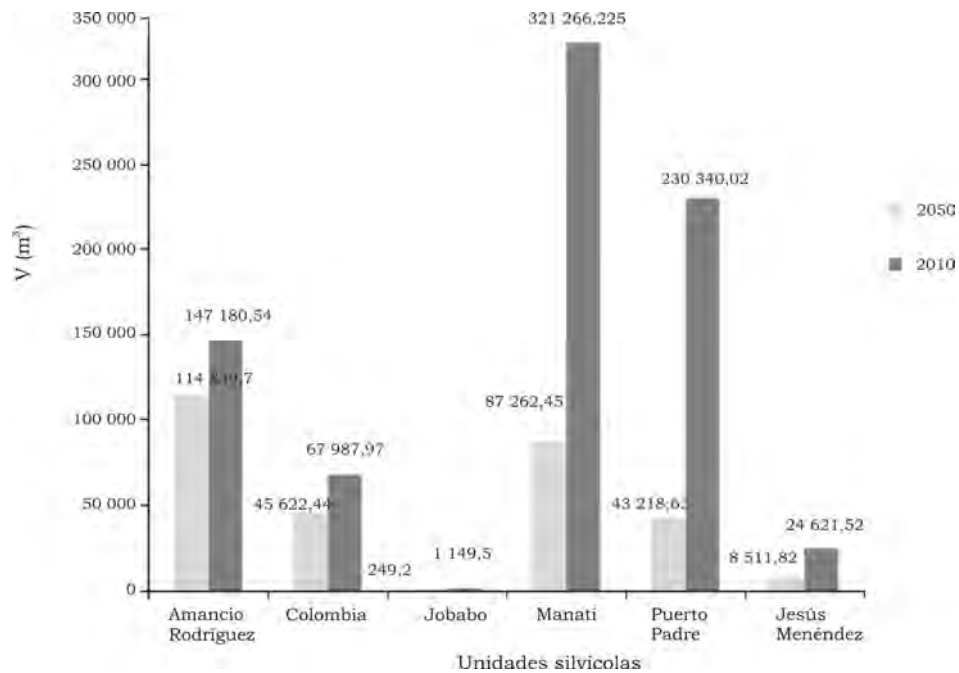


Figura 2. Volumen total de madera (m³) que se afectarían por penetración del mar para 2050 y 2100 en las unidades silvícolas de la EFI Las Tunas.

De forma general estas alteraciones evidenciarán un comportamiento semejante en las costas norte y sur de la provincia durante el primer año eva-

luado, algo superiores en la sur, al alcanzar un volumen total de 160 711,34 m³ de madera por 138 992,9 m³ en la norte; sin embargo, durante

el segundo año en estudio, esta situación será totalmente contraria, ya que las alteraciones sobre los recursos forestales se duplicarán considerablemente en la costa norte respecto a la sur, hasta alcanzar valores de 576 227,77 m³ y 216 318 m³, respectivamente, afectándose de manera global un volumen de 299 704,24 m³ en 2050 y de 792 545,8 m³ en el 2100, lo que representa el 11,47 y el 30,33 % en cada caso, de total de las existencias maderables actuales (*Tabla 3*).

Estos resultados se corresponden con los obtenidos por Álvarez *et al.* (2010), citados por Álvarez *et al.* (2011), en un estudio integral de impactos y adaptación sobre los municipios que conforman el sur de La Habana, donde determinaron que en el patrimonio administrado por la EFI Mayabeque se perderían en 2100 aproximadamente 35 617,01 ha, área equivalente al 71,9 % del total del área de la empresa; de manera que el impacto potencial del aumento del nivel del mar pudiera llegar a comprometer un total de 1 477 687,79 m³ de madera en pie, coincidiendo además con lo señalado por Mitrani *et al.* (2000), citados por Capote y Menéndez (2006), quienes para Cuba señalaron a las zonas costeras como las más vulnerables al cambio climático, apuntando a los manglares como uno de los ecosistemas de mayor vulnerabilidad.

Por otra parte, Menéndez *et al.* (2000) identificaron que las mayores afectaciones al ecosistema de manglar en Cuba por esta causa ocurrirán en el tramo costero en el sur de la provincia de La Habana, entre Batabanó y Playa Majana, a los manglares del Archipiélago Sabana-Camagüey y del Archipiélago Jardines de la Reina, así como a los manglares presentes en el tramo costero del sur de la provincia de Las Tunas, Camagüey, Ciego de Ávila y Sancti Spíritus.

TABLA 3

Volumen total de madera (m³) que se afectaría por penetración del mar para 2050 y 2100 en las costas norte y sur de la EFI Las Tunas

| | Norte | Sur | Total |
|------|------------|------------|------------|
| 2050 | 138 992,9 | 160 711,34 | 299 704,24 |
| 2100 | 576 227,77 | 216 318 | 792 545,8 |

La penetración del mar que se estima, provocará la pérdida de un grupo de especies arbóreas de

gran importancia, atendiendo a los servicios ambientales que prestan, destacándose por su función de protectoras del litoral y por el CO₂ que remueven de la atmósfera. Paulatinamente se producirá un proceso de descomposición de toda la biomasa que compone estos recursos, con la consiguiente emisión de millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera.

Para 2050 las especies que componen el ecosistema manglar mostrarán los mayores niveles de afectación, teniendo en cuenta su representatividad y distribución superficial, con especial preocupación sobre *Avicenia nitida* Jacq., *Rhizophora mangle* L. y *Laguncularia racemosa* L.; no obstante, existen otras propias de la vegetación costera que, aunque en menor medida, tendrán un nivel de afectación notorio, destacándose fundamentalmente *Oxandra lanceolata* (Sw.) Baill., *Metopium toxiferum* L. y *Conocarpus erecta* L. Para 2100 se mantendrán en primer orden de afectación las especies propias del manglar antes mencionadas, seguidas por *Metopium toxiferum* L., *Oxandra lanceolata* (Sw.) Baill., *Conocarpus erecta* L. y *Eugenia buxifolia* (Sw.) Willd., entre otras.

En términos económicos la pérdida de los recursos maderables existentes alcanzarían cifras significativas, aun si consideramos que su objetivo final fuese la producción de leña, ya que superarían los 12,8 millones de pesos en 2050 y los 33,9 millones de pesos en 2100.

Impactos actuales por intrusión salina

Atendiendo a los escenarios actuales de intrusión salina en los acuíferos costeros, se observa una afectación severa sobre las áreas donde se desarrollan los bosques de la EFI Las Tunas (*Fig. 3*), al abarcar prácticamente todo su patrimonio, tanto en la costa norte como en la sur, con tenores salinos iguales o superiores a 1 g x L⁻¹ de sales, incidiendo con una intensidad leve sobre el 2 % de los lotes, moderada inferior al 1 % y fuerte sobre el 91 %. Las zonas afectadas abarcan una superficie aproximada de 57 772,555 ha, donde el volumen total asciende a los 2 320 203,85 m³ de madera en pie, lo que representa el 89 % del total de la empresa.

La penetración del mar traerá de manera asociada un incremento progresivo de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos, situación que repercutirá desfavorablemente sobre los

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Yunion Álvarez Góngora

Ingeniero Forestal, investigador del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, forma parte del equipo institucional del Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático para el Sector Forestal Cubano y es autor de varios artículos científicos. Ha participado en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

SERVICIOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

Silvicultura

- Evaluación de proyectos o de áreas establecidas para la protección de cuencas hidrográficas.
- Evaluación de proyecto o áreas establecidas para sistemas agroforestales.

Protección y genética forestal

- Fenología forestal.
- Estudio sobre las causas, métodos y protección contra incendios forestales.
- Metodología para la creación de fincas especializadas en la producción de semillas mejoradas.

Tecnología y aprovechamiento de la madera

- Propiedades físico-mecánicas de la madera y definición de usos.
- Identificación de especies maderables.
- Conservación de la madera por métodos físico-químicos.
- Caracterización química elemental de la madera.
- Caracterización y recomendaciones de usos de especies maderables.