

## EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR EN LA EFI CIENFUEGOS. ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN

### EVALUATION OF THE IMPACTS OF THE INCREASE OF THE AVERAGE LEVEL OF THE SEA IN THE EFI CIENFUEGOS. ADAPTATION STRATEGY

M.Sc. LILIANA CABALLERO-LANDÍN<sup>1</sup>, M.Sc. ANDRÉS HERNÁNDEZ-RIQUENE<sup>1</sup>, DR. ARNALDO ÁLVAREZ-BRITO<sup>2</sup>,  
DRA. ALICIA MERCADET-PORTILLO<sup>2</sup>, M.Sc. GARDENIS MERLAN-MESA<sup>1</sup>, M.Sc. IVÁN PINO-ESTOPIÑALES<sup>3</sup> Y ELIO R.  
VEGA-MARTÍNEZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Estación Experimental Agro-Forestal Placetas. Finca Díaz Cuevas, Oliver Km 328, Placetas, C.P. 52800, Villa Clara, Cuba, lianrora@forestales.co.cu

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB de Investigaciones e Innovación Tecnológica. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba

<sup>3</sup> Empresa Agro-Forestal Cienfuegos. Calle 63 no. 72A15 e/ 72 y 74, Pueblo Grifo, Cienfuegos, Cuba

#### RESUMEN

Tomando como base el escenario A1C para una sensibilidad climática alta (de 4,2 °C), se determinaron los impactos esperables que por aumento del nivel del mar afectarían a los bosques costeros de la Empresa Forestal Integral Cienfuegos para los escenarios 2030, 2050 y 2085. Se evalúan para cada escenario las áreas afectadas en hectáreas y especies para cada unidad silvícola, y se hace una propuesta de estrategia de adaptación. Para fines de 2085 se deben esperar afectaciones de los bosques naturales costeros, principalmente de las especies *Rhizophora mangle* L., con 58,6 ha y *Coccoloba uvifera* Jacq. con 3,52 ha, que representan el 0,8 % del total del área de estudio. La unidad silvícola Cienfuegos será la más afectada en cuanto a la pérdida de 57,84 ha de mangles. De forma general, al finalizar 2085 se perderán 62,12 ha de bosques costeros que representan el 0,2 % de su patrimonio, las cuales quedarán sumergidas bajo el mar.

Palabras claves: bosques, cambio climático, impactos, nivel medio del mar.

#### INTRODUCCIÓN

Los bosques costeros –como los manglares, bosques de playa y algunas turberas pantanosas y bosques pluviales tropicales en zonas de baja altitud– desempeñan importantes funciones económicas, sociales y ambientales. El aumento del nivel del mar debido al cambio climático es una amenaza para muchos bosques costeros

#### ABSTRACT

Based on the A1C scenario, for a high climate sensitivity (of 4.2 °C), the expected impacts that by sea level rise would affect the coastal forests of the Cienfuegos Integral Forestry Company for scenarios 2030, 2050 and 2085. For each scenario, the affected areas in hectares and species for each silvicultural unit are evaluated and a proposal for adaptation strategy is made. By the end of 2085, the natural coastal forests should be expected to be affected mainly by *Rhizophora mangle* L., with 58.6 ha and *Coccoloba uvifera* Jacq. 3.52 ha representing 0.8 % of the total area of study. The Cienfuegos silvicultural unit will be the most affected in terms of the loss of 57.84 ha of mangroves. By the end of 2085, 62.12 ha of coastal forests will be lost, representing 0.2 % of their heritage, which will be submerged under the sea.

Key words: forests, climatic change, impacts, mean sea level.

naturales. La restauración y protección de los bosques costeros son importantes para disminuir los impactos del cambio climático (FAO, 2013). Según Álvarez y Mercadet *et al.* (2011), estos impactos ya comienzan a ocurrir y no son tan lejanos o poco probables como muchos asumen, pues las pruebas ya lo evidencian.

El nivel medio del mar (NMM) ha variado ampliamente durante miles y millones de años. Desde el último máximo glacial, hace aproximadamente 20 000 años, el NMM ha aumentado más de 120 m (GCRP-USA, 2006; citado por INSMET, 2012).

Como el nivel del mar continuará aumentando en el siglo XXI debido a la dilatación térmica y a la pérdida del hielo terrestre debido fundamentalmente al calentamiento producido por los gases de efecto invernadero (IPCC, 2007), se hace necesario el monitoreo y estudio de las zonas costeras del patrimonio forestal nacional. Este estudio se realizó en la Empresa Forestal Integral Cienfuegos, y facilitará a los decisores determinar cómo el cambio climático, y en particular el ascenso del NMM, está afectando

o afectará en el futuro los bosques costeros de su patrimonio e implementará medidas de adaptación.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio de caso sobre evaluación de los impactos generados por el aumento del nivel mar, así como la formulación de las estrategias de adaptación correspondientes, fue llevado a cabo en la EFIC, ubicada en la provincia de Cienfuegos. Para el estudio de caso y su análisis se tomó una porción de territorio cerca de la línea costera con una profundidad tierra adentro de 2 km a 3 km del total del área de la empresa, y ocupada por los municipios de Abreus, Cienfuegos y Cumanayagua (*Fig. 1*).

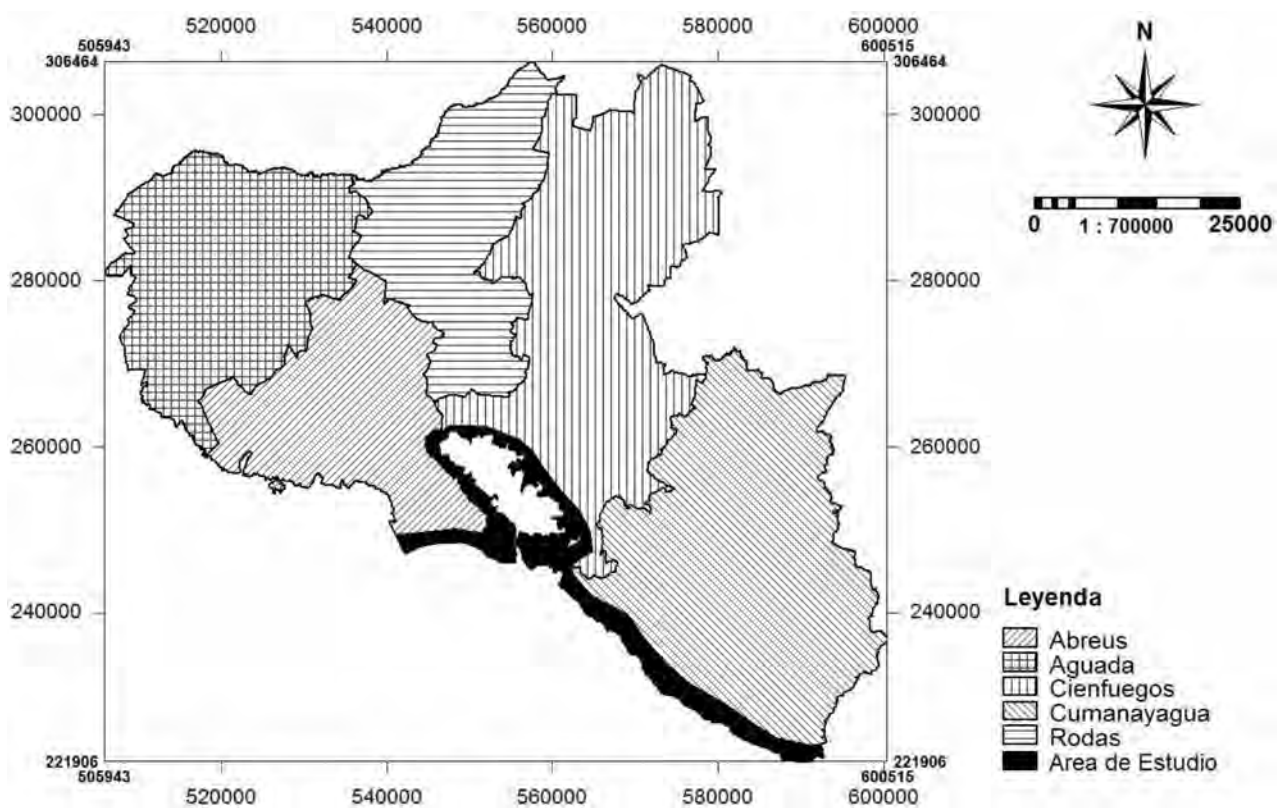


Figura 1. Ubicación de las unidades silvícolas en la EFIC y del área de estudio en la zona costera.

La EFIC, ubicada entre los 21°49'37,14" N y los 80°55'50,44" W, y los 22°34'58,05" N y 80°00'30,25" W, cuenta con una superficie total de 34 489,32 ha, de las cuales 33 499,9 ha están consideradas como áreas forestales (97,1 %) y 989,4 ha como inforestales (2,9 %). Al analizar el total de bosques, se puede decir que el 59,4 % son protectores de aguas y suelos, el 16,7 % son protectores del litoral, el 23,8 % son productores y el 0,1 % son bosques recreativos. La precipitación acumulada media anual está alrededor de los 1457 mm, con una temperatura media anual de 23,3 °C (Proyecto de Ordenación EFIC, 2006).

En la evaluación de los impactos del cambio climático y de las medidas de adaptación, en la EFIC se empleó la metodología descrita por Álvarez y Ponce (2003). Los escenarios de aumento del nivel del mar utilizados para los estudios de caso fueron 15 cm para 2030; 27 cm para 2050 y 64 cm para 2085 como máximo nivel.

El escenario a partir del cual se tomaron estos valores es el A1C, para una sensibilidad climática alta de 4,2 °C (IPCC, 2001). Se empleó este escenario teniendo en cuenta que es el adoptado para otras evaluaciones de impacto en el país, y que el nivel medio del mar está aumentando a razón de 1,43 mm/año.

Considerando los valores de elevación media del mar previsto por el escenario seleccionado y las características de la EFIC, se procedió a la determinación de las áreas afectadas en cada período. Para esto fue utilizado el sistema de información geográfico ILWIS 3.7.1 con el que se creó el modelo de elevación digital del terreno del área de estudio, que fue usado posteriormente para la determinación de las áreas en la cual la penetración del mar ocurriría.

Tomando como base la información digital colectada, se calculó a nivel de especies (Fig. 2) en qué período estos impactos se producirían, teniendo en cuenta la altitud sobre el terreno.

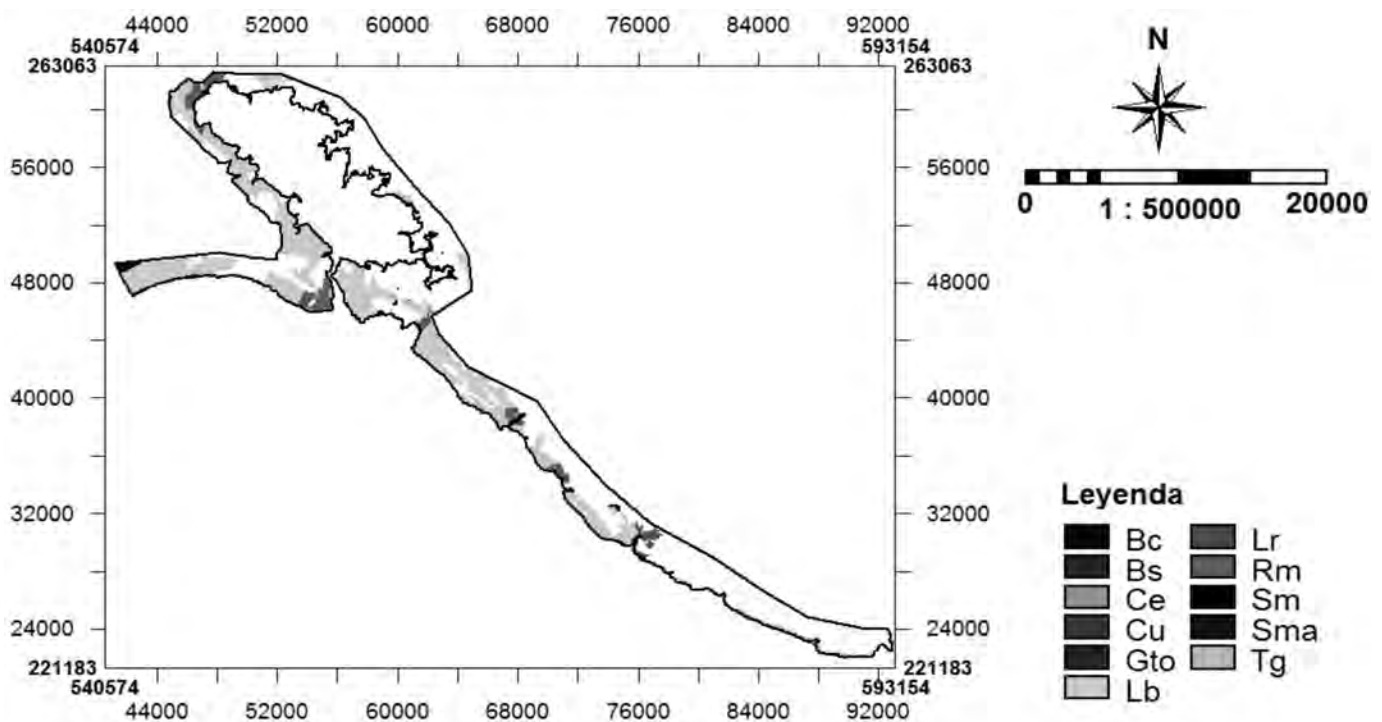


Figura 2. Distribución de las especies en el área de estudio.

La leyenda utilizada durante el trabajo para identificar las especies fue la empleada en el proyecto de ordenación definida de la siguiente forma: Bc: *Buchenavia capitata* (Vahl.) Eichl. (júcaro), Bs: *Bursera simaruba* (L.) Sargent (almácigo), Ce: *Conocarpus erecta* L. (yana), Cu: *Coccoloba uvifera* Jacq. (uva caleta), Gto: *Guazuma tomentosa* HBK (guásima), Lb: *Lysiloma bahamensis* Benth. (soplillo), Lr: *Laguncularia racemosa* R.G. (patabán), Rm: *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo), Sm: *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. (caoba del país), Sma: *Swietenia macrophylla* King. (caoba de Honduras), Tg: *Tectona grandis* L. f. (teca).

Para analizar los resultados se generó un mapa de penetración del mar representando cada

escenario, y se utilizó para realizar el análisis de penetración del mar en las unidades silvícolas áreas de penetración para las especies, por especies y unidad silvícola, y finalmente una evaluación resumen de las áreas de penetración del mar por especies, unidad silvícola y escenarios.

También se hicieron los análisis de impactos por formación boscosa (Fig. 3), obteniéndose la información de las áreas de penetración del mar por escenario por cada formación boscosa. Las formaciones boscosas que se utilizaron fueron las siguientes: Mc: Manigua costera, Mg: Manglar, Uv: Uveral, Scf-a: Semicaducifolio sobre suelo ácido., Scf-c: Semicaducifolio sobre suelo calizo.

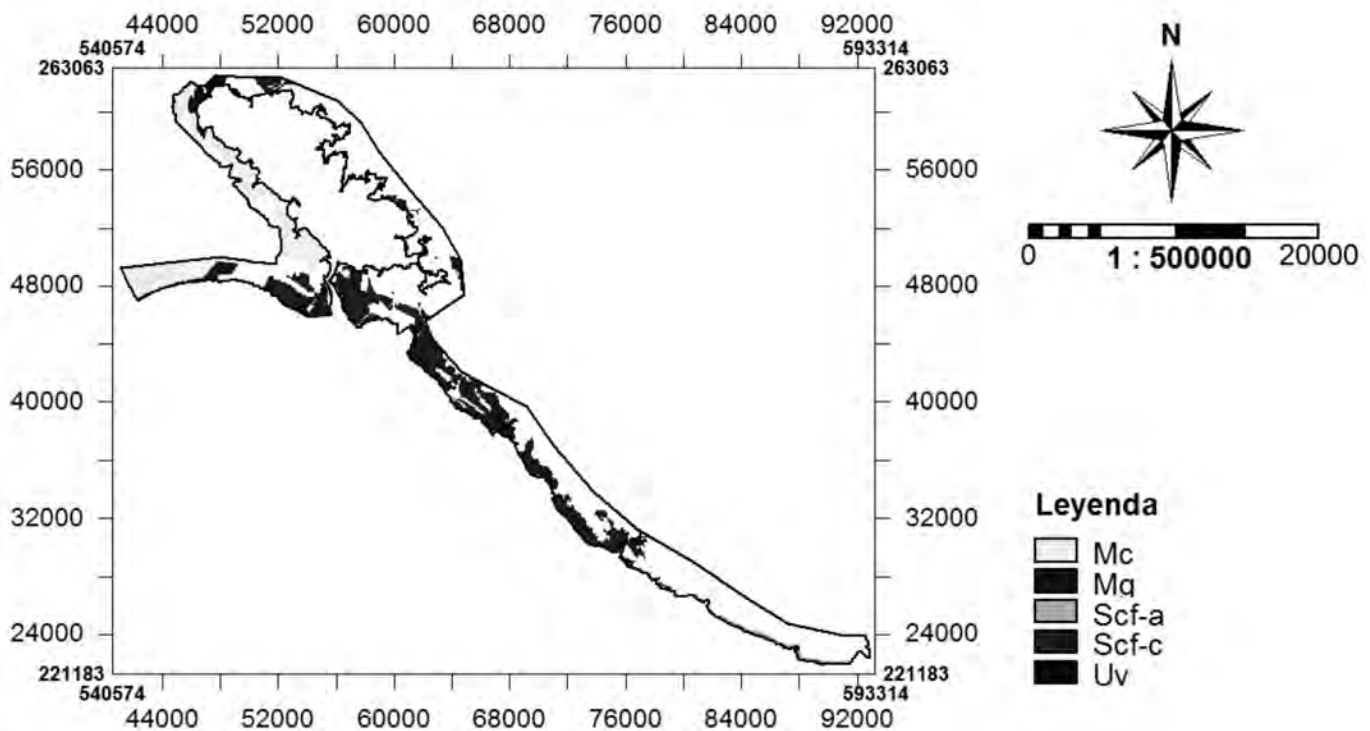


Figura 3. Distribución del área de estudio por formaciones boscosas en la EFIC.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la zona de la costa sur de la provincia de Cienfuegos, comprendida en el patrimonio de la Empresa Forestal Integral del mismo nombre, el ecosistema Manglar no se desarrolla a lo largo de toda la costa como en otras provincias. Esta formación como tal se desarrolla en las áreas ba-

jas de la desembocadura de los ríos en la costa sur de la provincia. Dentro del área de estudio, *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo) se encuentra en áreas compactas donde la sucesión de las demás especies que forman el manglar es muy pobre y en ocasiones no existe. Las demás áreas

cercanas a la costa, con una altura suficiente para que el mar no las inunde, están cubiertas de bosques naturales de *Lysiloma bahamensis* Benth. (soplillo), unos kilómetros de *Coccoloba uvifera* Jacq. (uva caleta) y de la manigua costera (Dinámica EFIC, 2013).

En el caso de las especies *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. (patabán) y *Conocarpus erecta* L. (yana), se encuentran en zonas también compactas; la primera ocupando áreas en la

parte sureste de la costa y la segunda en la parte sur de la costa, como sucesión después de *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo). En el caso del patabán, ocupa áreas de la unidad silvícola Cumanayagua, donde es predominante con relación al mangle rojo, que solo aparece en pequeñas áreas.

Como un resultado importante, se obtuvo el mapa de penetración del mar en las áreas de la EFIC para los tres escenarios en estudio (Fig. 4).

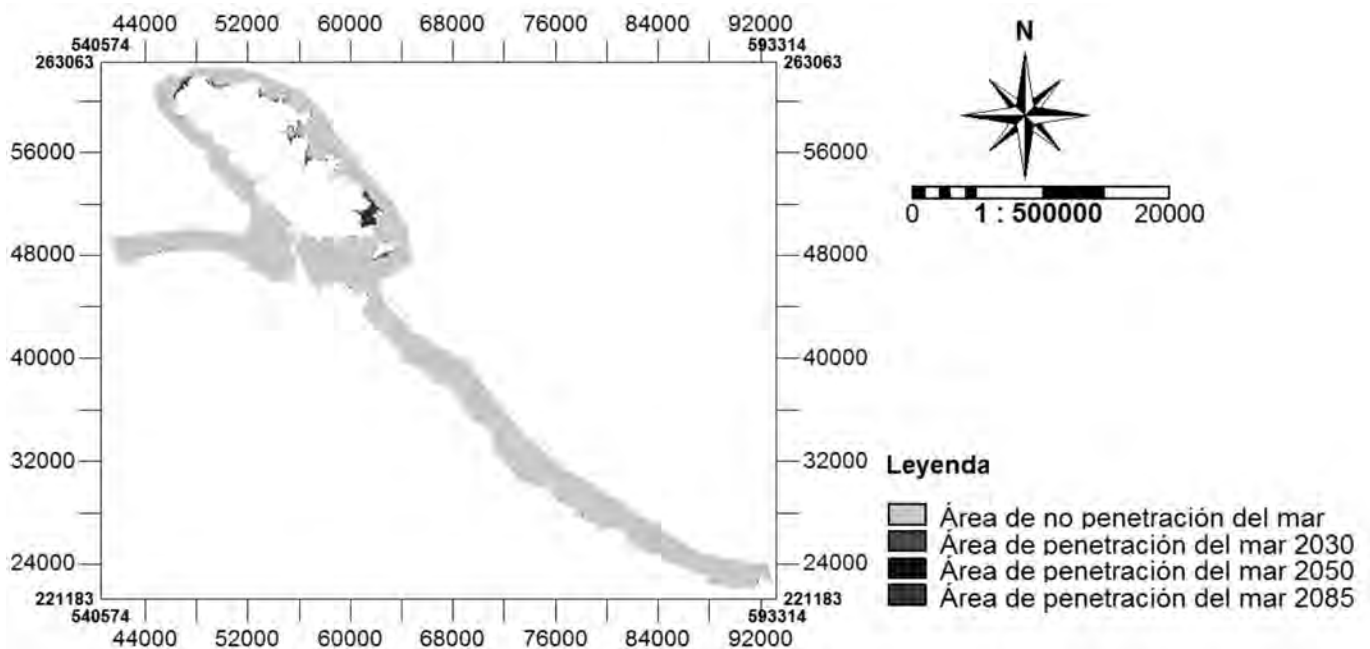


Figura 4. Área de penetración del mar para cada escenario.

Como se puede apreciar en la Tabla 1, en los tres escenarios la unidad silvícola que más se afectará será Cienfuegos, de ahí la necesidad de tomar medidas para adaptarse a este impacto. Las dos unidades restantes deben continuar el monitoreo de sus áreas

para detectar a tiempo alguna afectación por la variación de los escenarios. En general, la empresa al finalizar 2085 perderá 62,12 ha de sus bosques costeros que estarán totalmente inundadas (Tabla 1), lo que representa solo el 0,8 % de sus áreas.

**Tabla 1. Área de penetración del mar por unidades silvícolas y escenarios (ha)**

Unidades silvícolas (US)	Área de no penetración	Escenarios			Área afectada en los tres escenarios	Total del área de la US
		2030	2050	2085		
Abreus	876,04	0,00	0,12	3,40	3,52	879,56
Cienfuegos	4292,76	9,56	8,88	39,40	57,84	4350,60
Cumanayagua	2616,44	0,12	0,16	0,48	0,76	2617,20
<i>Total</i>	7785,24	9,68	9,16	43,28	62,12	7847,36

La elevación del nivel del mar en 15 cm prevista para 2030 tendrá su mayor impacto negativo para la especie *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo), con una afectación de 9,68 ha. Esta especie se afectará debido a que los neumatóforos, imprescindibles para la respiración, quedarán bajo el agua del mar permanentemente.

Para el escenario 2050, con 27 cm de elevación del nivel del mar, la especie *Coccoloba uvifera* Jacq. aparece con pérdidas en áreas

(0,12 ha), no tan significativas comparadas con el total del área, pero igualmente una pérdida. A la par, continúa la penetración de las áreas de *Rhizophora mangle* L. con 9,04 ha. Ya para 2085, con un escenario de aumento del nivel del mar de 64 cm, los impactos negativos se incrementarán para la especie *Rhizophora mangle* L., y un poco menos para *Coccoloba uvifera* Jacq., con penetración del mar de 39,88 ha y 3,4 ha respectivamente (Tabla 2).

**Tabla 2. Áreas de penetración del mar por especies y por cada escenario (ha)**

Especies	Área de no penetración	Escenarios			Área afectada en los tres escenarios	Total
		2030	2050	2085		
Bc	81,00					81,00
Bs	23,12					23,12
Ce	27,64					27,64
Cu	43,40		0,12	3,40	3,52	46,92
Gto	0,08					0,08
Lb	6700,28					6700,28
Lr	173,36					173,36
Rm	710,72	9,68	9,04	39,88	58,6	769,32
Sm	0,36					0,36
Sma	15,96					15,96
Tg	9,32					9,32
<b>Total</b>	<b>7785,24</b>	<b>9,68</b>	<b>9,16</b>	<b>43,28</b>	<b>62,12</b>	<b>7847,36</b>

El análisis de penetración del mar por especies que se verán afectadas en cada unidad silvícola se presenta en la Tabla 3. Se observa que las especies *Rhizophora mangle* L. y *Coc-*

*coloba uvifera* Jacq. son las más perjudicadas debido al aumento del nivel del mar, afectándose 58,6 ha y 3,52 ha, respectivamente, al finalizar 2085.

**Tabla 3. Áreas de penetración del mar por especies y unidades silvícolas (ha)**

Especies	Área de no penetración	Unidades silvícolas			Área afectada por Sp	Total
		Abreus	Cienfuegos	Cumanayagua		
Bc	81,00				0,00	81,00
Bs	23,12				0,00	23,12
Ce	27,64				0,00	27,64
Cu	43,40	3,52			3,52	46,92
Gto	0,08				0,00	0,08
Lb	6700,28				0,00	6700,28
Lr	173,36				0,00	173,36
Rm	710,72		57,84	0,76	58,60	769,32
Sm	0,36				0,00	0,36
Sma	15,96				0,00	15,96
Tg	9,32				0,00	9,32
<b>Total</b>	<b>7785,24</b>	<b>3,52</b>	<b>57,84</b>	<b>0,76</b>	<b>62,12</b>	<b>7847,36</b>

Al observar la distribución espacial de dichas especies, se puede decir que las unidades silvícolas con áreas más afectadas serían las de Cienfuegos y Abreus con 57,84 ha y 3,52 ha, respectivamente, ya que la de Cumanayagua solo tiene 0,76 ha afectadas (*Tabla 3*).

Como la costa sur de la provincia es bastante alta y abundante en diente de perro, escasea la aparición del ecosistema manglar dentro de las áreas del patrimonio de la EFIC, y solo se presenta en determinadas áreas más bajas y que usualmente coinciden con la desembocadura de los ríos.

De ahí que la empresa deba encaminar sus esfuerzos al desarrollo de los programas de reforestación en las áreas donde no habrá penetración del mar y que cubre una superficie de 710,72 ha, así como realizar labores de conservación de estos reductos de manglares. La elevación del nivel medio del mar podría contribuir a una reducción drástica de las áreas de manglar y a la desaparición de otras

especies vegetales y de la fauna que puedan estar asociadas a este ecosistema.

En el caso de la especie *Lysiloma bahamensis* Benth. (soplillo), aunque no se encuentra en estado de peligro por causa de inundación de su área natural por la penetración del mar, y que se encuentra formando bosques naturales en la zona, hay que darle un adecuado seguimiento, ya que podría ser afectada por la sobreexplotación de sus áreas, y en la actualidad este ecosistema actúa como la primera defensa contra las salpicaduras del mar tierra adentro. La *Tabla 4* muestra un resumen de las áreas de penetración del mar por unidades silvícolas, especies y escenario, que estarán ocurriendo en los períodos analizados.

Como se puede apreciar en la *Tabla 5*, de las formaciones que conforman la zona costera y bajo el patrimonio de la EFIC, la formación boscosa que más se afectará con el aumento del nivel del mar para los tres escenarios será el manglar, con resultados desfavorables para la biodiversidad de esta importante área.

**Tabla 4. Resumen de las áreas de penetración del mar por unidades silvícolas, especies y escenarios (ha)**

Unidad silvícola	Escenarios	Especies		Total
		Cu	Rm	
Abreus	2030	0,00	0,00	0,00
	2050	0,12	0,00	0,12
	2085	3,40	0,00	3,40
Subtotal para los tres escenarios		3,52	0,00	3,52
Cienfuegos	2030	0,00	9,56	9,56
	2050	0,00	8,88	8,88
	2085	0,00	39,40	39,40
Subtotal para los tres escenarios		0,00	57,84	57,84
Cumanayagua	2030	0,00	0,12	0,12
	2050	0,00	0,16	0,16
	2085	0,00	0,48	0,48
Subtotal para los tres escenarios		0,00	0,76	0,76
Total para los tres escenarios		3,52	58,60	62,12

**Tabla 5. Áreas de penetración del mar por escenarios y formación boscosa**

Escenarios	Formación boscosa	Área (ha)
2030	Mg	9,68
	Total	9,68
2050	Mg	9,04
	Uv	0,12
	Total	9,16
2085	Mg	39,88
	Uv	3,40
	Total	43,28
Área de no penetración del mar	Mc	2631,12
	Mg	938,22
	Scf-a	124,76
	Scf-c	4034,46
	Uv	56,68
	Total	7785,24

### Medidas de adaptación

En las áreas de manglar, que van a ser afectadas en los tres escenarios y unidades silvícolas atendiendo a las especies, y considerando que en esta empresa las áreas de la especie es bastante restringida si se compara con otras, se proponen como medidas de adaptación:

1. Establecer un sistema de monitoreo permanente de la zona del litoral que permita conocer sistemáticamente cómo va evolucionando esta área con el aumento del nivel del mar y qué efectos se están produciendo sobre sus recursos forestales.
2. Suspender toda acción de aprovechamiento en la faja de bosques costeros. Solo aprovechar aquellos individuos que se consideren muertos o en este proceso, y utilizar su madera principalmente como leña y/o para la producción de carbón vegetal.
3. Recategorizar como *Bosques protectores del litoral* los clasificados actualmente como *Bosques productores* en la faja de bosques costeros y que se corresponden con la especie *Lysiloma bahamensis* Benth. (soplillo) que, aunque no están en contacto directo con el mar, sí forman la primera barrera protectora del litoral en ausencia del manglar y su ecosistema.
4. Rehabilitar las áreas afectadas, ya sea por medio de plantaciones o siembra directa, para lo cual será necesario realizar una va-

loración previa por área y determinar, en dependencia de las condiciones existentes (salinidad, inundaciones, etc.), qué especies emplear y cuál método de reforestación usar. Este aspecto debe ser bien analizado, ya que aún subsisten deficiencias tales como la inadecuada selección de especies y de sitios para la reforestación y bajos niveles de supervivencia y logros de las plantaciones (Álvarez, Mercadet *et al.*, 2011).

5. Realizar acciones de educación ambiental con la población, los tomadores de decisiones y en los centros educacionales.
6. Todas las áreas donde se apliquen estas medidas deberán ser previamente identificadas, evaluadas y analizados los posibles riesgos de éxito del proceso, en base a sus condiciones específicas actuales, a fin de evitar costosos fracasos futuros, lo cual debe ser adecuadamente incorporado al proyecto de ordenación forestal de la empresa.
7. Si en la zona existen especies incluidas en la Resolución 160 (CITMA, 2011) y para las cuales sería necesario adoptar medidas de protección, se debe realizar la localización de sus existencias y acometer la producción de plántulas destinadas al enriquecimiento de esas formaciones boscosas y a la conservación *ex situ* de las mismas en otras áreas de la propia empresa.

### CONCLUSIONES

- El futuro aumento del NMM solo afectará un área pequeña de la EFIC, debido a las características topográficas de la costa sur de dicha provincia.
- A fines de 2085 la EFIC debe esperar afectaciones físicas de sus bosques naturales costeros, principalmente en las especies *Rhizophora mangle* L. y algo menos en *Coccoloba uvifera* Jacq., que representan el 0,8 % del total del área de estudio y el 0,2 % del total de área de la EFIC.
- De las unidades silvícolas, la de Cienfuegos será la más afectada por la pérdida de más de 57 ha de manglares.

### BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, A. *et al.* 2011. El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. La Habana. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Ministerio de la Agricultura. Cuba. 248 p.

- Álvarez, A., Ponce, D. 2003. "Impactos del cambio climático sobre el sector forestal cubano: Segunda evaluación". Informe final del Subproyecto 11.25.01 "Reanálisis y regionalización de los impactos del cambio climático". Proy 11.25 El cambio climático y el sector forestal: Segunda aproximación. Instituto de Investigaciones Forestales. La Habana. 43 p.
- CITMA. 2011. Regulaciones para el control y la protección de especies de especial significación para la diversidad biológica en el país. Resolución 160. 83 p.
- Dinámica Empresa Forestal Integral Cienfuegos (EFIC). 2013. Información cartográfica digital de la Empresa Forestal Integral Cienfuegos. EFIC. Cienfuegos. Cuba.
- FAO. 2013. Respuestas del manejo ante el Cambio Climático. En: Directrices sobre el cambio climático para los gestores forestales. FAO, Roma, Italia.
- GCRP-USA. 2006. Our changing climate. [ Internet ]. Disponible en: <http://www.gcrio.org/NationalAssessment/index.htm>. 29 p.
- INSMET. 2012. Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. La Habana. INSMET. Cuba. 520 p.
- IPCC. 2001. Special Report on Emissions Scenarios. Grupo de Trabajo III. 35 p.
- IPCC. 2007. Cambio Climático – Bases Científicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. (ISBN 978 052188009-1 Libro, 978 0521 70596-7 Folleto). [Internet]. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/>
- Proyecto de Ordenación EFIC. 2006. Información digital del proyecto de ordenación de la Empresa Forestal Integral Cienfuegos. EFIC, Cienfuegos, Cuba.

## RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Liliana Caballero-Landín

Graduada de Ingeniera Forestal en la Universidad de Pinar del Río, Cuba, obtuvo el título de M.Sc. de la Geoinformación y Observación de la Tierra en la Universidad de Wageningen, Holanda. Se desempeña como investigadora del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales en la Unidad Experimental de Base existente en Placetas, Villa Clara, Cuba. Forma parte del equipo institucional que desde principios del presente siglo desarrolla actividades encaminadas a la formulación del Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático para el sector forestal cubano, atendiendo en ese contexto las provincias de Villa Clara y Cienfuegos.