

AUMENTO DE LA TEMPERATURA: IMPACTO POTENCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA BIODIVERSIDAD ARBÓREA FORESTAL DE LA EMPRESA AGRO-FORESTAL BARACOA

INCREASE OF THE TEMPERATURE: IMPACT POTENTIAL OF THE CLIMATIC CHANGE ON THE FOREST ARBOREAL BIODIVERSITY OF THE AGROFORESTRY ENTERPRISE BARACOA

DR.C. ARLETY AJETE-HERNÁNDEZ¹, DR.C. ARNALDO ÁLVAREZ-BRITO¹, DR.C. ALICIA MERCADET-PORTILLO¹ Y DR.C. WILMER TOIRAC-ARGÜELLE¹

¹Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB de Investigación e Innovación Tecnológica. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba

RESUMEN

En muchas regiones del mundo hay gran diversidad de evidencia de los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad. El siguiente trabajo examina la proyección climática futura de la temperatura media y su potencial influencia en la biodiversidad de la Empresa Agro-Forestal Baracoa, provincia de Guantánamo, Cuba. Para ello fue utilizado el sistema de modelado climático PRECIS mediante el empleo de dos modelos de circulación global (Hadley [H] y Echam [E]), todo ello bajo los escenarios de emisiones A2 y B2, para tres períodos de tiempo. Como resultado de la evaluación se identificaron riesgos de extinción para 23 especies endémicas y exclusivas de la formación Pluvisilva de montaña reportadas en el área de la empresa, las cuales fueron agrupadas en cuatro grupos de especies vulnerables. Tomando en consideración los riesgos que enfrentan esas taxas, se acomete la determinación de medidas para hacer frente a este problema, especificándose los aspectos que serán necesarios abordar para su implementación.

Palabras claves: adaptación, cambio climático, escenarios, temperatura, impacto

INTRODUCCIÓN

El cambio climático ya es un hecho. El aumento mundial de temperaturas, la variación de los índices de precipitación y otros muchos factores ya están provocando y provocarán severos y diferentes factores de riesgo, y según datos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático

ABSTRACT

In many regions of the world there is great diversity of evidence of the impacts of the climatic change on the biodiversity. The following work examines the future climatic projection of the half temperature succinctly and its potential influences in the biodiversity of the Agroforestry Enterprise Baracoa of Guantanamo country, Cuba. For the system of modeling climatic PRECIS it was used by means of the employment of two models of global circulation (Hadley [H] and Echam [E]), everything it under the scenarios of emissions A2 and B2, for three periods of time. As a result of the evaluation extinction risks were identified for seven endemic and exclusive species of the formation Pluvisilva of mountain reported in the area of the Enterprise which were contained in two groups of vulnerable species. Taking in consideration the risks that face those taxa, the determination of measures is attacked to make in front of this problem, being specified the aspects that will be necessary to approach for their implementation.

Key words: adaptation, climatic change, scenarios, temperature, impact

(IPCC), el incremento 2 °C en la temperatura media mundial ya tendrá serias consecuencias sobre el agua, los ecosistemas, la seguridad alimentaria y la biodiversidad, potenciando a su vez los eventos climatológicos extremos y cambios rápidos a gran escala.

Hay gran cantidad de evidencia de los impactos negativos del cambio climático sobre la biodiversidad (Parmesan, 2006). Se han identificado cambios de tamaño y distribución de las poblaciones, de sus rangos geográficos y su fenología, los cuales ocasionan desacoplamiento de las interacciones entre las especies, que se acentúa en la interacción de flora y fauna y provoca cambios en los procesos de evolución y aptitud por la disminución de nutrientes y otros recursos, hasta la extinción de especies (Barcena *et al.*, 2011).

El Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET, 1999) ha planteado que de forma general se espera que el clima del país evolucione en el futuro hacia una mayor aridez, debido a la acción combinada del aumento de la temperatura y de la disminución de las lluvias.

Dentro de este contexto, el objetivo central del presente trabajo es examinar la proyección climática futura de la temperatura media y su potencial influencia en la biodiversidad de la Empresa Agro-Forestal (EAF) Baracoa, así como definir medidas o acciones claves para promover la adaptación frente al actual escenario climático previsto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Según Rodríguez *et al.* (2009), la EAF Baracoa está ubicada en la parte norte del extremo más oriental de la provincia de Guantánamo, entre los 74° 29' 19" de longitud oeste y los 20° 19' 55" de latitud norte, limita al norte con el Océano Atlántico, al sur con la EAF Imías, al este con la EAF Maisí y al oeste con el Parque Nacional Alejandro de Humboldt (*Fig. 1*).

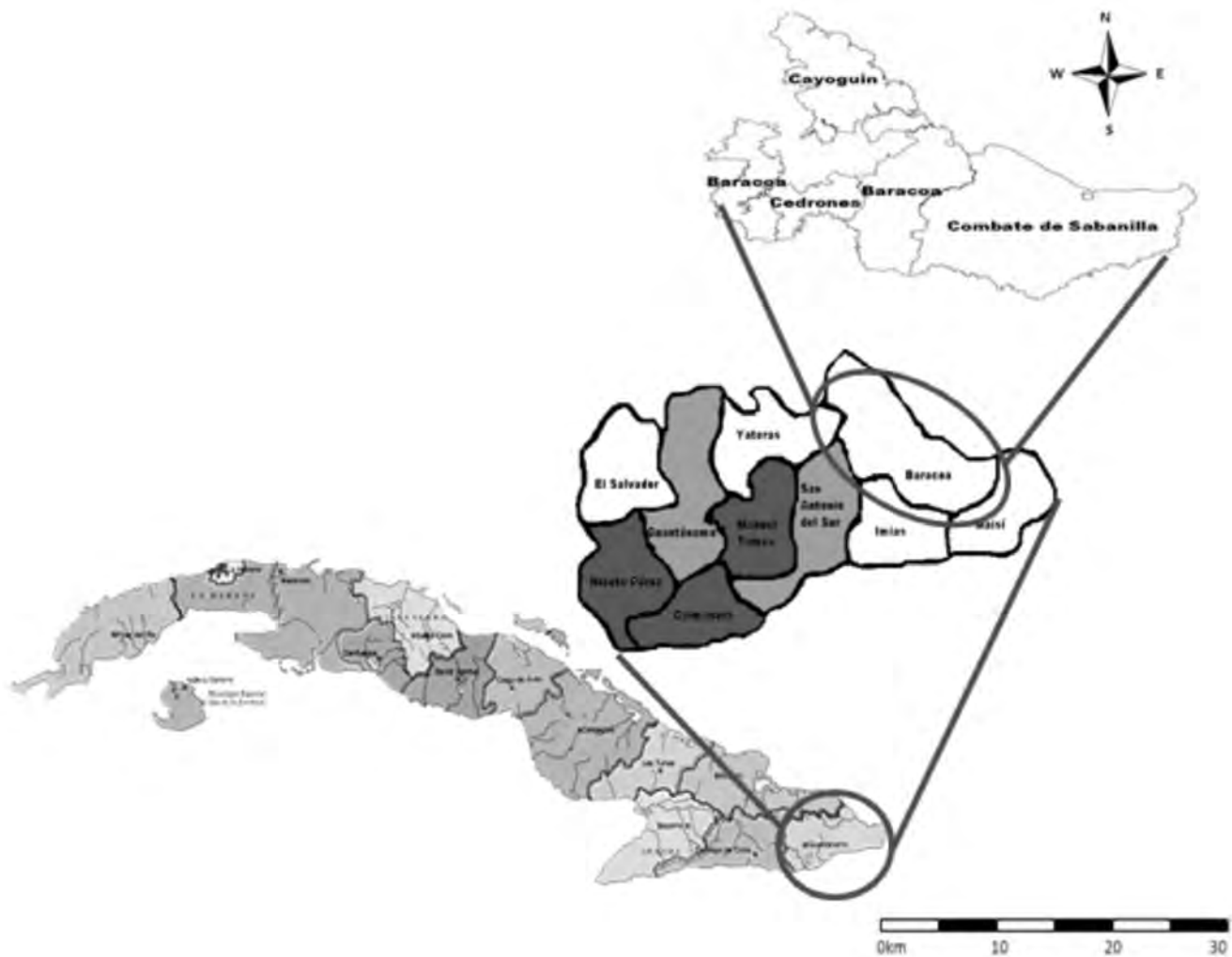


Figura 1. Ubicación de la EAF Baracoa.

Un 95 % de la superficie de la empresa es montañosa, con pendientes mayores del 15 %. Las alturas oscilan entre la cota cero y los 700 msnm. Existe una amplia cobertura de suelos que se clasifican según su génesis en nueve grupos genéticos: Ferrítico Rojo, Ferralítico Rojo, Ferralítico Amarillento, Fersialítico Rojo Parduzco, Fersialítico Pardo Rojizo, Pardo con Carbonato, Pardo sin Carbonato, Aluvial y Esquelético. La media de la temperatura para todo el territorio de la EFI Baracoa es de 26,80 °C, con precipitación promedio anual de 2000 mm (Rodríguez *et al.*, 2009).

Los futuros climas que pudiera enfrentar la diversidad biológica del territorio de la EAF Baracoa fueron simulados mediante el empleo de dos modelos de circulación global a nivel del mar (Hadley [H] y Echam [E]) y dos de las familias de escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (A2 y B2), originando así cua-

tro escenarios climáticos diferentes (HA2, HB2, EA2 y EB2). Partiendo de estos escenarios, fue utilizado el sistema PRECIS (Centella y Bezani-lla, 2009) para lograr una reducción en escala ajustada para el área del Caribe, con vistas a generar los escenarios climáticos para Cuba.

Se dispuso de la variación mensual de temperatura media para cada año del período 2011-2099 en cuadrícula, cuyo centro está en los 74,5 °O y los 20,5 °N. Los valores mensuales fueron agrupados y promediados para formar tres períodos (corto plazo: 2011-2040, mediano plazo: 2041-2070 y largo plazo: 2071-2099), y en cada plazo se calculó la media anual de variación de las temperaturas media por escenario de emisión y por modelo de circulación global.

La línea base (histórica) de temperatura para el municipio de Baracoa fue estimada a partir de los reportes de INSMET (2010) para el período 1981-2000 (*Fig. 2*).

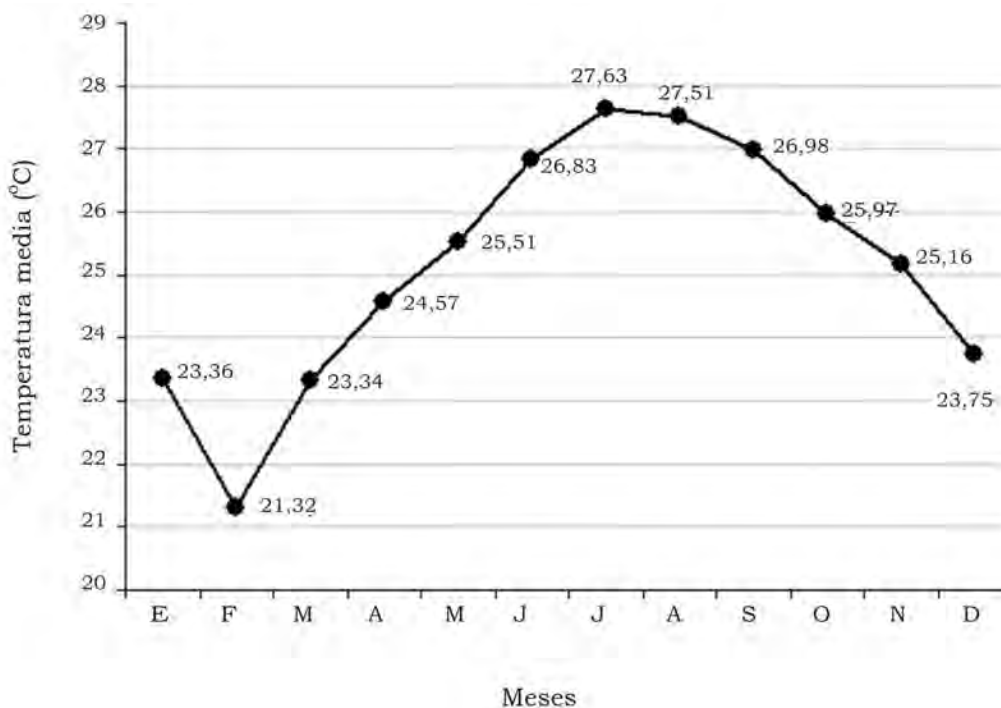


Figura 2. Línea base histórica de la temperatura media del aire.

Los resultados alcanzados con las temperaturas fueron utilizados para estimar el posible desplazamiento altitudinal de las especies que se ubican en las montañas de Baracoa, partiendo de lo reportado por el IPCC (2001), quien plantea que un aumento de la temperatura media de 1,0

a 3,5 °C equivaldría a un aumento en altitud entre 150 y 550 m para las formaciones vegetales de montaña, lo que aproximadamente representa un aumento medio de altitud de 15 m por cada 0,1 °C de aumento en la temperatura media, identificándose entre todas las forma-

ciones que componen el patrimonio forestal de la EAF Baracoa la formación que será más afectada por el incremento de la temperatura. Conjuntamente se identificaron las especies que alberga esta formación, según Bisse (1988), y de estas cuáles serían las más afectadas; tomando en consideración lo establecido en el vigente Reglamento de la Ley Forestal 85 (MINAG, 1998) y la Resolución 160 de 2011 (CITMA, 2011), fueron agrupadas en cuatro grupos de riesgo que disminuyen con el aumento del orden del grupo. Una vez identificados los escenarios climáticos que pueden ocurrir en el área de la empresa y el impacto que los mismos pueden originar sobre los

recursos genéticos forestales y la diversidad biológica en ese territorio, se establecen medidas de adaptación para minimizar sus efectos negativos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente figura se ofrece información de los límites esperables del aumento de las variaciones de temperatura, según los resultados de los modelos de escenarios con proyecciones para los tres periodos de tiempo evaluados, observándose que los conjuntos de datos para los tres periodos evaluados (corto, mediano y largo plazo) mostraron una elevada coherencia por modelo.

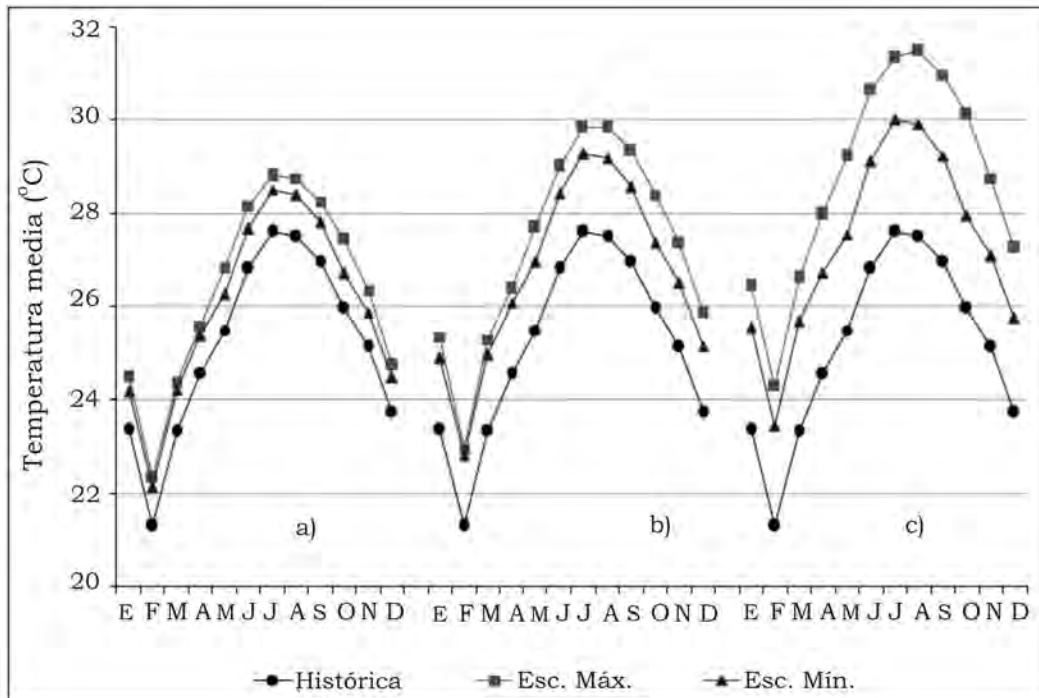


Figura 3. Evolución mínima y máxima del cambio de la temperatura media mensual del aire obtenida para el corto (a), mediano (b) y largo plazo (c) con respecto al periodo 1981-2000, para la zona de la EAF Baracoa (Esc. Máx.: Escenario máximo; Esc. Mín.: Escenario mínimo).

Las proyecciones del clima con independencia de los escenarios de emisiones evaluados muestran que las variaciones de la temperatura media del aire a nivel del mar resultan bastante similares para los tres periodos evaluados, estando estas proyecciones para los años de 2011-2099 en el

rango de 22,13 °C y 31,50 °C, y con respecto a la línea base (1981-2000), las variaciones de los límites mínimo y máximo esperables para la temperatura media anual del aire y los diferentes plazos de tiempo variarán entre +0,81 °C y +3,87 °C, como se muestra en la *Tabla 1*.

Tabla 1. Variación esperable de los límites de la temperatura media del aire a nivel medio del mar, para diferentes períodos de estudio en la zona de la EAF Baracoa

Período	Año	Δ Temperatura media (°C)	
		Mín.	Máx.
Línea base	1981-2000	0,00	0,00
Corto plazo	2011-2040	+0,81	+1,20
Mediano plazo	2041-2070	+1,50	+2,21
Largo plazo	2071-2099	-2,14	+3,87

En términos generales estos resultados demuestran que la evolución futura de la zona comprendida por el territorio de la empresa para el período 2011-2099 será hacia un clima más cálido, debido a una tendencia muy marcada del aumento de las temperaturas medias del aire, que sufrirán un ascenso entre 0,81 °C y 3,87 °C en sus valores medios mensuales con respecto a las del período de referencia.

Tomando en consideración estas valoraciones y partiendo de lo planteado por el IPCC (2001), y de las variaciones de temperatura de la *Tabla 1* en términos de la potencial migración altitudinal que pudiera inducir sobre la distribución natural de las especies vegetales, se establecieron rangos de desplazamientos para las especies propias de las montañas de la región de estudio, los que son mostrados en la *Tabla 2*.

Tabla 2. Rangos de desplazamiento altitudinal esperable para diferentes períodos de estudio en la zona de la EAF Baracoa

Período	Año	Δ h(m)	
		Mín.	Máx.
Línea base	1961-2000	0,00	0,00
Corto plazo	2011-2040	121,50	180,00
Mediano plazo	2041-2070	225,00	331,50
Largo plazo	2071-2099	321,00	580,50

Según los resultados mostrados en la *Tabla 2*, el rango de distribución altitudinal de las especies de montaña podría presentar un desplazamiento hacia la cima entre 121,50 m y 580,50 m para el período 2011-2099.

A los efectos de estos resultados se enfatiza en la formación Pluvisilva de montaña por ser la última ubicada a mayor altitud en la EAF Baracoa, resultando ser las especies albergadas en esta formación las más vulnerables al incremento de la temperatura esperado.

En Cuba, con la excepción del noroeste de la región oriental del país (área de Nipe-Sagua, Holguín), la formación Pluvisilva de montaña se encuentra en el noroeste de la región oriental (área donde se encuentra ubicada la EAF Baracoa a partir de los 300-400 msnm, y las zonas montañosas del área de Baracoa excep-

cionalmente superan los 850 msnm (Magaz, 1989), entonces un desplazamiento altitudinal hacia la cima entre 121,50 y 580,50 m para los años 2011 a 2099 podría colocar en grave riesgo los recursos genéticos de las especies identificadas como exclusivas de esa formación en la empresa, porque solo les restarían 220 m para una migración altitudinal en un plazo de 90 años. Con ello se afectará también la diversidad biológica de la región, riesgo cuya intensidad crecería en la medida en que la especificidad de su distribución aumentara y/o la abundancia de sus existencias físicas disminuyera, enfrentando esta formación el riesgo de enfrentar un desplazamiento a mayor altitud ascendente de sus especies en busca de mantener su adaptación al ambiente en que se desarrollan.

Los resultados hasta aquí presentados son similares a los obtenidos por Álvarez (2010), quien con el empleo de los mismos escenarios y modelos proyectados en este trabajo, evaluó los riesgos futuros que enfrentarían las formaciones Monte nublado y Monte fresco que se encuentran localizados en las mayores elevaciones del oriente del país, entre las que están el Pico Real del Turquino, el Pico Cuba, el Pico Bayamesa y el Pico Martí, todos en la Sierra Maestra, y determinó que con respecto al período 1961-1990, la temperatura mostraba aumentos entre 1,00 y 3,50 °C, propiciando la ocurrencia de un desplazamiento hacia la cima de 150,00 a 525,00 m, previéndose que en algún momento posterior a la mitad del presente siglo la formación Monte fresco enfrentaría el riesgo de desaparecer, ya que en su totalidad las especies que la conforman son endémicas. En cuanto a la formación Monte nublado, distribuida entre las mayores elevaciones de la Sierra Maestra, en la provincia de Santiago de Cuba, y de la cordillera Sagua-Baracoa, en la provincia de Guantánamo, para finales del presente siglo esta formación habría ascendido entre el 35 y el 55 % de la altura que actualmente tiene disponible, buscando mantener su adaptación ambiental, debido a que el 62 % de las especies que la integran son endémicas.

Los resultados obtenidos por Planos *et al.* (2012) son similares a los aquí presentados. Estos autores modelaron el comportamiento que tendrían determinadas formaciones vegetales en las provincias orientales, ubicadas hacia el Macizo del Turquino y la Sierra de Cristal ante un aumento de 3 °C en la temperatura media del aire, con el mismo régimen de precipitación y considerando que no existieran alteraciones bruscas en el suelo y en la altitud. Este estudio indicó para algunas de la formaciones incluidas en las áreas evaluadas que un aumento de la temperatura, con el consiguiente incremento de la evaporación, incidiría en la descomposición acelerada del sustrato orgánico del suelo y el aumento de la erosión, afectando las características del suelo, produciéndose un obstáculo para la migración de especies y pudiendo ocurrir cambios en la composición florística hacia las zonas más elevadas, sobre todo en el noroeste de la región oriental; ocupación de áreas de otras formaciones donde la temperatura sea entre 16 y 23 °C y desplazamiento hacia elevaciones

superiores de aquellas especies que se ubican en alturas por encima de 900 a 1900 msnm, con precipitaciones entre 1800 y 2200 mm y temperaturas menores a 16 °C, con lo que sufrirían una restricción en área.

En base al análisis anterior, se identificaron aquellas especies forestales exclusivas de la formación Pluvisilva de montaña que en el área de la EAF Baracoa enfrentarían los máximos riesgos de extinción ante el calentamiento global, siendo ubicadas las mismas en cuatro grupos:

- *Primer grupo:* Especies bajo protección por la Ley Forestal, endémicas, exclusivas de la formación Pluvisilva de montaña, de especial significación para la diversidad biológica nacional y reportadas solo para Baracoa: *Magnolia cubensis* Urb. subsp. *cacuminicola* (Bisse) G. Klotz; *Cnidocolus regina* (Leon) Radcl.-Sm. & Govaerts.
- *Segundo grupo:* Especies bajo protección por la Ley Forestal, endémicas, exclusivas de la formación Pluvisilva de montaña, de especial significación para la diversidad biológica nacional y reportadas para el norte de la región oriental: *Pera ekmanii* Urb.
- *Tercer grupo:* Especies endémicas, exclusivas de la formación Pluvisilva de montaña y reportadas solo para Baracoa: *Bonnetia cubensis* (Britton) R.A. Howard; *Henriettea acunae* (Alain) Alain; *Laplacea moaensis* Vict.; *Ocotea moaensis* Bisse; *Podocarpus angustifolius* Griseb.
- *Cuarto grupo:* Especies endémicas, exclusivas de la formación Pluvisilva de montaña y reportadas para el norte de la región oriental: *Ardisia grisebachiana* (Kuntze) Alain; *Byrsonima lucida* (Mill.) Rich.; *Calophyllum utile* Bisse; *Coccoloba costata* C. Wright; *Erythroxylon longipes* O. E. Schulz; *Guapira rufescens* (Griseb.) Lundell var. *rufescens*; *Guatteria cubensis* Bisse; *Haenianthus variifolius* Urb.; *Hyeronima nipensis* Urb.; *Chionanthus bumelioides* (Griseb.) Stearn subsp. *cubensis* (P. Wilson); *Magnolia cristalensis* Bisse; *Maytenus loeseneri* Urb. var. *loeseneri*; *Chaetocarpus acutifolius* (Britton & P. Wilson) Borhidi; *Terminalia nipensis* Alain; *Terminalia chicharronia* C. Wright subsp. *orientensis* (Monach.) Alwan & Stac.

Los resultados de los escenarios climáticos en el área de la empresa y el impacto que los mismos pueden originar sobre los recursos genéticos forestales y la diversidad biológica en ese territorio, permitieron concebir como medidas encaminadas a minimizar los efectos negativos que se derivan de la simulación de esta variable climática las siguientes:

Medidas de adaptación

Conservación ex situ de los recursos amenazados: Para emprender esta medida es necesario localizar sobre el terreno ejemplares de cada una de estas especies, determinar su abundancia relativa, estudiar su fenología, recolectar material propagativo, definir el beneficio de las semillas y el manejo de las plántulas en vivero y en plantación. Esta medida permitirá garantizar la conservación de los genofondos de las especies amenazadas, aplicando la conservación *ex situ* en otras zonas o áreas, así como el empleo de técnicas de conservación de material propagativo a largo plazo (que incluya polen, semillas y tejidos).

Esta medida son dirigidas para aquellas especies presentes agrupadas en el segundo y cuarto grupo, las que se distribuyen en toda la región nororiental del país, las cuales podrán ser conservadas en aquellas áreas que cuenten con las condiciones necesarias en lo que a requerimientos de altitud se refiere, lo que proporcionaría en caso de un continuado aumento de la temperatura, un desplazamiento ascendente en aquellas áreas donde la formación Pluvissilva de montaña aparece por encima de los 600 msnm, específicamente en el macizo Nipe-Sagua-Baracoa (Pico Cristal y Loma de la Mesura con 1231 y 995 msnm, respectivamente).

En el caso de las especies que componen los grupos uno y tres, se hace difícil su conservación *ex situ* debido a su alto grado de endemismo.

Monitoreo de poblaciones forestales de interés y de la temperatura: Esta medida consiste en elaborar un sistema de monitoreo a las áreas de distribución de las formaciones forestales de la EAF Baracoa y al aumento de la temperatura, con el fin de generar la información necesaria para la elaboración de propuestas de manejo de las especies identificadas como vulnerables, para así asegurar la conservación de las mismas.

La acometida de esta medida sería comenzar inmediatamente con las formaciones forestales más vulnerables y/o de mayor valor (en este caso, las Pluvissilvas de montaña) y posteriormente, a mediano plazo, se debería incluir toda la superficie forestal.

Los impactos que pueden derivarse de la implementación de estas medidas serán positivos siempre y cuando los resultados sean utilizados por la EAF Baracoa para generar propuestas de manejo.

La mayor parte de los aspectos antes señalados hoy no se conocen en lo absoluto para estas especies, o se conocen insuficientemente, por lo que también como parte de la estrategia de adaptación habrá que desarrollar un programa de investigación que permita dar respuesta a todos.

CONCLUSIONES

- La tendencia climática futura del territorio comprendido por la EAF Baracoa (hasta fines de 2099) presentará una evolución general hacia un clima más cálido, con peligro de desaparición para las especies que se encuentran en los mayores rangos de distribución a mayor altitud y con restricciones de hábitat.
- Las medidas de adaptación están dirigidas a viabilizar en el patrimonio de la empresa la adaptación a los impactos del cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A. 2010. Riesgo que enfrentan las formaciones de montaña por los efectos del cambio climático: el Bosque nublado y el Bosque fresco. Suproyecto 12.69.02. Vulnerabilidad de los bosques naturales cubanos al cambio climático y estrategias de adaptación. Proyecto 11.69. Segunda Comunicación Nacional del Cambio Climático. Subsector Forestal. La Habana. Instituto de Investigaciones Forestales. 20 p.
- Bisse, J. 1988. Árboles de Cuba. La Habana. Editorial Científico-Técnica. 384 p.
- Centella, A., Bezanilla, A. 2009. Segunda comunicación a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Escenarios climáticos simulados generados con el Modelo Climático Regional PRECIS para el ejercicio de integración Sur de la Habana. Ciudad de La Habana. Instituto de Meteorología (INSMET). 39 p. (Inédito).
- CITMA (Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente). 2011. Resolución No. 160. Regulaciones para el control y la protección de especies de especial significación para la di-

- versidad biológica en el país. Anexo único: Lista de especies. Interpretaciones y exenciones. p. 50- 83.
- INSMET (Instituto de Meteorología). 1999. Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. Informe final del Proyecto No. 01301019 del Programa Nacional de Ciencia y Técnica "Los Cambios Globales y el Medio Ambiente Cubano". 180 p.
- INSMET. 2010. Base de datos del clima. Periodo 1981-2000.
- IPCC (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático). 2001. Special Report on Emissions Scenarios. Grupo de Trabajo III. 35 p.
- Magaz, A.R. 1989. Mapa de Hipsometría. EN: Nuevo Atlas de Cuba. Ciudad de La Habana. Editorial Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba e Instituto de Geodesia y Cartografía. IV.1.2.3: 1.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). 1998. Reglamento de la Ley Forestal No. 85. Resolución No. 330-99. Capítulo VI: Del aprovechamiento forestal. Sección séptima: Prohibiciones y limitaciones de tala. Artículo 95-96. p. 21-23.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* (US) 37: 637–669.
- Planos, E., River, R., Guevara, V. 2012. Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. La Habana. Instituto de Meteorología. 426 p.
- Rodríguez, P.E., Noa, N., Leyva, G., Rodríguez, B. 2009. Proyecto de Ordenación y Desarrollo de la Economía Forestal (2008-2017) para la Empresa Forestal Integral Baracoa. Ministerio de la Agricultura. Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña. 57 p.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Arlety Ajete Hernández

Ingeniera Forestal, Investigadora Auxiliar, Doctora en Ciencias Forestales, miembro del Tribunal Permanente para el otorgamiento del grado Técnico Medio Forestal en el Instituto Politécnico de Agronomía Limbano Sánchez, de Baracoa, Guantánamo, profesora asistente de la Universidad de Guantánamo y miembro del Tribunal de Defensas para el otorgamiento del grado de Ingeniero Forestal de la Facultad Agroforestal de la misma, se encuentra vinculada a varios proyectos de investigación-desarrollo relacionados con el tema de Cambio Climático y el Sector Forestal, Forestaría Análoga y Productos Forestales No Maderables. Integrante del Grupo de Cambio Climático del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, es autora y coautora de varias publicaciones, y ha participado en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.