



IMPACTO DEL AUMENTO DE TEMPERATURA SOBRE LOS BOSQUES DEL MACIZO GUAMUHAYA

IMPACT OF THE TEMPERATURA INCREASE ON FORESTS OF GUAMUHAYA MOUNTAIN

S. HERRERA-SOLER^{1*}, A. F. ÁLVAREZ-BRITO¹, O. HECHAVARRÍA-KINDELÁN¹, P. RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ²

¹Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF), La Habana, Cuba. E-mail: archie@forestales.co.cu, orlidia@forestales.co.cu

²Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba. E-mail: pavel@unah.edu.cu

*Autor para la correspondencia: sandra@forestales.co.cu

RESUMEN

El estudio del impacto del aumento de temperatura en los bosques del macizo Guamuhaaya es crucial debido a la vulnerabilidad de los ecosistemas montañosos ante el cambio climático. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar los riesgos de extinción de especies arbóreas endémicas y amenazadas en esta región de Cuba, con la propuesta de estrategias de adaptación. Se seleccionaron 15 especies endémicas, clasificadas en tres grupos según su distribución altitudinal (alto, intermedio y bajo), y se analizaron mediante el escenario climático RCP-8.5, proyectando cambios térmicos para 2030, 2050 y 2070. Los resultados mostraron que las especies de mayor altitud (≥ 700 m) enfrentarán aumentos de hasta 7,45 °C, lo que provocaría desplazamientos altitudinales superiores a 580 m, llevándolas al borde de la extinción. Las especies de riesgo intermedio (450-700 m) también sufrirían migraciones críticas, que exceden la altura máxima del macizo. Solo las especies de menor altitud (<450 m) mantendrían hábitats viables. Se concluyó que la conservación *in situ* y *ex situ*, que incluyen la crioconservación y la reubicación en áreas protegidas, es urgente para preservar esta biodiversidad.

Palabras clave: endemismo, migración altitudinal, RCP-8.5, crioconservación, estrés térmico

ABSTRACT

Studying the impact of rising temperatures on the forests of the Guamuhaaya massif is crucial due to the vulnerability of mountain ecosystems to climate change. This study aimed to assess the extinction risks of endemic and threatened tree species in this region of Cuba, proposing adaptation strategies. Fifteen endemic species were selected, classified into three groups according to their altitudinal distribution (high, intermediate, and low), and analyzed using the RCP-8.5 climate scenario, projecting temperature changes for 2030, 2050, and 2070. The results showed that the highest-altitude species (≥ 700 m) would face increases of up to 7.45°C, which would cause altitudinal shifts greater than 580 m, bringing them to the brink of extinction. Intermediate-risk species (450-700 m) would also undergo critical migrations, exceeding the maximum altitude of the massif. Only the lowest-altitude species (<450 m) would maintain viable habitats. It was concluded that *in situ* and *ex situ* conservation, including cryopreservation and relocation to protected areas, is urgently needed to preserve this biodiversity.

Keywords: endemism, altitudinal migration, RCP-8.5, cryopreservation, thermal stress

INTRODUCCIÓN

El aumento de la temperatura global tiene un profundo impacto en los bosques, alterando su estructura y funcionamiento. Biológicamente, muchas especies arbóreas enfrentan estrés hídrico y térmico, lo que reduce su crecimiento, afecta su capacidad reproductiva y las hace más vulnerables a plagas y enfermedades. La vulnerabilidad de estos ecosistemas varía según su ubicación y composición,

siendo los bosques tropicales y boreales especialmente sensibles. Además, los patrones de distribución de las especies se modifican, con desplazamientos altitudinales y latitudinales en busca de condiciones climáticas adecuadas, lo que altera la composición de los ecosistemas. Aunque algunas especies muestran cierta capacidad de adaptación mediante cambios fenológicos o fisiológicos, la rapidez del calentamiento global supera en muchos casos su resiliencia, que pone en riesgo la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques.

Recibido: 12/2/2020

Aceptado: 25/4/2020

Conflictos de interés: Los autores declaran no existir conflictos de intereses.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



El aumento de la temperatura a nivel global osciló entre 1 °C y 6 °C durante el siglo XXI (IPCC, 2001 citado por Ajete 2014). En Cuba, entre las décadas de 1980 y 1990, se registró un calentamiento significativo que, desde mediados del siglo XX, alcanzó un incremento de aproximadamente 0,9 °C (Planos, 2013). Este fenómeno provocó respuestas biológicas aceleradas, lo que aumentó la vulnerabilidad de las especies y alteró sus patrones de distribución y adaptación en los ecosistemas arbóreos (Aitken et al., 2005).

En Cuba, la vulnerabilidad de las especies arbóreas se asocia a su distribución natural, la cual se concentra en regiones antiguas y estables como los macizos montañosos. Estas zonas presentan un alto endemismo debido al aislamiento geográfico, influenciado por las características edáficas, las variaciones altitudinales y las condiciones climáticas (Planos, 2013). Por ello, resulta esencial analizar cómo estos factores interactúan con los cambios climáticos actuales.

El objetivo de esta investigación fue evaluar los riesgos de extinción que enfrentan las especies arbóreas endémicas y amenazadas del macizo de Guamuhaya, ubicado en la región centro-sur de Cuba. Además, se plantearon estrategias de adaptación para mitigar los impactos proyectados, con el fin de contribuir a la conservación de estos ecosistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización breve del macizo montañoso Guamuhaya

El macizo montañoso Guamuhaya se extiende de este a oeste en la región sur de la parte central de Cuba. Ocupa un área de 1 948 km², lo que representa el 11 % del área montañosa nacional, y se localiza principalmente en las provincias de Cienfuegos y Sancti Spiritus, con una pequeña porción en Villa Clara. Sus alturas promedio oscilan entre los 700 y 900 msnm, aunque algunas elevaciones superan los 1 000 msnm, como el Pico San Juan, que alcanza los 1 139 msnm. El clima es uno de los factores más importantes en la diferenciación físico-geográfica del macizo y presenta una distribución zonal que influye en la disposición de los demás componentes naturales (Blanco et al., 1999).

Especies arbóreas endémicas y su estado de conservación

Para la selección de las especies arbóreas que se encuentran en el macizo Guamuhaya se utilizaron tres bases de datos: la preparada sobre los recursos fitogenéticos forestales por Álvarez (1994), el registro de especies arbóreas por formación (Álvarez, 2001) y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (CNAP, 2017). Este último incluye especies localizadas en Sancti Spiritus (Tope de Collantes, Hanabanilla, Lomas de Banao, La Sabina, Caja de Agua) y en Cienfuegos (Pico San Juan).

Para determinar el endemismo y el grado de amenaza de las especies, se consultó la clasificación de Bisse (1988), la Lista Roja de la Flora de Cuba (González Torres et al., 2016) y la Resolución 160 (CITMA, 2011). Además, se incorporó información proporcionada por el Jardín Botánico de Cienfuegos.

La localización y altitud de las especies seleccionadas se establecieron a partir de múltiples estudios, como los de Barneby & Grimes (1996); Rankin & Areces (2003); Bécquer (2004); Machín et al. (2006); Rohwer & Schmidt (2014); González-Oliva et al. (2015); (Falcón et al., 2015); González Torres et al. (2016); Greuter & Rankin (2017) y García-Lahera (2017). Estas especies se dividieron en tres grupos altitudinales: las situadas entre 700 y 1 600 msnm (grupo 1), consideradas de alto riesgo climático; las que se encuentran entre 450 y 700 msnm (grupo 2), con riesgo intermedio; y las ubicadas por debajo de los 450 msnm (grupo 3), clasificadas como de bajo riesgo climático.

Escenarios de clima: Procedimientos y ajustes en el macizo de Guamuhaya

La influencia de la temperatura se evaluó mediante el escenario RCP-8.5, ajustado para Cuba por el Instituto de Meteorología, el cual permite estimar los impactos máximos esperados. El área de estudio abarcó 10 cuadrículas de 25 km x 25 km, distribuidas en tres sectores: la vertiente norte, la vertiente sur y el firme del macizo (Figura 1). En estas zonas se concentraron las evaluaciones de los impactos climáticos.

Los valores promedio de temperatura ambiental se definieron para tres áreas dentro de cada vertiente: la oriental (este), la central y la occidental (oeste). Estos cálculos se realizaron para tres períodos distintos a lo largo del presente siglo: 2030 (2015-2045), 2050 (2035-2065) y 2070 (2055-2085). Esta división permitió analizar las variaciones térmicas en diferentes escalas temporales y espaciales.

En las vertientes norte y sur, solo se evaluó el desplazamiento de los grupos de especies de riesgo bajo e intermedio. La razón fue que las altitudes en las que habitan estas especies coinciden con las presentes en ambas vertientes. Por otro lado, en el firme del macizo, cuya elevación máxima alcanza los 1 139 msnm, únicamente se analizó el corrimiento del grupo de especies de alto riesgo, ya que este se distribuye por encima de los 700 m de altitud.

Como referencia para el estudio, se emplearon los datos de temperatura de dos estaciones meteorológicas. La primera se ubicó en Trinidad, a 53,9 msnm, y la segunda en Tope de Collantes, a 771,2 msnm. La diferencia altitudinal entre ambas estaciones fue de 717,3 m, lo que permitió utilizar la serie anual de referencia (1967-1990) para la temperatura sin necesidad de ajustarla por altitud, dado que los modelos del escenario ya la contemplaban.

Para establecer la temperatura correspondiente a cada rango de altitud, se calculó la diferencia entre las dos estaciones

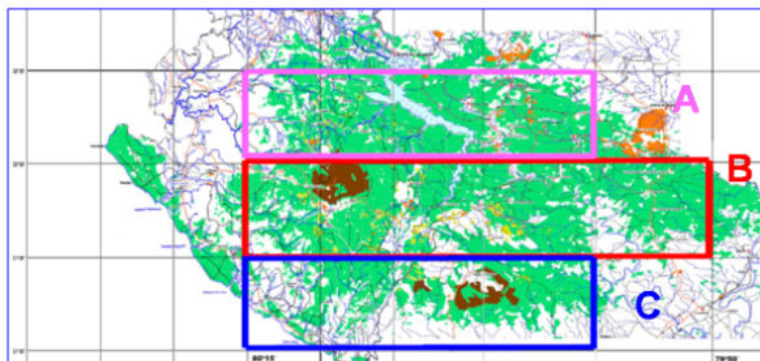


Figura 1. Localización del área ocupada por las cuadrículas de los escenarios de clima: A-vertiente norte; B-firme del macizo; C-vertiente sur.

meteorológicas. Se determinó el cambio de temperatura por cada 100 m de altitud y, tomando como base la altitud de la estación más baja (Trinidad), se estimó la temperatura para las diferentes elevaciones utilizadas (200 m, 450 m y 700 m). Con estos datos, se obtuvieron las temperaturas medias mensuales para cada altura.

Los valores de temperatura de cada área (norte, centro y sur) y cuadrícula dentro de ellas se combinaron con la temperatura media anual de referencia (1967-1990). Para cada escenario (2030, 2050 y 2075), se calculó la diferencia entre las temperaturas proyectadas y las de referencia. Este valor permitió determinar la migración máxima esperada para cada grupo de especies, considerando que un aumento de 0,1 °C equivale a un desplazamiento de 15 m hacia la cima del macizo (IPCC, 2001 citado por Ajete 2014).

Con la medida de la migración de los grupos de especies y la altitud máxima del macizo, se estableció la distancia disponible para el desplazamiento altitudinal de cada grupo.

Este análisis se realizó en función del aumento de temperatura proyectado a corto, mediano y largo plazo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Especies arbóreas endémicas, con su estado de conservación, en el macizo de Guamuhaya

En el macizo de Guamuhaya se identificaron 15 especies arbóreas endémicas distribuidas en tres grupos de altitud, cada una con diferente estado de conservación. La **Tabla 1** clasifica las especies según su riesgo climático: alto (≥ 700 msnm), intermedio (450 a 700 msnm) y bajo (< 450 msnm), lo que refleja su vulnerabilidad en este ecosistema montañoso.

Para las especies *Guettarda urbanii* Ekm. ex Urb. Y *Ocotea acunai* Bisse solo se pudo determinar que son especies arbóreas. La información disponible resulta insuficiente para caracterizarlas con mayor precisión. Este aspecto limita el análisis de su posible respuesta ante los cambios climáticos proyectados.

Tabla 1. Especies con riesgo climático alto (Grupo 1: ≥ 700 msnm); intermedio (Grupo 2: 450 a 700 msnm); bajo (Grupo 3: < 450 msnm) en el macizo montañoso de Guamuhaya.

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Endémica	Riesgo	Protegida	Formación	Altitud
1	<i>Pithecellobium trinitense</i> Britt.		SI	Amenazada		PSM	800-1600
	<i>Ocotea acunai</i> Bisse		SI			PSM	800
	<i>Cordia valenzuelana</i> Rich.	Ajete hembra	SI	Peligro crítico		PSM	
	<i>Guibourtia hymenaeifolia</i> (Morici.) Léonard	Caguairán	SI	Peligro crítico	SI	PSM	
	<i>Juglans jamaicensis</i> subsp. <i>jamaicensis</i> (Griseb.) Schaarschm	Nogal	SI	Peligro crítico	SI	PSM	
	<i>Magnolia cubensis</i> Urb. subsp. <i>acunae</i> Imch.	Mantequero	SI	Peligro crítico	SI	SC/SA	700-950
2	<i>Aralia rex</i> (Ekman)Wen.	Guana	SI	Amenazada	SI	SC/SC	800
	<i>Pachyanthus clementis</i> Wilson		SI	Peligro crítico	SI	PS	450-700
	<i>Gaussia spirituana</i> Moya & Leiva	Palma de Mogote	SI	Peligro crítico	SI	SC/?	
	<i>Ateleia salicifolia</i> Mohlenber.	Mierda de gallina	SI	En peligro	SI	SC/?	
	<i>Podocarpus angustifolius</i> Griseb.	Sabina cimarrona	SI	Amenazada		SC/SC	
	<i>Karwinskia potrerilloana</i> (Borhidi & Muñiz) Borhidi		SI	Vulnerable		SC/?	
3	<i>Erythrina elenae</i> Howard & Briggs.		SI	Peligro crítico		XT	200-420
	<i>Gyminda orbicularis</i> Borhidi & Muñiz		SI	Vulnerable	SI	XT/SC	
	<i>Guettarda urbanii</i> Ekm. Ex Urb.					XT	

PSM - Pluviosilva de montaña; SC/SA - Semicaducifolio sobre suelo ácido; SC/SC - Semicaducifolio sobre suelo calizo; PS - Pluviosilva; XT - Xerófilo típico).

Escenarios Climáticos y comportamiento de especies endémicas de acuerdo a la temperatura en escenarios futuros

Zonas norte y sur del macizo Guamuhaya

Los grupos de especies 2 y 3 (450-700 msnm y <450 msnm, respectivamente) enfrentarán temperaturas medias entre 26,51 °C y 29,36 °C a corto, mediano y largo plazos (Figura 2). Estas condiciones climáticas podrían alterar su distribución actual.

En particular, el grupo 3 (<450 msnm) presentará incrementos superiores a 1 °C respecto a la temperatura media del período de referencia (1967-1990), que fue de 25,33 °C (Tabla 2).

Tabla 2. Aumentos de temperatura a corto, mediano y largo plazo en las vertientes norte y sur para el grupo 3.

Vertiente norte	Vertiente sur	Aumento en °C de Temperatura		
		2030	2050	2075
Área oeste (79,94-22,129)	Área oeste (79,94-21,691)	1,19	2,02	3,25
Área central (79,72-22,129)	Área central (79,94-21,691)	1,69	2,53	3,77
Área este (79,50-22,129)	Área este (79,50-21,691)	1,99	2,80	4,03

Estos cambios térmicos podrían provocar migraciones altitudinales de más de 100 m en los diferentes periodos evaluados. Sin embargo, este grupo no enfrentaría riesgo de extinción, ya que el límite superior del desplazamiento proyectado no supera la altura máxima del Pico San Juan (Tabla 3 y Figura 3). Esta condición garantiza la persistencia de sus hábitats potenciales.

Tabla 3. Desplazamientos en altura del grupo 3 con el aumento de temperatura a corto, mediano y largo plazo en las vertientes norte y sur.

Vertiente norte	Vertiente sur	Periodo de referencia (67-90)	Aumento de altitud (m)			Altura alcanzada (m)		
			2030	2050	2075	2030	2050	2075
Área oeste (79,94-22,129)	Área oeste (79,94-21,691)	200	178	303	487	378	503	687
Área central (79,72-22,129)	Área central (79,94-21,691)	200	254	379	565	454	579	765
Área este (79,50-22,129)	Área este (79,50-21,691)	200	298	421	604	498	621	804

Por otra parte, el grupo 2 (450-700 msnm) experimentará incrementos térmicos superiores a 3 °C en comparación con la temperatura media del período de referencia (1967-1990), que fue de 23,49 °C. Estos aumentos podrían generar desplazamientos altitudinales de más de 450 m en los distintos periodos analizados. Como consecuencia, a partir de 2050, las especies presentes en el área este podrían desaparecer al exceder la altura máxima del Pico San Juan (Tabla 4 y Figura 4).

Tabla 4. Aumentos de temperaturas a corto, mediano y largo plazo en la vertiente norte y sur para el grupo 2.

Vertiente norte	Vertiente sur	Aumento en °C de Temperatura		
		2030	2050	2075
Área oeste (79,94-22,129)	Área oeste (79,94-21,691)	3,02	3,86	5,08
Área central (79,72-22,129)	Área central (79,94-21,691)	3,53	4,36	5,60
Área este (79,50-22,129)	Área este (79,50-21,691)	3,83	4,64	5,86

De igual forma, para el período 2070, este fenómeno se extendería a todas las áreas de la vertiente norte. En este escenario, el grupo 2 podría enfrentar un riesgo inminente de extinción (Tabla 5 y Figura 5).

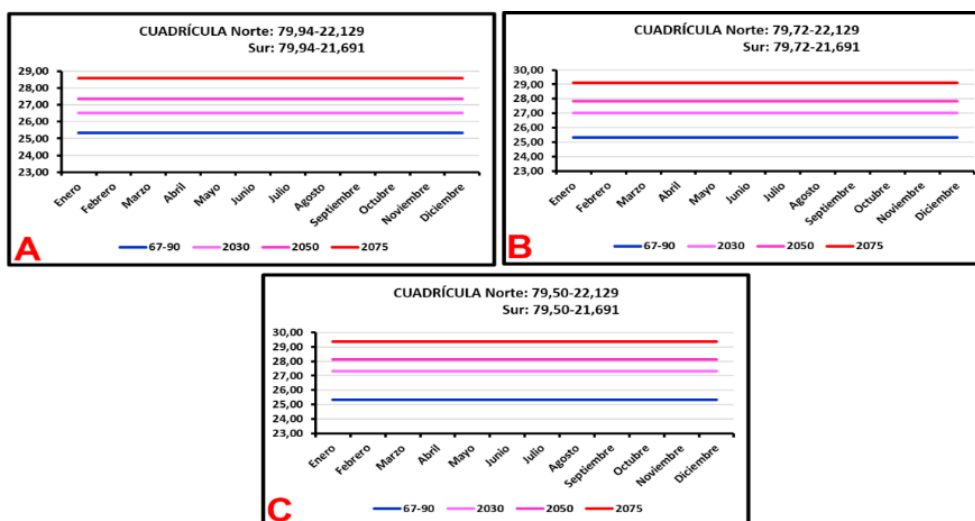


Figura 2. Temperatura media mensual por cuadrícula a corto, mediano y largo plazos en ambas vertientes, en las tres áreas de cada vertiente: A-oeste; B-central; C-este, para los grupos 2 y 3, con respecto al período de referencia.

Impacto del aumento de temperatura sobre los bosques del macizo Guamuha

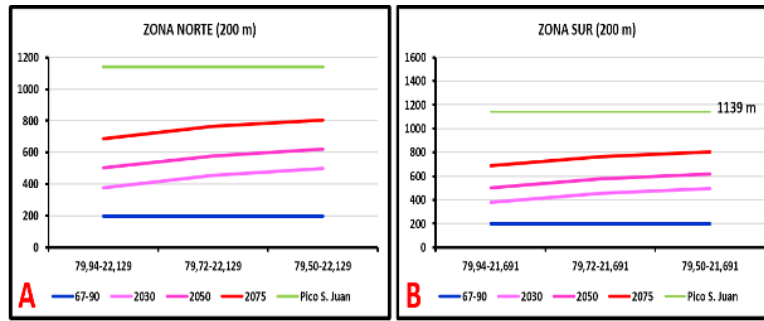


Figura 3. Tendencia de desplazamiento del grupo 3 en las vertientes norte (A) y sur (B), en el área oeste (extremo izquierdo), central (centro) y este (extremos derecho).

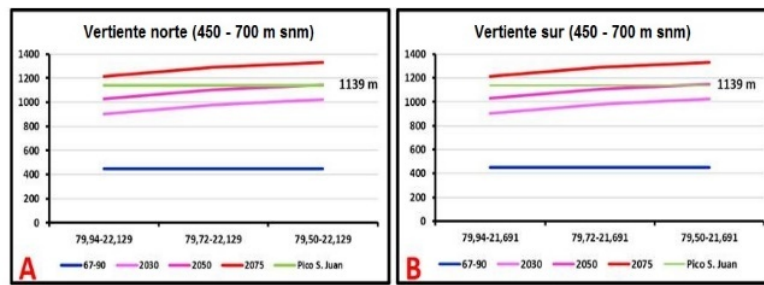


Figura 4. Tendencia de desplazamiento del grupo 2 para las áreas oeste, central y este con respecto a la altura máxima, en las vertientes norte (A) y sur (B).

Tabla 5. Desplazamientos en altura del grupo 2 con el aumento de temperatura a corto, mediano y largo plazos, en las vertientes norte y sur.

Vertiente norte	Vertiente sur	Periodo de referencia (67-90)	Aumento de altitud (m)			Altura alcanzada (m)		
			2030	2050	2075	2030	2050	2075
Área oeste (79,94-22,129)	Área oeste (79,94-21,691)	450	453	578	762	903	1 028	1 212
Área central (79,72-22,129)	Área central (79,94-21,691)	450	529	655	841	979	1 105	1 291
Área este (79,50-22,129)	Área este (79,50-21,691)	450	574	696	880	1 024	1 146	1 330

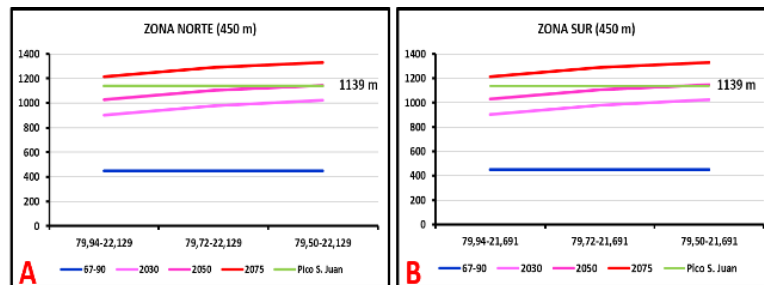


Figura 5. Tendencia de desplazamiento del grupo 2 para las áreas oeste, central y este en las vertientes norte y sur (A y B).

Estas proyecciones coinciden con lo planteado por Aitken et al. (2005), quienes señalan que las poblaciones forestales en ambientes con cambios rápidos pueden adaptarse inicialmente, migrar posteriormente hacia nuevos nichos y, finalmente, extinguirse si las condiciones se vuelven inviables.

Firme del macizo montañoso Guamuhaya

Para cada una de las cuadrículas en los diferentes escenarios climáticos, se calculó la temperatura media, el aumento térmico y la migración altitudinal correspondiente al grupo 1 (≥ 700 msnm). Este grupo en el firme del macizo enfrentará temperaturas entre 25,54 °C y 29,10 °C en los escenarios a corto, mediano y largo plazo (Figura 6). Los aumentos proyectados oscilarán entre 3,89 °C y 7,45 °C respecto a la temperatura media del período de referencia (1967-1990), que registró 21,66 °C (Tabla 6).

Estas variaciones térmicas podrían desencadenar desplazamientos altitudinales superiores a 580 m en los distintos períodos evaluados. Dicha situación conduciría a la pérdida total de la biodiversidad endémica estricta del macizo (Tabla 7 y Figura 7). Estos resultados refuerzan lo expuesto por Aitken et al. (2005), acerca de los límites de adaptación y migración de las especies ante cambios climáticos acelerados.

Estrategia de Adaptación Propuesta

El diseño de estrategias de adaptación para poblaciones naturales de especies arbóreas endémicas, que enfrentan riesgos climáticos con potencial de llevarlas a la extinción, presenta una elevada complejidad. Entre los factores que contribuyen a esta problemática se encuentra la incertidumbre sobre su capacidad de adaptación o migración a una velocidad suficiente para responder al cambio climático, así como la duda de si su diversidad genética permitirá una rápida adaptación, considerando sus largos ciclos de vida (Aitken et al., 2005). Los incrementos extremos de temperatura, proyectados en los escenarios climáticos para las poblaciones forestales del macizo de Guamuhaya, representan un alto riesgo de extinción. Además, la alta especificidad ambiental de estas especies dificulta cualquier medida de conservación que se intente implementar (Álvarez, 2012).

Aunque esta situación limita las alternativas para los grupos de especies evaluadas, es prioritario documentar e integrar el conocimiento biológico, que abarca desde el papel de los genes individuales hasta el nivel de los ecosistemas. Esta caracterización debe incluir tanto a las especies como a las formaciones a las que pertenecen, mediante tecnologías modernas, dado que esta información también podría perderse con el tiempo (Aitken et al., 2005; Álvarez, 2012).

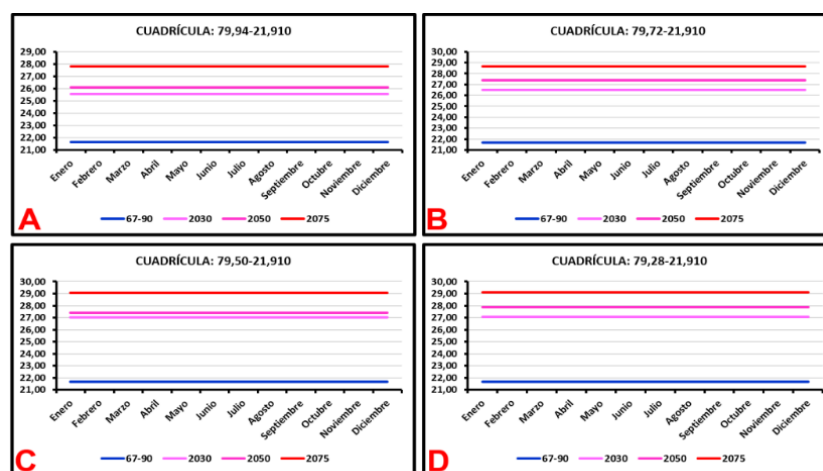


Figura 6. Tendencias de la temperatura media mensual por cuadrícula de los escenarios a corto, mediano y largo plazo en el firme del macizo, para el grupo 1 (≥ 700 msnm) respecto al período de referencia en las áreas oeste (A), central (B y C) y este (D).

Tabla 6. Aumentos de temperatura a corto, mediano y largo plazo en el firme del macizo para el grupo 1.

Firme del macizo	Aumento en °C de Temperatura		
	2030	2050	2075
Área oeste (79,94-21,910)	3,89	4,45	6,15
Área central (79,72-21,910)	4,83	5,75	7,00
Área central (79,50-21,910)	5,35	5,75	7,39
Área este (79,28-21,910)	5,40	6,21	7,45

Tabla 7. Desplazamiento en altura del grupo 1 con el aumento de temperatura a corto, mediano y largo plazo en el firme del macizo.

CUADRÍCULA	Período de referencia (67-90)	Aumento de altitud (m)			Altura alcanzada (m)		
		2030	2050	2075	2030	2050	2075
Área oeste (79,94-21,910)	700	583	667	922	1 033	1 117	1 372
Área central (79,72-21,910)	700	725	862	1 050	1 175	1 312	1 500
Área central (79,50-21,910)	700	802	862	1 108	1 252	1 312	1 558
Área este (79,28-21,910)	700	810	932	1 117	1 260	1 382	1 567

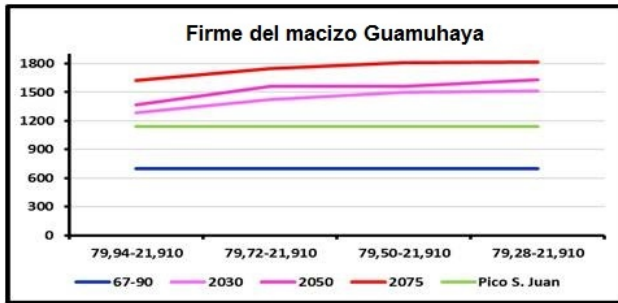


Figura 7. Tendencia de desplazamiento del grupo 1 para el área oeste, central y este en el firme del macizo.

Solo mediante el estudio de sus formas de reproducción, fisiología, ecología y fenología anual se podrán diseñar estrategias de investigación y manejo forestal para la conservación *in situ*, lo que favorece respuestas adaptativas mientras sea factible, y *ex situ*, a pesar de las dificultades que impone su distribución endémica restringida (Aitken et al., 2005).

Para la conservación *ex situ* a corto plazo del material propagativo de estas especies, se podrían utilizar cámaras frías, siempre que sus características lo permitan. Otra opción consistiría en establecer coordinaciones internacionales para crear áreas de conservación en países con ambientes similares al pico más alto del macizo Guamuhaya, en dependencia de la plasticidad de las especies, aunque esto demandaría tiempo y financiamiento considerables. Una alternativa más viable podría ser la colaboración con entidades u organizaciones internacionales que cuenten con instalaciones tecnológicas adecuadas para el almacenamiento a largo plazo de recursos genéticos en forma de semillas, polen, tejidos o células, con técnicas como la crioconservación, lo que reduciría el tiempo y los recursos necesarios en comparación con la opción anterior (Álvarez, 2012).

En el caso de los grupos con riesgo climático bajo e intermedio, es posible implementar un programa de conservación *in situ* dentro del macizo. Paralelamente, se podrían iniciar acciones de conservación *ex situ* en áreas como la Sierra Maestra o Nipe-Sagua-Baracoa. Estas medidas permitirían diversificar las estrategias de protección y aumentar las probabilidades de preservación a largo plazo.

CONCLUSIONES

1. Con las especies identificadas como arbóreas y endémicas del macizo de Guamuhaya, se conformaron tres grupos que presentaban riesgos climáticos de diferentes grados: alto, intermedio y bajo.
2. Las especies del grupo 2 y 1, tienden a la extinción por el extremo corrimiento altitudinal producto del aumento de temperaturas a mediano y largo plazo.

3. Las estrategias de adaptación deben ser implementadas con la mayor prontitud posible, priorizando a los grupos de mayor riesgo climático, para garantizar la conservación de esta biodiversidad arbórea endémica cubana y su persistencia para las futuras generaciones, aunque represente una tarea extremadamente difícil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aitken, S., Yeaman, S., Holliday, J. A., Wang, T., & Curtis-McLane, S. (2005). *Adaptación, migración o extirpación: Impactos del cambio climático para las poblaciones forestales*. Blackwell Publishing Ltd.
- Ajete, A. (2014). *Medidas para la adaptación y mitigación del Cambio Climático en el patrimonio forestal de la Empresa Forestal Integral Baracoa* [Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales)]. Universidad de Pinar del Río.
- Álvarez, B. A. (1994). *Sistema Nacional de información de Recursos Genéticos Forestales de Cuba. Base de datos de áreas experimentales. Resultado de Introducción Directa*. (Nos. 07-ID-39). MINAG.
- Álvarez, B. A. (2001). *Base de datos: Especies Arbóreas por Formación* (p. 84). INAF.
- Álvarez, B. A. (2012). *Impactos sobre los bosques de montaña y estrategias de adaptación propuestas. Riesgos que enfrentan las formaciones forestales de mayor altitud (Bosque Nublado y Bosque Fresco) ante el aumento de la temperatura ambiental* (p. 18). INAF.
- Barneby, R. C., & Grimes, J. W. (1996). *Silk Tree, Guanacaste, Monkey's Earring. A Generic System for the Synandrous Mimosaceae of the Americas. Abarema, Albizia and Allies*. (New York Botanical Garden). Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/journals/edinburgh-journal-of-botany/article/silk-tree-guanacaste-monkeys-earring-a-generic-system-for-the-synandrous-mimosaceae-of-the-americas-part-1-abarema-albizia-and-allies-rupert-c-barneby-james-w-grimes-memoirs-of-the-new-york-botanical-garden-74-part-1-new-york-new-york-botanical-garden-1997-292pp-isbn-0-89327-395-3-us-45-hard-back/A4F941CA2D2E99C42468F065DB43A28D>
- Bécquer, E. R. (2004). Estudios taxonómicos en el género *Pachyanthus* (Miconieae, Melastomataceae) I. *Pachyanthus clementis* vs *Pachyanthus lunanus*. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 39-43.
- Bisse, J. (1988). *Árboles de Cuba*. Editorial Científico-Técnica.
- Blanco, P., de la Colina Rodríguez, A. J., Rizo, F. C., Zarabozo, O. D., Roffe, T. G., Garcíandía, J. G., de la Torre, R. F., Cazorla, L. L., Suárez, J. M. M., & González, H. G. (1999). *Caracterización Geográfica del Grupo Guamuhaya* (p. 139) [Resultado parcial].

- Proyecto: “Desarrollo Sostenible de la Montaña”]. https://www.researchgate.net/profile/Armando-De-La-Colina-Rodriguez/publication/283078686_Caracterizacion_Geografica_del_Grupo_Guamuahaya_Cuba_Geographical_characterization_of_the_mountainous_group_Guamuahaya_Cuba/links/5628e9f008ae04c2aeabcd5/Caracterizacion-Geografica-del-Grupo-Guamuahaya-Cuba-Geographical-characterization-of-the-mountainous-group-Guamuahaya-Cuba.pdf
- CITMA. (2011). *Resolución 160 del Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medioambiente. Regulaciones para el control y la protección de especies de especial significación para la diversidad biológica en el país. Anexo único: Lista de especies. Interpretaciones y exenciones.*
- CNAP. (2017). *Base de datos: Especies Arbóreas del Sistema de Áreas Protegidas de Cuba* (p. 15). Centro Nacional de Áreas Protegidas.
- Falcón, A., JUNCO-HORTA, J., DOMÍNGUEZ-GONZÁLEZ, A., ROSETE-BLANDARIZ, S., & ROSA-ANGULO, R. (2015). Flora y vegetación de Lomas de La Canoa, Reserva de la Biosfera Buenavista, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 3(1).
- García-Lahera, J. P. (2017). Flora vascular amenazada o casi amenazada de la provincia de Sancti Spíritus, Cuba Threatened or near threatened vascular flora of Sancti Spíritus province, Cuba. *Acta Botánica Cubana*, 216(1), 3-16.
- González Torres, L. R., Palmarola Bejerano, A., González Oliva, L., Bécquer, E. R., Testé, E., Barrios Valdés, D., Acosta Ramos, Z., Alomá Moreno, O., Álvarez Montes de Oca, J. C., & Berazaín Iturralde, R. C. (2016). *Lista Roja de la Flora de Cuba 2016.*
- González-Oliva, L., González-Torres, L. R., Palmarola, A., Barrios, D., & Testé, E. (2015). Categorización de taxones de la flora de Cuba-2015. *Bissea*, 9(NE 4). https://www.academia.edu/download/38413429/bissea_8ne1.pdf
- Greuter, W., & Rankin, R. (2017). Plantas vasculares de Cuba. Inventario preliminar. *Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin. Berlín, Alemania. Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana, Cuba*, 78.
- Machín, J. A., Blanco, P., de la Colina Rodríguez, A. J., Rizo, F. C., Zarabozo, O. D., Roffé, T. G., Garcíandía, J. G., de la Torre, R. F., Cazorla, L. L., Suárez, J. M. M., & González, H. G. (2006). *Dinámica ambiental y propuestas para el ordenamiento de la cuenca Hanabanilla* (p. 107).
- Planos, E. O. (2013). *Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba* (1ra ed.). AMA, Academia de Ciencias de Cuba. <http://revistaccuba.sld.cu/index.php/revacc/article/view/247>
- Rankin, R., & Areces, F. (2003). Contribución a la actualización taxonómica y localización geográfica de especies amenazadas y endémicas en Cuba I. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 24(1-2), 81-128.
- Rohwer, J. G., & Schmidt, S. (2014). *Lauraceae-En Greuter, W. & Rankin Rodríguez, R.(ed.). Flora de la República de Cuba. Serie A. Plantas Vasculares. Fascículo 19 (2).* Koeltz Scientific Books, Koenigstein, Alemania.