



IMPACTO ESPERABLE DEL CAMBIO CLIMÁTICO A LA MUERTE REGRESIVA PARA LOS BOSQUES DEL MUNICIPIO GUANTÁNAMO, CUBA

EXPECTED IMPACT OF CLIMATE CHANGE TO THE REGRESSIVE DEATH FOR THE FORESTS OF THE MUNICIPALITY OF GUANTANAMO, CUBA

ARLETY AJETE HERNÁNDEZ¹, WILMER TOIRAC ARGUELLES¹, ARNALDO FABIÁN ÁLVAREZ BRITO¹,
PORFIRIO VILLAMET PINEDA², ARNOLDO BENZANILLA MORLOT³

¹Instituto de Investigaciones Agroforestales, La Habana, Cuba.

²Empresa Agroforestal Guantánamo, Guantánamo, Cuba.

³Instituto de Meteorología (<https://ror.org/01xr4jy61>), La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: arletyajeteh@gmail.com

RESUMEN

La muerte regresiva climática, definida como la muerte de árboles en cantidades muy superiores a los niveles normales de mortalidad habitualmente registrados, ha sido recientemente documentada como consecuencia de la sequía y el calor y, reportada entre los impactos del cambio climático. Con el objetivo de identificar el riesgo de muerte regresiva climática que enfrentan los bosques del municipio Guantánamo, se realizó una evaluación de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo. Como complemento de esta evaluación se analizó el comportamiento futuro de las variables temperatura y precipitación mediante escenarios climáticos futuros y la perspectiva de evolución futura esperable para ese municipio a lo largo del siglo XXI. Los resultados mostraron una tendencia al aumento de la temperatura (hasta 28.47°C para 2075) y un incremento moderado de las precipitaciones, que se mantuvieron por debajo de la media nacional, configurando un escenario de peligro muy alto. Bajo estas condiciones, las especies de madera blanda o rápido crecimiento (Grupos 2 y 3) presentaron un riesgo muy alto de muerte regresiva climática, el cual se proyectó que persistiría hasta 2075. Más del 56% del área plantada, dominada por *Leucaena leucocephala*, *Pinus cubensis* y *Pinus tropicalis*, se encontró en alto riesgo. Se concluyó que los bosques del municipio son extremadamente vulnerables, por lo que se recomendaron acciones de adaptación como la sustitución de especies vulnerables y la implementación de un sistema de alerta climática.

Palabras clave: nivel de riesgo, peligro, adaptación, vulnerabilidad, escenarios

ABSTRACT

Climate dieback, defined as the death of trees in numbers far exceeding normal mortality levels, has recently been documented as a consequence of drought and heat and reported among the impacts of climate change. To identify the risk of climate dieback facing the forests of the Guantánamo municipality, a Hazard, Vulnerability, and Risk assessment was conducted. As a complement to this assessment, the future behavior of temperature and precipitation variables was analyzed using future climate scenarios and the expected future evolution for that municipality throughout the 21st century. The results showed a trend toward increasing temperature (up to 28.47°C by 2075) and a moderate increase in precipitation, which remained below the national average, constituting a very high-risk scenario. Under these conditions, softwood or fast-growing species (Groups 2 and 3) presented a very high risk of climate dieback, which was projected to persist until 2075. More than 56% of the planted area, dominated by *Leucaena leucocephala*, *Pinus cubensis*, and *Pinus tropicalis*, was found to be at high risk. It was concluded that the municipality's forests are extremely vulnerable, and adaptation measures such as the replacement of vulnerable species and the implementation of a climate early warning system were recommended.

Keywords: level of risk, danger, adaptation, vulnerability, escenarios

Recibido: 09/7/2025

Aceptado: 25/8/2025

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

Contribución de los autores: Conceptualización, Investigación, Redacción (borrador original), Visualización: Arlety Ajete Hernández. Supervisión, Redacción (revisión y edición), Metodología: Arnaldo Fabián Álvarez Brito. Supervisión, Redacción (revisión y edición), Adquisición de fondos, Administración del proyecto: Wilmer Toirac Arguelle. Metodología: Arnaldo Benzanilla Morlot. Recursos: Arnaldo Fabián Álvarez Brito, Wilmer Toirac Arguelle, Porfirio Villamet Pineda.



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/>



INTRODUCCIÓN

El cambio climático registrado en los últimos 30 años ha tenido un impacto significativo en la distribución, abundancia, fenología y fisiología de muchas especies (Jarvis et al., 2008). En los bosques más húmedos del mundo, como los tropicales y subtropicales, el crecimiento y la mortalidad son procesos biológicos muy sensibles a los efectos de la sequía (Soja et al., 2007). Incluso las altas temperaturas pueden, por sí solas e independientemente de las precipitaciones, aumentar el estrés hídrico del bosque (Angert et al., 2005).

Existe un impacto relacionado con la baja disponibilidad de agua para los árboles que se conoce como Muerte Regresiva (Allen, 2009). Cuando este fenómeno es inducido por el clima, actúa como una causa indirecta de mortalidad arbórea debido a efectos agudos y de breve duración, lo que se identifica como Muerte Regresiva Climática o MRC (McDowell et al., 2008). La prevalencia de este problema parece aumentar en muchas regiones del mundo (Allen, 2009).

Aunque aún no se dispone de datos probatorios definitivos, los numerosos informes del fenómeno podrían indicar un incremento global de los problemas asociados con la salud forestal. Este deterioro generalizado y la muerte regresiva del bosque es un impacto cuyos efectos se informaron a escala mundial desde 2013 (Scholes et al., 2013). La evidencia sugiere una tendencia creciente en la afectación de los ecosistemas forestales.

En Cuba, los estudios sobre los impactos en los bosques húmedos por las variaciones de la temperatura y las lluvias indican que los riesgos de muerte regresiva se concentran en la región centro-oriental del país (Álvarez y Mercadet, 2010, citado por Álvarez & Mercadet, 2011). Esta distribución geográfica del riesgo constituye un indicador valioso para orientar el monitoreo futuro de la situación. La identificación de estas áreas de alto riesgo permite una asignación más eficiente de recursos para la evaluación y conservación de los bosques.

De acuerdo con lo antes expuesto, se realizó una valoración general de las perspectivas para los bosques del municipio Guantánamo. Esta evaluación utilizó como base los escenarios climáticos facilitados por el Instituto de Meteorología (Bezanilla, 2024). El objetivo principal fue identificar el riesgo de muerte regresiva que enfrentan y enfrentarán estos bosques, a partir de la caracterización de la temperatura y las precipitaciones medias anuales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio Guantánamo funciona como la cabecera de la provincia homónima. Su territorio se localiza en la porción occidental de la provincia y presenta límites al Norte con la provincia de Holguín, al Este con los municipios Yateras y Manuel Tames, al Sur con la Bahía de Guantánamo y

el municipio Caimanera, y al Oeste con los municipios El Salvador y Niceto Pérez. Posee una extensión territorial de 741,4 km², donde el 45% corresponde a zonas montañosas y el 55% a áreas llanas (EcuRed, 2021, 2024). Esta configuración define dos unidades paisajísticas principales: la región montañosa al norte, que presenta un clima húmedo, y la zona sur que incluye el Valle de Guantánamo, donde predomina un clima seco y un relieve predominantemente llano (EcuRed, 2021, 2024).

La valoración del impacto esperable del cambio climático por muerte regresiva en los bosques del municipio Guantánamo empleó la metodología de peligro, vulnerabilidad y riesgo. El peligro se evaluó a partir del acumulado de lluvia, mientras que la vulnerabilidad consideró los requerimientos hídricos específicos de cada especie, los cuales se definieron con base en la densidad básica de su madera y sus ritmos de crecimiento. El riesgo resultó de la combinación del peligro y la vulnerabilidad.

Como complemento a esta evaluación, se analizó el comportamiento futuro de las variables temperatura y precipitación mediante escenarios climáticos futuros. Los registros utilizados para este fin proceden de la base de datos del Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET, 2009a). A partir de estos datos, se estimó la temperatura media anual y la pluviosidad acumulada anual para el período 1990-2004, el cual se identificó como el escenario de referencia. El estudio también incorporó el endemismo y la clase de peligro de cada especie, según los informes de (González et al., 2016).

Los escenarios del comportamiento futuro de cada variable se agruparon y promediaron por meses para tres periodos de tiempo distintos. El primer periodo, denominado "corto plazo" (2030), abarca los años de 2015 a 2045. El segundo periodo, identificado como "mediano plazo" (2050), comprende de 2035 a 2065, mientras que el tercer periodo, de "largo plazo" (2075), se extiende desde 2060 hasta 2090. El análisis de la variabilidad de las variables se realizó mediante el cálculo de los promedios anuales para cada periodo y para cada época del año, es decir, la lluviosa y la poco lluviosa.

El nivel de peligro del municipio se definió a partir de los valores del clima de referencia (1990-2004) y del clima de los escenarios futuros (2030, 2050 y 2075). Se consideró que un municipio presentaba un mayor peligro si sus temperaturas superaban la media nacional para el período 1979-2000, la cual se estima en 25,15 °C (INSMET, 2009b). Además, este nivel de peligro también dependía de que su pluviosidad media anual fuera inferior a la media nacional para el período 1961-2000, estimada en 1.329,7 mm (INSMET, 2009b).

Sobre la base de la combinación de estas dos variables climáticas, se establecieron cuatro categorías de peligro (Tabla 1). Esta clasificación permite una evaluación integral del riesgo climático proyectado para cada uno de los escenarios temporales analizados. La metodología integra así los umbrales históricos con las proyecciones futuras para generar una matriz de criterios objetivos.

Tabla 1. Nivel de peligro.

Nivel de peligro	Condición
Bajo	mucha lluvia y baja temperatura
Medio	mucha lluvia y alta temperatura
Alto	poca lluvia y baja temperatura
Muy Alto	poca lluvia y alta temperatura

Se identificaron las especies que componían las plantaciones de más de tres años de establecidas y las formaciones naturales existentes, a partir de los resultados de la Dinámica Forestal al término del 2021 (DFFFS, 2022). Esta revisión permitió reconocer las especies principales que conforman estos ecosistemas. Los resultados de dicha identificación se contrastaron con la lista de Acevedo & Strong (2012) para verificar los nombres científicos. Dicha verificación se complementó con la consulta de la obra más reciente de García et al. (2024).

La composición de especies más abundante en las formaciones se obtuvo a partir del trabajo de Bisse (1988). Este marco de referencia proporcionó la base para el análisis cuantitativo de la vegetación. La información recopilada permitió una caracterización detallada de la estructura forestal.

La clasificación de las especies según su vulnerabilidad se realizó con base en la información disponible en las bases de datos sobre densidad básica elaborada por Álvarez et al. (2019). Este proceso también incorporó datos sobre el crecimiento de las especies según Mercadet (2000). Para formar los grupos de especies, se siguieron los criterios proporcionados por Ibáñez, A., Jefe del Laboratorio de Tecnología de la Madera del Instituto de Investigaciones Forestales. Como resultado, las especies se clasificaron en tres grupos con valores crecientes que coinciden con su demanda de agua.

Grupo 1- Bajo (Poco vulnerables): Especies duras de lento crecimiento ($1.34 \geq DB \geq 0.60$ g.cm³ y crecimiento anual en altura inferior a 80cm)

Grupo 2- Medio (Moderadamente vulnerables): Especies duras de rápido crecimiento ($1.07 \geq DB \geq 0.60$ g.cm³ y crecimiento anual en altura superior a 80cm)

Grupo 3- Alto (Muy vulnerables): Especies de maderas blandas ($DB < 0.60$ g.cm³)

La combinación del nivel de peligro climático con el de vulnerabilidad específica para cada especie posibilitó establecer su nivel de riesgo correspondiente (Tabla 2) (Álvarez et al., 2025). Este análisis permitió valorar las posibles complicaciones que podrían derivarse de dicha condición de riesgo para cada una de ellas.

Tabla 2. Nivel de riesgo por especie.

Peligro	Nivel de Riesgo		
	Vulnerabilidad		
	Baja	Media	Alta
Bajo	1	2	3
Medio	2	3	3
Alto	3	4	4
Muy alto	4	5	5

Leyenda: 1- Sin Riesgo; 2- Riesgo Bajo; 3- Riesgo Medio; 4- Riesgo Alto; 5- Riesgo Muy Alto. Fuente: Álvarez et al. (2025)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el área de estudio, se identificaron los valores acumulados anuales de precipitación y los valores medios anuales de temperatura media. El análisis también consideró los valores medios correspondientes a los periodos lluvioso y poco lluvioso (Tabla 3).

De forma general, la relación que se deriva de los resultados para los plazos evaluados se inclina a favor de un aumento de las lluvias. Esta tendencia es más destacada para la época lluviosa, que abarca de mayo a octubre. Los datos sugieren una evolución temporal hacia un incremento ligero o moderado de las precipitaciones en todos los periodos de tiempo evaluados, como consecuencia principal del aumento de esta variable en la estación de lluvias. Dicho aumento se manifiesta con mayor intensidad para el año 2075, aunque los valores proyectados no superan la media nacional.

Para el periodo 2075 se proyecta que entre junio y agosto, meses que pertenecen al periodo lluvioso, los acumulados de lluvia serán inferiores a los valores históricos del lapso 1990-2014. Por el contrario, entre diciembre y febrero, meses del periodo poco lluvioso, los acumulados pluviométricos serán mayores que los del registro histórico, como se detalla en el Anexo 1. Este contraste permite interpretar la existencia de un posible cambio en el patrón histórico de distribución anual de la precipitación.

El análisis mostró una tendencia general al aumento de las precipitaciones por encima de los 52.27 mm. Los incrementos más considerables se localizan en el periodo lluvioso, con valores superiores a 45.36 mm en comparación con el periodo de referencia.

Los resultados de la variación de la temperatura media son altamente coherentes. Esta variable presenta una tendencia al aumento en las escalas de corto, mediano y largo plazo, con independencia de la época del año que se valore. Por lo tanto, se espera que el municipio evolucione hacia un clima más cálido que el informado para el periodo 1990-2004 (Anexo 2). Este resultado coincide con lo informado para el resto del país por Planos et al. (2013).

Tabla 3. Valores medios mensuales de las precipitaciones (mm) y temperatura (°C) del municipio Guantánamo (INSMET, 2009a).

Época del año	Mes	Precipitaciones				Temperatura media mensual			
		1990-2004	2030	2050	2075	1990-2004	2030	2050	2075
Poco lluviosa	Enero	13.03	15.44	12.47	12.38	23.13	23.89	24.72	26.25
	Febrero	8.10	12.87	13.58	17.10	23.72	24.54	25.28	26.89
	Marzo	34.66	28.43	34.06	34.58	23.80	25.01	25.97	27.51
	Abril	81.66	75.27	72.01	92.07	24.32	25.74	26.56	27.77
Lluviosa	Mayo	133.83	148.98	141.33	214.91	24.83	26.12	26.90	28.19
	Junio	95.45	117.41	120.44	87.67	25.90	27.32	27.76	29.61
	Julio	98.20	86.50	75.26	78.53	26.42	27.96	28.63	30.42
	Agosto	96.15	95.98	104.31	92.37	26.50	27.86	28.48	30.41
	Septiembre	86.25	103.64	96.12	116.93	26.29	27.69	28.44	30.14
Poco Lluviosa	Octubre	76.18	118.21	94.30	87.22	25.39	26.47	27.60	29.34
	Noviembre	38.70	36.50	45.31	64.14	24.23	25.30	26.52	27.89
Promedio	Diciembre	10.53	21.68	14.84	15.29	23.10	24.24	25.50	27.28
	Anual	772.74	860.91	824.02	913.18	24.80	26.01	26.86	28.47
	Poco lluviosa	186.67	190.19	192.26	235.55	23.72	24.79	25.76	27.27
	Lluviosa	586.07	670.72	631.76	677.63	25.89	27.24	27.97	29.68

El análisis mostró un aumento de la temperatura media de 2.46 °C entre 2030 y 2075, en comparación con el período 1990-2004. Este incremento se manifiesta en mayor medida durante el periodo lluvioso, con un valor de 2.48 °C. La tendencia confirma un calentamiento progresivo del área de estudio.

El acumulado promedio de lluvia para el municipio Guantánamo entre 1990 y 2014, aunque superan los valores del periodo de referencia, no sobrepasan la media nacional para el período 1961-2000. Esta media nacional se estima en 1 329,7 mm (INSMET, 2009b). Por otra parte, los valores de la variable temperatura sí superan la media nacional, la cual se estima en 25.15 °C.

Debido a que las temperaturas se distribuyen por encima de la media nacional y los acumulados de lluvia son inferiores a la media nacional de precipitaciones, el municipio clasifica en un Peligro Muy Alto (Figura 1). Las condiciones descritas son propicias para que se promueva un evento extremo de sequía en el futuro. Este escenario podría tener como consecuencia una muerte masiva de los árboles en los bosques de la zona.

La tabla 4 detalla las 33 especies presentes en plantaciones con más de tres años de establecimiento, según el reporte de Dinámica 2021 (DFFFS, 2022) para el municipio de Guantánamo. Se consideró la relación existente entre la densidad y el crecimiento de cada especie, partiendo del principio de que las especies menos densas presentan un crecimiento rápido. Con base en este criterio, se identificaron

10 especies en dicha clasificación, de las cuales seis son exóticas, tres son nativas y una es endémica.

Por otra parte, las especies más densas pueden requerir siglos para alcanzar su etapa adulta y ser aptas para la tala, por lo que se identifican como especies de crecimiento lento. En esta clasificación se agrupan siete especies, entre las cuales se encuentra una exótica, cinco nativas y una endémica. Este grupo contrasta con el anterior por sus prolongados tiempos de desarrollo.

Finalmente, en la categoría de maderas blandas se identificó un total de 16 especies. De este conjunto, 11 especies son exóticas, dos son nativas y tres son endémicas. Esta distribución refleja la composición general de las plantaciones en la región de estudio.

Según la densidad básica y la velocidad de crecimiento establecida en la tabla 4 para cada especie, se identificó su nivel de vulnerabilidad al clima. Con estos datos, se procedió a agrupar las especies en categorías específicas. Esta clasificación por grupos de vulnerabilidad se presenta de manera detallada en la tabla 5.

Con datos de la tabla 2, que combina el nivel de peligro con el nivel de vulnerabilidad de cada especie para obtener el nivel de riesgo, y con el complemento de los efectos combinados del estrés hídrico y el calor, se obtuvo el nivel de riesgo que se muestra en la tabla 6. Este procedimiento permitió identificar las especies que enfrentan los mayores riesgos de muerte regresiva climática. La integración de estos factores ofrece una evaluación integral de la amenaza.

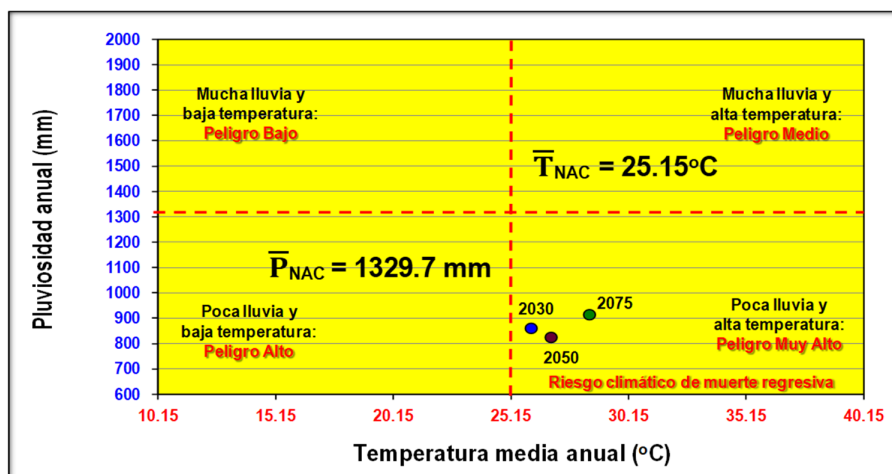


Figura 1. Distribución del municipio Guantánamo (puntos) con respecto a las medias nacionales de pluviosidad anual acumulada (P) y temperatura (T) (líneas rojas).

Bajo las condiciones climáticas consideradas, las especies agrupadas en el Grupo 1 enfrentan un riesgo alto de ser afectadas por la MRC en la actualidad, y este riesgo se mantiene hasta el año 2075. Por su parte, las especies de los Grupos 2 y 3 presentan un riesgo muy alto en la actualidad. Dicho nivel de riesgo también se proyecta que permanezca sin cambios hasta 2075.

Un estudio de [Álvarez & Mercadet \(2011\)](#) identificó la situación específica de cada uno de los municipios de la nación. Se consideraron como los de mayor riesgo aquellos que presentan temperaturas superiores a la media nacional y precipitaciones inferiores a ella. Para estos municipios, se establecieron tres categorías de riesgo (leve, media y alta) con base en la combinación de ambas variables climáticas, y se identificó al municipio Guantánamo con un Riesgo Medio.

Esta evaluación clasifica de forma general a los bosques con un Riesgo Alto a Muy Alto de enfrentar la MRC. Los resultados destacan la influencia que tienen los requerimientos de agua propios de cada especie, los cuales se definen a partir de la densidad básica de su madera y del ritmo de crecimiento. La situación se agrava además por el efecto de la temperatura ambiental.

Estos resultados concuerdan con lo planteado por [Allen \(2009\)](#), quien expone que las especies alcanzan niveles extremos que se traducen en un requerimiento de agua máximo y un acumulado de lluvia mínimo. Estas condiciones conducen a la muerte de los árboles por cavitación, por inanición o por ataques de plagas oportunistas. El informe del IPCC en el 2013 ([Scholes et al., 2013](#)) informó a nivel mundial el impacto de estos efectos a partir de este año.

La información disponible con respecto a las plantaciones en el municipio Guantánamo indica que al menos tres de las especies principales, según Dinámica 2021 ([DFFFS, 2022](#)), pueden enfrentar elevados niveles de riesgo climático por muerte regresiva. Este riesgo se presenta porque tienen

hábitos de rápido crecimiento o porque poseen densidades de la madera inferiores a $600 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ($0.60 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Esta situación comprendería una superficie total de plantaciones de 2.127,85 ha, lo que equivale al 56,49 % del área cubierta en el municipio.

Cabe destacar que la concentración de las plantaciones se asienta sobre tres especies (leucaena, pino de mayarí y pino hembra), de un total de 33 especies empleadas. Esta baja diversidad de especies en las áreas de plantación aumenta sustancialmente los riesgos, como se detalla en la [Tabla 7](#).

En el municipio Guantánamo, las mayores existencias de bosques naturales se concentran en la formación Manglar ([Tabla 8](#)). Este ecosistema se caracteriza por su ubicación en las zonas costeras, donde recibe la influencia directa del agua del mar. Los manglares se desarrollan sobre suelos arcillosos, los cuales se forman por procesos de sedimentación dentro de estos mismos bosques.

La cercanía al litoral hace que sea poco probable la ocurrencia de un proceso agudo de sequía en estos ecosistemas. Esta condición reduce significativamente el riesgo de que los manglares enfrenten este tipo de estrés hídrico. Sin embargo, estas formaciones vegetales pueden sufrir afectaciones debido al aumento del Nivel Medio del Mar (NMM).

A los elementos expuestos hasta aquí se debe añadir el análisis de las existencias actuales de plagas reportadas para ese territorio. Este análisis debe considerar las relaciones de dichas plagas con especies específicas presentes en las plantaciones y los bosques naturales. Además, es necesario evaluar la posible evolución futura de esas poblaciones animales bajo los efectos del cambio climático. Este conjunto de factores puede incorporar nuevos desafíos y riesgos para el municipio, lo que indica la conveniencia de iniciar la sustitución progresiva de las plantaciones actuales que enfrenten los mayores riesgos.

Tabla 4. Principales especies en las plantaciones existentes en el municipio Guantánamo.

Crec.	Nombre científico	Nombre común	Área	Estado	Densidad	
					(kg*m ³)	(g*cm ³)
B	<i>Acacia sp.</i>	acacia sp.	7.40	Exot-Int.	564	0.56
B	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	algarrobo del país	258.20	Exot-Nat.	437	0.44
B	<i>Albizia sp.</i>	agarrobo sp	76.00	Exot-Int.	485	0.49
B	<i>Falcataria falcata</i> (L.) Greuter & R. Rankin	albizzia falcataria	12.00	Exot-Nat.	250	0.25
B	<i>Neltuma juliflora</i> (Sw.) Raf.	algarrobo brasileño	2.40	Exot-Nat.	568	0.57
B	<i>Albizia procera</i> (Roxb.) Benth.	algarrobo de la india	8.10	Exot-Nat	493	0.49
D-Rc	<i>Prunus occidentalis</i> Sw.	almendro	0.40	Nativ.-NE	830	0.83
B	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad.	bambú	27.20	Exot.-Nat.	565	0.57
D-Rc	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	baría	31.60	Nativ.-LC	740	0.74
D-Lc	<i>Colubrina cubensis</i> (Jacq.) Brongn var. <i>Ekmanii</i>	bijáguara	97.98	Nativ.-NE	677	0.68
D-Lc	<i>Cassia fistula</i> L.	cañandonga	20.10	Exot.-Cult.	645	0.65
D-Lc	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	caoba antillana	49.70	Nativ.-LC	653	0.65
B	<i>Swietenia macrophylla</i> King.	caoba de honduras	33.45	Exot.-Nat.	470	0.47
D-Rc	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	casuarina	2.20	Exot.-Nat.	820	0.82
B	<i>Cedrela odorata</i> Sw.	cedro	21.30	Nativa-LC	525	0.53
D-Rc	<i>Eucalyptus spp.</i>	eucalipto	2.10	Exot.-Int.	790	0.79
D-Lc	<i>Hebestigma cubense</i> (Kunth) Urb.	frijolillo	7.20	End.-LC	909	0.91
B	<i>Simarouba glauca</i> DC. var. <i>glauca</i>	gavilán	0.50	End.-NE	390	0.39
D-Lc	<i>Guaiacum officinale</i> L.	guayacán	0.10	Nativ.-A	1085	1.09
B	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	inga dulce	13.70	Exot.-Nat.	549	0.55
D-Rc	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Wit	leucaena	736.85	Exot.-Nat.	640	0.64
B	<i>Hibiscus elatus</i> Sw.	majagua	22.10	End.-LC	455	0.46
D-Rc	<i>Rhizophora mangle</i> L.	mangle rojo	113.00	Nativ.-NE	840	0.84
D-Rc	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	moringa	50.20	Exot.-Nat.	564	0.56
D-Rc	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	neem	105.90	Exot.-Nat.	613	0.61
B	<i>Calophyllum antillanum</i> Britt. Y Wals.	ocuje	12.13	Nativ.-LC	610	0.61
D-Lc	<i>Roystonea regia</i> (HBK) O. F. Cook.	palma real	1.90	Nativ.-LC	781	0.78
D-Rc	<i>Pinus cubensis</i> Griseb.	pino de mayarí	823.70	End.-DD	629	0.63
B	<i>Pinus tropicalis</i> Morelet	pino hembra	567.30	End.-DD	525	0.53
B	<i>Jatropha curcas</i> L.	piñón botija	29.60	Exot.-Nat.	253	0.25
B	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth	piñón florido	88.90	Exot.-Nat.	520	0.52
D-Rc	<i>Lysiloma latisiliqua</i> (L.) Benth.	soplillo	315.40	Exot.-LC	605	0.61
D-Lc	<i>Couleria cubensis</i> (Greenm.) Sotuyo & G. P. Lewis	yarúa	228.45	Nativ.-LC	749	0.75
Total			3 767.06			

Leyenda: Exot.- exótica; Int.-Introducida; Nat.-naturalizada; Nativ.-nativa; Cult.- cultivada; End. Endémica; Crec.- Crecimiento; D-Lc-Duras de lento crecimiento; D-Rc-Duras de rápido crecimiento; B-Blandas; NE- no evaluada; LC- preocupación menor; A- amenazada; DD- datos insuficientes.

Tabla 5. Nivel de vulnerabilidad de cada especie al clima.

Grupo 1 Bajo: duras lento crecimiento (1.34 ≥ DB ≥ 0.60 g.cm³)	Grupo 2 Medio: duras rápido crecimiento (1.07 ≥ DB ≥ 0.60 g.cm³)	Grupo 3 Alto: blandas (DB < 0.60 g*cm³)
bijáguara, cañandongua, caoba antillana, frijolillo, guayacán, palma real, yarúa	almendro, baría, casuarina, eucalipto sp., leucaena, mangle rojo, moringa, neem, pino de mayarí, soplillo	acacia, algarrobo del país, algarrobo sp., albizia falcataria, algarrobo brasileño, algarrobo de la india, bambú, caoba de honduras, cedro, gavilán, inga dulce, majagua, ocuje, pino hembra, piñón botija, piñón florido

Tabla 6. Riesgo de muerte regresiva que enfrentan los bosques de Guantánamo.

Peligro	Vulnerabilidad	Nivel de Riesgo				
		Sin riesgo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Muy alto	Baja				Grupo 1-2030 Grupo 1-2050 Grupo 1-2075	
	Media					Grupo 2-2030 Grupo 2-2050 Grupo 2-2075
	Alta					Grupo 3-2030 Grupo 3-2050 Grupo 3-2075

Tabla 7. Principales especies en las plantaciones existentes en el municipio Guantánamo, según dinámica 2021.

Crec.	Nombre científico	Nombre vulgar	Área con respecto al área total (%)	Densidad	
				(kg*m³)	(g*cm³)
D-Rc	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Wit	leucaena	19.56	640	0.64
D-Rc	<i>Pinus cubensis</i> Griseb.	pino de mayarí	21.87	629	0.63
B	<i>Pinus tropicalis</i> Morelet	pino hembra	15.06	525	0.53
	Área total (%)		56.49		
	Área comprendida por las especies principales (ha)		2 127.85		
	Área total plantaciones (ha)		3 767.06		

Leyenda: **Crec.-** Crecimiento; **D-Rc-** Duras de rápido crecimiento; **B-** Blandas

Tabla 8. Formaciones representativas del municipio Guantánamo (%)

Área total comprendida de la principal formación (ha)	Área total de bosques naturales (ha)	Formación (%)	
		Mg	Scf-c
677.20	784.90	86.28	13.72

Otras consideraciones derivadas de este estudio sugieren que, si el comportamiento de la temperatura previsto para los tres periodos evaluados coincide con los tiempos de floración o fructificación de las especies forestales arbóreas, se pueden originar alteraciones fenológicas. Dichas alteraciones modificarían las épocas de cosecha, tanto en cantidad como en calidad. Algunos de estos aspectos ya fueron demostrados en investigaciones realizadas por [Hechavarría](#)

(2007) sobre especies propias de las zonas montañosas del macizo Guamuhaya, en la región centro-sur del país.

De manera similar, si el comportamiento de la temperatura previsto para los tres periodos y para los meses de verano coincide con el inicio de las actividades de plantación que realiza anualmente la Empresa, las plántulas enfrentarán un estrés abiótico reforzado al salir del vivero. Además de la adaptación que implica pasar de las condiciones de vivero al

campo, las plantas deberán enfrentar los mayores aumentos de temperatura previstos durante el año según los escenarios climáticos. Esta situación tiene consecuencias directas sobre la regulación de la evapotranspiración y puede comprometer la supervivencia de las plantas.

También se debe considerar que un aumento de la temperatura durante la época de seca, incluso con un ligero incremento de las lluvias, puede crear condiciones propicias para la ocurrencia y propagación de incendios forestales. Este riesgo es independiente de la causa o el lugar de origen del incendio, por lo que representa un factor adicional de vulnerabilidad.

Los elementos identificados sobre la vulnerabilidad de los bosques del municipio ante la MRC de los Bosques permitieron formular una propuesta inicial de acciones de adaptación. El objetivo de estas acciones es reducir las pérdidas en los bosques por este motivo. La propuesta establece un conjunto de medidas dirigidas a aumentar la resiliencia del ecosistema forestal.

Acciones de adaptación

Se debe establecer un sistema informativo de alerta climática para el Sector Forestal del municipio. Este sistema permitirá avisar de manera constante a los tenentes del patrimonio forestal sobre un probable aumento del riesgo de ocurrencia de la MRC. El objetivo final es que se ejecuten acciones preventivas que limiten las pérdidas en los bosques.

El estudio determinó que las especies de rápido crecimiento y/o con bajas densidades de la madera pueden enfrentar elevados niveles de riesgo climático. Por lo tanto, resulta beneficioso evitar el empleo de estas especies en los planes de (re)forestación. De manera simultánea, se debe acometer la sustitución paulatina de las 2.127,85 ha de plantaciones que comprenden las especies principales de alto riesgo, identificadas como leucaena, pino de mayarí y pino hembra.

A partir del año 2030, las especies agrupadas en los Grupos 2 y 3 presentan un riesgo Muy Alto de ser afectadas por la MRC en todos los periodos evaluados. En consecuencia, se recomienda limitar su uso en plantaciones a partir de esa fecha. Esta medida conducirá a una disminución progresiva de su empleo y permitirá la valoración de otras especies que, aunque no se incluyen actualmente, presenten una baja vulnerabilidad a la MRC.

Es necesario extremar las medidas de monitoreo a la formación Manglar. Estos ecosistemas constituyen la única barrera física terrestre del país ante los impactos negativos que deriva del aumento del nivel del mar. Su conservación y vigilancia son, por lo tanto, una prioridad estratégica.

Sería conveniente llevar a cabo estudios fenológicos de las especies arbóreas. Dichos estudios permitirían identificar alteraciones fenológicas que modifiquen sus épocas de cosecha. Adicionalmente, se debe adecuar el calendario silvícola de la empresa a los resultados de este estudio, lo que

podría implicar un corrimiento de sus fechas. Esta adecuación permitirá realizar las actividades silvícolas bajo condiciones propicias y sin riesgo de pérdida.

CONCLUSIONES

El municipio de Guantánamo experimenta un aumento progresivo de la temperatura y un incremento moderado de las precipitaciones. No obstante, las lluvias se mantienen por debajo de la media nacional, mientras que la temperatura la supera. Esta combinación genera un escenario de peligro Muy Alto que favorece la ocurrencia de sequías extremas y estrés hídrico para la vegetación.

Las especies forestales con madera blanda o de rápido crecimiento presentan una alta vulnerabilidad al clima. Bajo las condiciones de peligro Muy Alto, estos grupos enfrentan un riesgo climático muy alto de muerte regresiva, el cual se proyecta que se mantendrá sin cambios hasta al menos el año 2075.

La concentración de las plantaciones en pocas especies de alto riesgo, como la leucaena y los pinos, agrava la vulnerabilidad del sector forestal. Más del 56% del área plantada en el municipio está ocupada por especies con alta susceptibilidad al estrés hídrico y térmico proyectado.

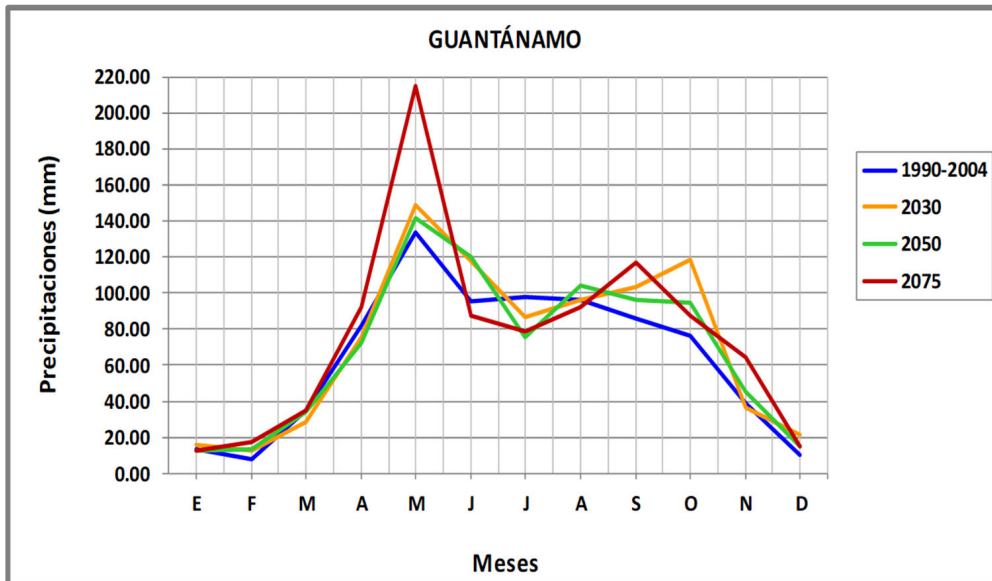
Las medidas de adaptación prioritarias incluyen evitar el uso de especies vulnerables en nuevas plantaciones, sustituir progresivamente las existentes de alto riesgo y establecer un sistema de alerta climática. Además, es crucial el monitoreo de los manglares, por su función de barrera costera, y adecuar el calendario silvícola a las nuevas condiciones.

BIBLIOGRAFÍA

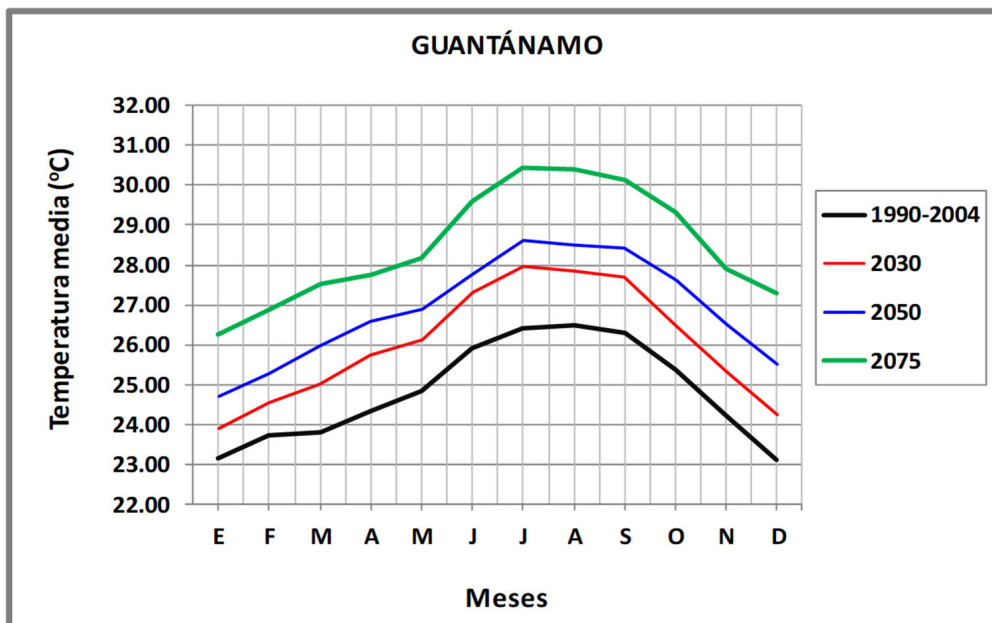
- Acevedo, P., & Strong, M. T. (2012). *Catalogue of Seed Plants of the West Indies*. Smithsonian Institution Scholarly Press.
- Allen, C. D. (2009). Muerte regresiva del bosque inducida por el clima: ¿un fenómeno mundial en aumento? *Unasylva*, 60(231/232), 43-49.
- Álvarez, A., Martínez, M., Hernández, J., & Fernández, A. (2025). *Riesgo actual de muerte regresiva climática para Cuba* (p. 17) [Informe Técnico]. Inst. Invest. Agroforestales.
- Álvarez, A., & Mercadet, A. (2011). Muerte regresiva del bosque: Principales riesgos para Cuba. En *Impactos y adaptación al cambio climático en el Sector Forestal Cubano: Sexta aproximación* (pp. 140-152). Instituto de Investigaciones Agroforestales.
- Álvarez, A., Mercadet, A., & Peña, Y. (2019). *Elaboración y puesta a punto de la versión 4.00 del sistema automatizado SUMFOR* (p. 56) [Informe Técnico]. Instituto de Investigaciones Agroforestales.
- Angert, A., Biraud, S., Bonfils, C., Henning, C. C., Buermann, W., Pinzon, J., Tucker, C. J., & Fung, I. (2005). Drier summers cancel out the CO₂ uptake enhancement

- induced by warmer springs. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 102(31), 10823-10827.
- Bezaniilla, A. (2024). *Escenarios climáticos RCP 8.5 para la región suroriental de Cuba* (p. 5). Instituto de Meteorología.
- Bisse, J. (1988). *Árboles de Cuba*. Ed. Científico-Técnica.
- DFFFS. (2022). *Dinámica del Patrimonio Forestal: Año 2021* [Base de datos en formato digital]. Dirección Forestal de Flora y Fauna Silvestre. MINAG.
- EcuRed. (2021). *Guantánamo (Guantánamo)*. [https://www.ecured.cu/index.php?title=Guant%C3%A1namo_\(Guant%C3%A1namo\)&oldid=3933775](https://www.ecured.cu/index.php?title=Guant%C3%A1namo_(Guant%C3%A1namo)&oldid=3933775)
- EcuRed. (2024). *Guantánamo (municipio)*. [https://www.ecured.cu/index.php?title=Guant%C3%A1namo_\(municipio\)&oldid=4504892](https://www.ecured.cu/index.php?title=Guant%C3%A1namo_(municipio)&oldid=4504892)
- García, J. A., Bécquer, E. R., Gómez, J. L., & González, L. R. (Eds.). (2024). *Catálogo de las Plantas de Cuba*. Planta! - Plantlife Conservation Society. <https://doi.org/10.70925/cat>
- González, L. R., Palmarola, A., González, L., Bécquer, E. R., Testé, E., & Barrios, D. (2016). Lista roja de la flora de Cuba. En *Bissea* (Vol. 10).
- Hechavarría, O. (2007). *Contribución del estudio de la fenología a la conservación de tres especies forestales arbóreas en Topes de Collantes* [PhD Thesis]. Universidad de Pinar del Río, Facultad de Forestal y Agronomía, Dpto. Forestal.
- INSMET. (2009a). *Registros meteorológicos del periodo 1990-2004* [Registro digital. 2009]. Instituto de Meteorología, CITMA.
- INSMET. (2009b). *Temperaturas medias históricas provinciales para el periodo 1979-2000* [Registro digital. 2009]. Instituto de Meteorología, CITMA.
- Jarvis, A., Lane, A., & Hijmans, R. J. (2008). The effect of climate change on crop wild relatives. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 126(1), 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.01.013>
- McDowell, N., Pockman, W. T., Allen, C. D., Breshears, D. D., Cobb, N., Kolg, T., Sperry, J., West, A., Williams, D., & Yezzer, E. A. (2008). Mechanisms of plant survival and mortality during drought: Why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytologist*, 178, 719-739.
- Mercadet, A. (2000). *Base de datos sobre crecimiento de especies forestales arbóreas existentes en Cuba*. Instituto de Investigaciones Forestales.
- Planos, E., Rivero, R., & Guevara, A. V. (2013). *Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*. Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Ambiente y Tecnología.
- Scholes, R., Settele, J., Betts, R., Bunn, S., Leadley, P., Nepstad, D., Overpeck, J., & Taboada, M. A. (2013). Ecosistemas Terrestres y de Agua Dulce. En *Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC* (p. 34). IPCC.
- Soja, A. J., Tchekoba, N. M., French, N. H. F., Flannigan, M. D., Shugart, H. H., Stocks, B. J., Shukinin, A. I., Varfenova, E. I., Chapin, F. S., & Stackhouse, P. W. (2007). Climate-induced boreal forest change: Predictions versus current observations. *Global and Planetary Change*, 56(3-4), 274-296.

ANEXOS



Anexo 1. Evolución del cambio de las precipitaciones obtenida para el municipio Guantánamo para el corto, mediano y largo plazo con respecto al periodo 1990-2004.



Anexo 2. Evolución del cambio de la temperatura media mensual obtenida para el municipio Guantánamo para el corto, mediano y largo plazo con respecto al periodo 1990-2004.