



RIESGO ACTUAL DE MUERTE REGRESIVA CLIMÁTICA EN LOS BOSQUES PARA CUBA CURRENT RISK OF CLIMATE-INDUCED DIEBACK OF FOREST FOR CUBA

ARNALDO F. ÁLVAREZ BRITO^{1*}, MARILEE MARTÍNEZ ÁLVAREZ²,
 JÉSSICA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ¹, ABDIEL L. FERNÁNDEZ PEDROSO¹

¹Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. E-mail: jessicahernandezrodriguez@gmail.com; abdielfp549@gmail.com

²Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. <https://ror.org/01xr4jy61> E-mail: marilee.martinez@insmet.cu

*Autor para la correspondencia: arnaldoalvarezbrito@gmail.com

RESUMEN

El estudio de la Muerte Regresiva Climática (MRC) es crucial para Cuba debido a la marcada vulnerabilidad de sus bosques al cambio climático. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el riesgo actual de MRC a nivel municipal como base para un sistema de alerta temprana. Se utilizaron series de lluvia de los periodos 1970-2010 y 1991-2020 para calcular el peligro (acumulado de lluvia diciembre-abril) y se determinó la vulnerabilidad de los bosques mediante un promedio ponderado que consideró la superficie ocupada por cada especie y formación natural, clasificadas según su densidad básica y ritmo de crecimiento. Los resultados mostraron que, al comparar la serie más reciente con la histórica, hubo una reducción general del riesgo, lo que disminuyó los municipios en riesgo extremo de 28 a 21. Esta mejora se atribuyó a un incremento en las lluvias. Sin embargo, 21 municipios mantuvieron un riesgo extremo, concentrándose principalmente en las provincias de Las Tunas, Ciego de Ávila y Sancti Spiritus. Se concluyó que la vulnerabilidad del bosque, determinada por su composición, es un factor decisivo en el riesgo, y que la medida de adaptación más eficaz es modificar dicha composición mediante el uso de especies nativas de lento crecimiento y alta densidad de madera para reducir la vulnerabilidad de forma sostenida.

Palabras clave: vulnerabilidad, sequía, lluvia, adaptación, alerta temprana

ABSTRACT

The study of Climate-induced dieback (CID) is crucial for Cuba due to the marked vulnerability of its forests to climate change. This work aimed to assess the current CID risk at the municipal level as a basis for an early warning system. Rainfall series from the periods 1970-2010 and 1991-2020 were used to calculate the hazard (accumulated rainfall December-April), and forest vulnerability was determined using a weighted average that considered the area occupied by each species and natural formations, classified according to their basic density and growth rate. The results showed that, when comparing the most recent series with the historical data, there was an overall reduction in risk, with the number of municipalities at extreme risk decreasing from 28 to 21. This improvement was attributed to an increase in rainfall. However, 21 municipalities remained at extreme risk, concentrated mainly in the provinces of Las Tunas, Ciego de Ávila, and Sancti Spiritus. It was concluded that forest vulnerability, determined by its composition, is a decisive factor in risk, and that the most effective adaptation measure is to modify this composition toward slow-growing native species with high wood density to sustainably reduce vulnerability.

Keywords: vulnerability, drought, rainfall, adaptation, early warning

INTRODUCCIÓN

El Sector Forestal cubano evidencia una marcada vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático, la cual se manifiesta en amenazas como el aumento del nivel del mar para los bosques costeros y el incremento de la temperatura ambiental para los bosques de montaña (A. F. Álvarez, 2017).

La baja disponibilidad de agua para los árboles constituye un impacto que no se había reconocido en Cuba hasta ese momento, denominado Muerte Regresiva (Climática) o MRC para diferenciarla de la causada por patógenos; Allen (2009) ofrece una detallada explicación de la forma en que este impacto ocurre. La existencia de este fenómeno representaba un riesgo desconocido para los ecosistemas forestales del país.

Recibido: 14/8/2025

Aceptado: 15/9/2025

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución de los autores: **Conceptualización; Metodología; Administración del Proyecto; Redacción (borrador original, revisión y edición):** Arnaldo F. Álvarez Brito. **Curación de datos; Análisis formal; Redacción (revisión y edición):** Marilee Martínez Álvarez, Jéssica Hernández Rodríguez, Abdiel L. Fernández Pedroso.



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/>



La falta de información sobre su ocurrencia en el país podía estar condicionada por dos razones principales. Era posible que el evento no se hubiera manifestado con anterioridad o que, debido al desconocimiento generalizado, se hubiera atribuido a causas no climáticas cuando ocurría. Estas razones motivaron al Instituto de Investigaciones Agro-Forestales a dar comienzo a una línea de investigación dedicada específicamente a este tema.

Una primera aproximación al tema identificó, entre los 169 municipios del país, a seis que presentaban una combinación de lluvia anual media y temperatura media anual que los hacía más propensos a sufrir eventos de MRC (Álvarez & Mercadet, 2011; Álvarez, 2017). Dicha aproximación también incorporó un análisis sobre cómo la composición forestal, el comportamiento futuro del clima según los escenarios de la época y las plagas reportadas podían incrementar la vulnerabilidad existente.

Una segunda aproximación de lo realizado hasta 2017 se inició a partir de 2024 con el objetivo de establecer un método de alerta temprana sobre el riesgo de MRC a nivel municipal. Para el desarrollo de este método, se consideró un requisito fundamental definir de manera precisa el nivel de riesgo actual que presenta cada municipio. El resultado de esta evaluación constituye el contenido central del presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Muerte Regresiva (Climática) o MRC es un impacto que depende de dos factores principales. El primer factor es la disponibilidad de agua durante un periodo específico, la cual se establece a partir del acumulado de lluvias y que equivale al nivel de peligro para el bosque. El segundo factor lo constituyen los requerimientos hídricos propios de cada especie o formación natural, los cuales se definen a partir de la densidad básica de su madera y de sus ritmos de crecimiento, lo que determina el nivel de vulnerabilidad inherente del bosque.

Para realizar la evaluación de cada municipio fue empleado el método de Peligro-Vulnerabilidad y Riesgo (PVR), donde para el cálculo del peligro correspondiente a cada municipio, se seleccionó el periodo de diciembre a abril debido a que históricamente presenta los menores niveles de lluvia en el país. El análisis utilizó dos series de datos: los informes mensuales publicados por el Instituto de Recursos Hidráulicos, que abarcan desde 1970 hasta 2010 (INRH, 2010), y la información proporcionada por el Centro del Clima del Instituto de Meteorología para el periodo 1991-2020 (Martínez Álvarez, 2024). En cada caso, se calculó el acumulado de lluvia registrado para ese periodo en cada municipio.

La vulnerabilidad de una especie o formación natural ante la MRC depende de sus requerimientos de agua para diversas funciones, entre las que el crecimiento destaca de forma particular. El proceso de crecimiento se inicia con un

intenso ingreso de agua a las células para facilitar el aumento de su volumen, una fase que precede al comienzo de la multiplicación celular o mitosis. El agua es captada desde los espacios intercelulares, por lo que la densidad básica de la madera emerge como un factor de gran importancia, ya que esta aumenta en proporción directa con la cantidad de materia seca por unidad de volumen, lo que a su vez reduce el espacio disponible entre las células.

Con el propósito de establecer la vulnerabilidad de los bosques, se organizaron tres grupos con valores de vulnerabilidad creciente. La clasificación se presenta a continuación.

Para los bosques artificiales:

Grupo 1. Vulnerabilidad menor. Bosques de Maderas Duras y Lento Crecimiento (con densidad básica de la madera superior a 600 kg/m³ y crecimiento anual en altura inferior a 80 cm), con la más baja demanda de agua;

Grupo 2. Vulnerabilidad media. Bosques de Maderas Duras y Rápido Crecimiento (con densidad básica de la madera superior a 600 kg/m³ y crecimiento anual en altura igual o superior a 80 cm) con una alta demanda de agua;

Grupo 3. Vulnerabilidad alta. Bosques de Maderas Blandas (con densidad básica de la madera igual o menor a 600 kg/m³).

Para los bosques naturales:

Grupo 1. Vulnerabilidad menor. Formaciones Charrascal, Cuabal, Manigua costera, Uveral, Xerófito de mogote y Xerófito típico.

Grupo 2. Vulnerabilidad media. Formaciones Encinar, Manglar, Pinar, Semicaducifolio de mal drenaje, Semicaducifolio sobre suelo ácido y Semicaducifolio sobre suelo caliz.

Grupo 3. Vulnerabilidad alta. Formaciones Pluvisilva, Pluvisilva de montaña, Bosque Fresco, Bosque Nublado.

La superficie existente por formación y especie se determinó a partir de la Dinámica Forestal 2021. Este documento fue confeccionado por la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres del Ministerio de la Agricultura (DFFFS, 2022). La información se obtuvo desglosada por municipios para garantizar la precisión del análisis.

Dado que la existencia de superficie por especie y formación natural varía en cada municipio, se requirió un método específico para establecer la vulnerabilidad. Por lo tanto, se calculó un promedio ponderado que consideró la superficie correspondiente a cada especie y formación. Este enfoque permitió integrar la distribución heterogénea de los recursos forestales.

Para los bosques artificiales, el procedimiento de cálculo se desarrolló en tres etapas consecutivas. Primero, se determinó el valor relativo de cada grupo con respecto a la superficie total de bosque. Luego, este valor relativo se multiplicó por el coeficiente de vulnerabilidad asignado a cada grupo.

Finalmente, la suma de estos productos estableció el nivel de vulnerabilidad de este tipo de bosque en el municipio.

Los coeficientes de vulnerabilidad aplicados fueron 1 para los Bosques de Maderas Duras y Lento Crecimiento, 2 para los Bosques de Maderas Duras y Rápido Crecimiento, y 3 para los Bosques de Maderas Blandas. Esta asignación refleja la susceptibilidad diferencial de cada grupo a la Muerte Regresiva Climática.

La vulnerabilidad de los bosques naturales en el municipio se obtuvo mediante una metodología paralela. Se siguió el mismo procedimiento de cálculo aplicado a los bosques artificiales, pero se ejecutó por formación forestal natural. Esta adaptación respeta las particularidades en la composición y estructura de los bosques nativos.

El cálculo de la vulnerabilidad municipal global integró los resultados previos. Para ello, se empleó el mismo método de promedio ponderado. Este cálculo utilizó las superficies de cada tipo de bosque, artificial y natural, junto con los niveles de vulnerabilidad previamente calculados para cada uno de ellos.

La evaluación del riesgo de Muerte Regresiva Climática para cada municipio combinó dos variables clave. Estas variables fueron el acumulado de lluvia del periodo diciembre-abril y la vulnerabilidad previamente establecida para los bosques existentes en el municipio. La [tabla 1](#) muestra la matriz o criterio específico que se aplicó para esta combinación.

El límite de 200 mm de lluvia en cinco meses se adoptó como un umbral crítico para el análisis. Esta cifra representa el 15 % del acumulado promedio anual de lluvia a nivel nacional, el cual es de 1.368,5 mm. Este mismo porcentaje se mantiene consistente en las tres regiones del país: la occidental con 1.377,8 mm, la central con 1.331,2 mm y la oriental con 1.259,5 mm ([Planos & Martínez, 2024](#)).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de composición de bosques por municipio corresponden al mismo año (2021) para ambas series de lluvia, permiten afirmar que los cambios en la cantidad de municipios

por niveles de riesgo se debieron a la variación en los acumulados de lluvia del periodo diciembre-abril. En términos generales, estos cambios redujeron los niveles de riesgo. Con respecto a la serie 1970-2010, la serie 1990-2020 mostró un aumento en la cantidad de municipios clasificados en niveles de riesgo más bajos, tal como se representa en las [figuras 1 y 2](#).

La situación específica por municipios confirma esta tendencia general. Se observó que nueve municipios pasaron a niveles de riesgo más bajos. Paralelamente, la cantidad de municipios en los niveles de riesgo más altos disminuyó también en nueve, según se detalla en la [tabla 2](#).

Los municipios con riesgo extremo para ambas series de lluvia, los cuales se definen por acumulados inferiores a 200 mm y una vulnerabilidad mayor o igual a 2,00, se muestran ordenados de mayor a menor en la [tabla 3](#). Dicha tabla evidencia que Majibacoa, en la provincia de Las Tunas, se ratifica para ambas series como el municipio de mayor riesgo extremo ante la MRC en el país.

Entre los diez municipios con el nivel de riesgo extremo más alto, cinco son coincidentes en ambas series: Majibacoa, Jobabo y Las Tunas en esa misma provincia; La Sierpe en Sancti Spiritus; y Venezuela en Ciego de Ávila. La reducción en el número total de municipios con riesgo extremo entre una serie y otra se atribuye al incremento de 10 mm en el acumulado de lluvia, dado que los valores promedio de vulnerabilidad permanecen iguales para ambas.

Las implicaciones de los resultados anteriores se relacionan directamente con la degradación de los bosques, ya que una muerte masiva de árboles favorece que algunas plagas aumenten rápida y de forma elevada su población, ampliando los daños incluso hacia árboles que no murieron. Además, ello resulta también en un aumento sustancial de la cantidad de material combustible en el bosque, incrementando la potencial ocurrencia de fuegos forestales.

Un total de 17 municipios con riesgo extremo fueron comunes para las dos series de lluvia. Estos municipios mostraron diferencias cuando sus acumulados de lluvia variaron entre 120 mm y 185 mm. No obstante, a partir de este último valor, los acumulados de ambas series resultaron similares, como se aprecia en la [figura 3](#).

Tabla 1. Niveles de riesgo de los municipios.

Situación		Peligro (Lluvia)	Vulnerabilidad (Comp. Bosque)	Riesgo
Lluvia (0-800 mm)	Vulnerabilidad (0,00-3,00)			
≥ 200 mm	< 2,00	Bajo	Baja	Bajo
≥ 200 mm	≥ 2,00	Bajo	Alta	Moderado
< 200 mm	< 2,00	Alto	Baja	Alto
< 200 mm	≥ 2,00	Alt9o	Alta	Extremo

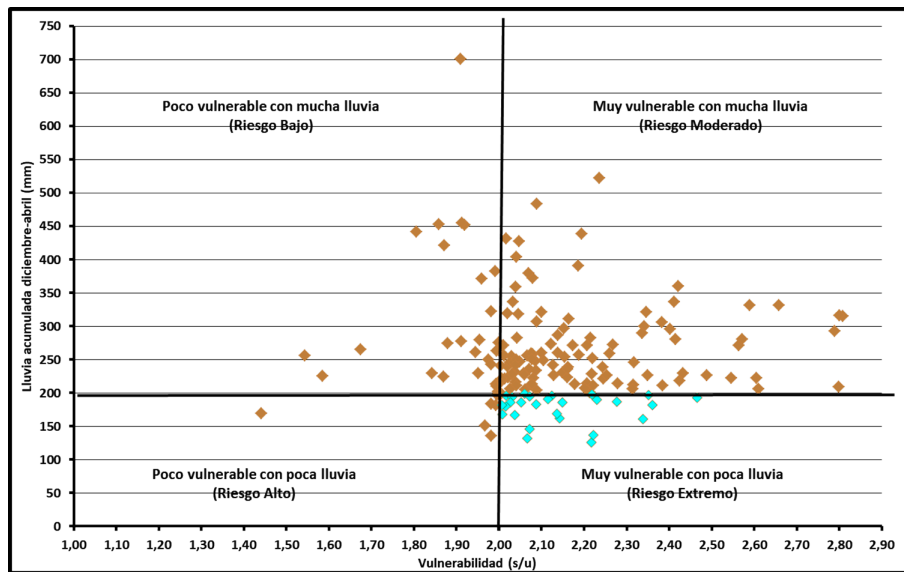


Figura 1. Distribución de los municipios por niveles de riesgo (Serie 1970-2010). Municipios en marrón son los de máximo riesgo.

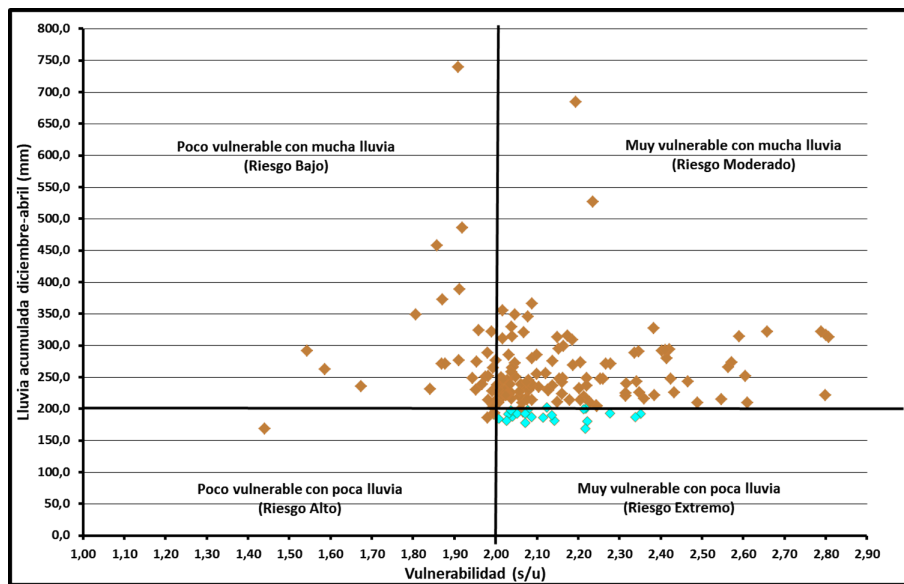


Figura 2. Distribución de los municipios por niveles de riesgo (Serie 1990-2020). Municipios en marrón son los de máximo riesgo.

Tabla 2. Niveles de riesgo por municipio.

Nivel de Riesgo	Cantidad de municipios	
	1970-2010	1990-2020
Bajo	26	28
Moderado	108	115
Alto	6	4
Extremo	28	21
TOTAL	168	168

Riesgo actual de muerte regresiva climática en los bosques para Cuba

Tabla 3. Municipios con riesgo extremo de MRC.

Serie de lluvia 1970-2010					Serie de lluvia 1990-2020				
Provincia	Municipio	P	V	R	Provincia	Municipio	P	V	R
Las Tunas	Majibacoa	126	2,22	1	Las Tunas	Majibacoa	168,8	2,22	1
Granma	Cauto Cristo	132	2,07	2	Las Tunas	Jobabo	178,0	2,07	2
Granma	Bayamo	137	2,22	3	Ciego Avila	Ciego de Avila	180,4	2,22	3
Las Tunas	Jobabo	146	2,07	4	Ciego Avila	Baraguá	181,3	2,03	4
Las Tunas	Las Tunas	161	2,34	5	Sancti Spiritus	La Sierpe	181,4	2,14	5
Sancti Spiritus	La Sierpe	162	2,14	6	Ciego Avila	Venezuela	184,4	2,01	6
Holguín	Urbano Noris	167	2,04	7	Holguín	Calixto García	186,3	2,12	7
Ciego Avila	Venezuela	168	2,01	8	Las Tunas	Las Tunas	187,0	2,34	8
Las Tunas	Colombia	169	2,14	9	Granma	Río Cauto	187,2	2,09	9
Camaguey	Esmeralda	180	2,02	10	Ciego Avila	Ciro Redondo	188,0	2,04	10
Cienfuegos	Cienfuegos	182	2,36	11	Las Tunas	Colombia	190,1	2,14	11
Las Tunas	Puerto Padre	182	2,01	12	Ciego Avila	Majagua	191,8	2,03	12
Granma	Río Cauto	183	2,09	13	Sancti Spiritus	Jatibonico	192,3	2,35	13
Ciego Avila	Chambas	186	2,15	14	Camaguey	Florida	192,3	2,07	14
Ciego Avila	Primero de Enero	186	2,05	15	Ciego Avila	Primero de Enero	192,6	2,05	15

Tabla 3. (continuación).

Serie de lluvia 1970-2010					Serie de lluvia 1990-2020				
Provincia	Municipio	P	V	R	Provincia	Municipio	P	V	R
Holguín	Calixto García	191	2,12	19	Camaguey	Carlos M. Céspedes	198,3	2,08	19
Ciego Avila	Baraguá	186	2,03	16	Matanzas	Calimete	193,0	2,28	16
Matanzas	Calimete	187	2,28	17	Granma	Cauto Cristo	195,8	2,07	17
Cienfuegos	Abreus	190	2,23	18	Holguín	Urbano Noris	197,8	2,04	18
Santiago Cuba	Mella	193	2,47	20	Matanzas	Jagüey Grande	198,5	2,06	20
Ciego Avila	Majagua	194	2,03	21	Las Tunas	Manatí	199,6	2,21	21
Camaguey	Florida	195	2,07	22	PROMEDIO		188,81	2,13	
Sancti Spiritus	Sancti Spiritus	196	2,12	23					
Mayabeque	Batabanó	196	2,02	24	P-Acumulado de lluvia en cinco meses (diciembre-abril) (mm). V-Vulnerabilidad (0-3). R-Orden secuencial según nivel de riesgo.				
Sancti Spiritus	Jatibonico	197	2,35	25					
Sancti Spiritus	Taguasco	198	2,22	26					
Matanzas	Jagüey Grande	199	2,06	27					
Camaguey	Vertientes	199	2,01	28					
PROMEDIO		178,14	2,14						

A escala nacional, el promedio general del acumulado de lluvia para el periodo diciembre-abril alcanzó valores muy similares en las dos series temporales. La serie 1970-2010 registró 257,0 mm, mientras que la serie 1991-2020 presentó 256,1 mm. Sin embargo, los resultados de la **figura 3** demuestran que esta afirmación no se puede generalizar. Un ejemplo claro es Majibacoa, donde los valores del acumulado de lluvia mostraron una diferencia superior a 40 mm entre ambas series.

La distribución espacial de los municipios que presentan riesgo extremo se representa en las **figuras 4 y 5**. Estas figuras permiten visualizar la localización geográfica de las áreas críticas. De esta forma, se facilita el análisis territorial de la vulnerabilidad y el riesgo.

De un total de municipios que presentaban la combinación de temperatura y lluvia propicia para la Muerte Regresiva Climática (MRC) según **Álvarez & Mercadet (2011)**, solo un 57 % coincide con los que ahora se identifican con riesgo extremo. Esta discrepancia resalta la influencia decisiva que tiene en los resultados la consideración de la composición boscosa de cada municipio. Dicha composición incluye tanto las especies presentes como las formaciones naturales que las agrupan.

La comparación de la distribución espacial de los municipios con riesgo extremo a la MRC, mostrada en las **figuras 4 y 5**, indicó que la cantidad de municipios involucrados disminuyó con el paso del tiempo. Esta reducción vino acompañada de una mayor concentración territorial de los casos. Finalmente, los municipios con riesgo extremo quedaron agrupados en tres grupos principales.

El primer grupo se localiza en la región occidental, al sureste de la provincia de Matanzas. Este grupo incluye los municipios de Calimete y Jagüey Grande.

El grupo central ocupa el sureste de Sancti Spiritus, con los municipios de La Sierpe y Jatibonico. También abarca el centro y sur de Ciego de Ávila, específicamente Primero de Enero, Majagua, Baraguá, Venezuela, Ciro Redondo y el propio Ciego de Ávila. Además, se extiende al suroeste de Camagüey, que incluye a Florida y Carlos Manuel de Céspedes.

El grupo oriental comprende la mayor parte de la provincia de Las Tunas, con los municipios de Majibacoa, Las Tunas, Jobabo, Colombia y Manatí. Incluye el sur y sureste de Holguín, específicamente Calixto García y Urbano Noris. Este grupo se completa con el norte y noroeste de Granma, en los municipios de Río Cauto y Cauto Cristo.

Estos resultados constituyen la primera presentación del riesgo de Muerte Regresiva Climática a escala municipal en Cuba. El estudio tiene un alcance nacional que cubre todo el territorio. Hasta la fecha, no existen otros estudios o reportes en el país que señalen la ocurrencia de la MRC. Esta falta de antecedentes impide realizar una comparación directa con los resultados que se alcanzaron en este trabajo.

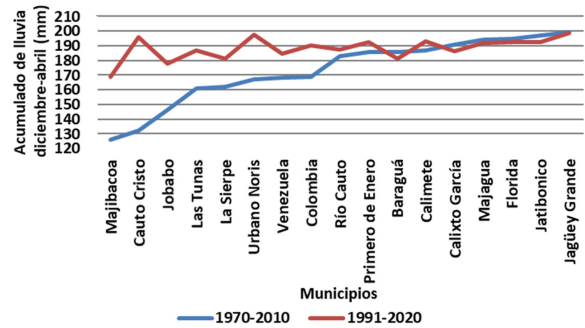


Figura 3. Diferencia entre los acumulados de lluvia para los municipios de riesgo extremo, comunes para ambas series.

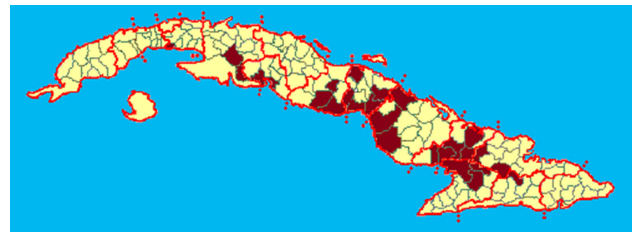


Figura 4. Distribución de los municipios con riesgo extremo de MRC (Serie 1970-2010).

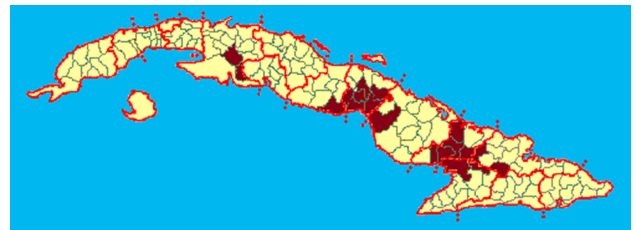


Figura 5. Distribución de los municipios con riesgo extremo de MRC (Serie 1990-2020)

No obstante, **Zorrilla (1985)** informó la presencia en Cuba de los descortezadores *Ips grandicollis* Eichhof e *I. interstitialis* Eichhoff. Por su parte, **López Castilla (2009)** señaló que los brotes de plagas de descortezadores de los pinos, como *Ips grandicollis* Eichhof e *I. calligraphus* E. F. Germar, pueden originarse por causas naturales como los largos periodos de sequía. Esta situación sí ha ocurrido en el país, pero nunca se asoció con el cambio climático ni se consideró una manifestación de la MRC.

Scholes et al. (2014) señalaron que la muerte regresiva es un riesgo ambiental principal con grandes impactos potenciales sobre el clima, la biodiversidad y la producción de madera. También destacaron sus efectos sobre la calidad del agua, las actividades recreativas y las economías locales. En estudios regionales detallados realizados en el occidente y la zona boreal de Norteamérica, la mortalidad arbórea observada durante las pasadas décadas se atribuyó a los efectos de las altas temperaturas y la sequía, o a cambios en la distribución

de plagas propiciados por el calentamiento global. El Quinto Reporte Evaluativo del IPCC otorgó una alta confiabilidad a estos resultados.

Estos mismos autores añadieron que la mortalidad arbórea y la muerte regresiva forestal asociada se harán evidentes en muchas regiones más temprano de lo previsto. El IPCC concedió a esta afirmación adicional un nivel de confiabilidad media.

Como una confirmación de lo planteado anteriormente, se debe señalar que desde 2024 se reportó una sequía muy intensa acompañada de altas temperaturas en la ladera sur del Parque Nacional El Chico, en Hidalgo, México. Este evento provocó la muerte de aproximadamente 30.000 árboles de *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl & Cham (oyamel) con edades entre uno y 100 años. Los árboles que sobrevivieron se localizan principalmente en micrositios más húmedos, como las barrancas. Otros ejemplares, que se ubican fuera de esas condiciones favorables, se encuentran debilitados y afectados por un escarabajo descortezador (LACFORGEN, 2025). Esta situación coincide con lo informado por Allen (2009) como Muerte Regresiva.

Acciones de adaptación

Queda evidenciado que la medida más eficaz para disminuir de manera sostenida el riesgo de este impacto consiste en la reducción de la vulnerabilidad de los bosques existentes en cada municipio. Este objetivo se logra mediante la modificación de la composición de especies de dichos bosques. La aplicación de esta estrategia resulta fundamental para la gestión del riesgo.

Esta estrategia presenta una mayor factibilidad en las áreas de bosques artificiales, los cuales pueden renovarse periódicamente. El país contaba con 212.409 hectáreas por reforestar a fines de 2023, según datos del DFFFS (2024). No obstante, la intervención también es viable en los bosques naturales, que totalizaban 2.770.372 ha en el mismo periodo (DFFFS, 2024). De esta extensión, 1.523.430 ha se categorizaron como Bosques Protectores, lo que representa el 55,0 % del total de bosques naturales y el 45,7 % del total nacional.

En estas áreas de Bosques Protectores se permiten talas selectivas. Dichas talas pueden aprovecharse para ejecutar acciones posteriores de enriquecimiento forestal. Para ello, se utilizan especies nativas que poseen una densidad básica superior a 600 kg/m³ y un lento crecimiento en altura, definido como menos de 80 cm por año. Todo este proceso se realiza sin detrimento de los compromisos existentes con el Programa Nacional sobre la Diversidad Biológica del país (CITMA, 2023).

Es posible desarrollar un método de alerta temprana que se implemente por los 21 municipios de riesgo extremo. Posteriormente, este sistema se extiende de forma progresiva a los municipios restantes, de acuerdo con su nivel de riesgo.

Este método permite avisar de manera sistemática al Servicio Estatal Forestal y a los titulares del patrimonio forestal. La alerta se emite con una antelación mínima de dos meses sobre el probable riesgo de ocurrencia de MRC. El objetivo final es que, en caso necesario, se ejecuten acciones que disminuyan las pérdidas en los bosques. Los resultados alcanzados permitirán desarrollar un método de alerta temprana sobre los cambios futuros del riesgo de impacto por la MRC.

CONCLUSIONES PROPUESTAS POR EL EDITOR

El incremento en los acumulados de lluvia del periodo diciembre-abril reduce de forma general el nivel de riesgo de Muerte Regresiva Climática (MRC) a escala municipal. Esta variación climática permite que varios municipios transiten hacia categorías de riesgo más bajas.

La vulnerabilidad de los bosques, determinada por su composición de especies y formaciones naturales, es un factor decisivo en la evaluación del riesgo de MRC. La consideración de este componente explica las discrepancias entre los modelos de riesgo previos y los resultados actuales, por lo que se consideran importantes para un diagnóstico preciso.

Los municipios con riesgo extremo de MRC se concentran territorialmente en tres grupos principales: el occidente (Matanzas), la región central (Ciego de Ávila, Camagüey, Sancti Spiritus) y el oriente del país (Las Tunas, Holguín, Granma). Esta distribución identifica las áreas geográficas que requieren una atención prioritaria en las estrategias de gestión.

La medida de adaptación más eficaz para mitigar el riesgo de MRC es la reducción de la vulnerabilidad mediante la modificación de la composición de especies en los bosques. Esta estrategia es aplicable tanto en bosques artificiales como naturales a través de talas selectivas y enriquecimiento con especies nativas de lento crecimiento y alta densidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, C. D. (2009). Muerte regresiva del bosque inducida por el clima: ¿un fenómeno mundial en aumento? *Unasyva*, 60(231/232), 43-49.
- Álvarez, A. F. (2017). *Impactos y adaptación al cambio climático en el Sector Forestal Cubano: Sexta aproximación*. Inst. Inv. Agro-Forestales, Grupo Empresarial Agroforestal.
- 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). Inst. Inv. Agro-Forestales.
- CITMA. (2023). *Programa Nacional sobre la Diversidad Biológica Cuba—Diversidad Biológica con mirada al 2030* (p. 28). Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

- DFFFS. (2022). *Dinámica del Patrimonio Forestal: Año 2021* [Base de datos en formato digital]. Dirección Forestal de Flora y Fauna Silvestre. MINAG.
- DFFFS. (2024). *Dinámica del Patrimonio Forestal: Año 2023*. [Base de datos en formato digital]. Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres. MINAG.
- INRH. (2010). *Boletines Hidrológicos*. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. <http://www.hidro.cu/boletines12.htm>
- LACFORGEN. (2025). *Debate virtual desarrollado entre agosto y septiembre*. Red Latinoamericana y Caribeña de Recursos Genéticos Forestales.
- López Castilla, R. A. (2009). *Un nuevo método para el diagnóstico y control de los descortezadores del género Ips (Coleoptera: Scolytidae) en los bosques de pinos de Cuba* [PhD Thesis]. Univ. de Pinar del Río «Hermanos Saíz Montes de Oca».
- Martínez Álvarez, M. (2024). *Registro municipal de lluvia mensual. Periodo 1991-2020*. [Base de datos en formato digital]. Centro del Clima, Instituto de Meteorología.
- Planos, E. O., & Martínez, Y. (2024). Lluvia anual y estacional en Cuba. Influencia de índices climáticos. *Revista Cubana de Meteorología*, 30(4), 1-12.
- Scholes, R., Betts, R., Bunn, S., Leadley, P., Nepstad, D., Overpeck, J., & Taboada, M. A. (2014). Quinto Informe Evaluativo del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). En *Grupo de Trabajo II: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad, Capítulo 4. Sistemas Terrestres y de Agua Dulce*. IPCC.
- Zorrilla, M. A. (1985). Especies cubanas del género Ips (Coleoptera: Scolytidae). *Revista Forestal Baracoa*, 15(2), 19-36.