

RESPUESTA FENOLÓGICA DE *JUGLANS JAMAICENSIS* SUBSP. *JAMAICENSIS* AL AUMENTO DE LA TEMPERATURA EN BOSQUE PLUVIAL MONTANO

M.Sc. O. HECHAVARRÍA KINDELÁN, DR. A. ÁLVAREZ BRITO E ING. JUAN MIGUEL MONTALVO

Instituto de Investigaciones Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17 B y 17 C, reparto Siboney, Playa, Ciudad de La Habana, orlidia@forestales.co.cu

RESUMEN

La importancia de evaluar y dar seguimiento a aspectos que demuestren los impactos del cambio climático sobre los bosques se ha convertido en una necesidad. El estudio de la fenología de los árboles y la función de la temperatura en la modificación del ciclo fenológico es uno de los mayores retos en el campo de la investigación. El objetivo del trabajo es identificar las alteraciones causadas por el aumento de la temperatura mínima sobre los patrones fenológicos de Juglans jamaicensis C. DC. subsp. jamaicensis (nogal del país), endémico de las Antillas Mayores, propia de zonas montañosas durante 1992 y 1999 de Topes de Collantes en el macizo de Guamuhaya. Se valora la importancia que ello tiene para su adaptación y manejo futuro. Se analizaron los patrones fenológicos de J. jamaicensis en los años normales y los calientes. Se produjeron alteraciones fenológicas en las especies, y resultó que en J. jamaicensis estas alteraciones fueron de importancia en la actividad reproductiva, lo que puede comprometer su capacidad futura de adaptación. Se reporta por primera vez un estudio fenológico completo de este taxón en Topes de Collantes.

Palabras claves: cambio climático, fenología, efecto invernadero, impacto, adaptación.

ABSTRACT

The importance of to evaluate and to give pursuit to aspects that demonstrate the impacts of the climatic change on the forests has become a necessity. The study of the phenology of the trees and the function of the temperature in the modification of the cycle phenological are one of the biggest challenges in the field of the investigation. The objective of the work is to identify the alterations caused by the increase of the minimum temperature on the phenological pattern of Juglans jamaicensis C.DC. subsp. jamaicensis (nogal del país), endemic of the Mayors Antilles of mountainous areas during the years 1992 and 1999 of Topes of Collantes in Guamuhaya. The importance is valued that has it for its adaptation and future handling. The phenological pattern of J. jamaicensis was analyzed in the normal years and hot years. Phenological alterations took place in the species, being that in J. jamaicensis these alterations were of importance in the reproductive activity what can commit their future capacity of adaptation. It is reported a study complete phenology of this taxon for the first time in Topes of Collantes.

Key words: climate change, phenology, greenhouse effect, impact, adaptation.

INTRODUCCIÓN

En ecología los estudios fenológicos pueden tener variados objetivos, y hacerse con especies particulares, o en la comunidad como un todo. En general se trata de describir la fenología de las especies consideradas y de establecer relaciones existentes entre diferentes fenofases y determinados factores del medio, todo lo cual forma parte de los mecanismos de funcionamiento del ecosistema. Junto a esto, es importante establecer patrones de comportamiento de las fases fenológicas de los árboles para su clasificación. Es en Europa donde se ha estudiado con mayor detalle el efecto del cambio climático sobre la fenología de las plantas. Diversos estudios han revelado que los eventos fenológicos de primavera son particularmente sensibles a la temperatura, y que provocan en todos los casos un adelantamiento de tales eventos, adelantando en promedio de 6,3 días, mientras que los de otoño se han retrasado 4,5 [Menzel, 2000].

Son escasos los estudios fenológicos en los bosques tropicales de montaña, y mucho menos los referidos a las Antillas Mayores [May, 1988]. En América se han realizado pocos estudios sobre la fenología y el cambio climático, y la mayoría de ellos ha evaluado el efecto en la fenología de las plantas de Norteamérica, como en Canadá, donde se observó la tendencia de la floración más temprana en *Populus tremuloides* en casi veintiséis días, y se encontró una fuerte relación de este evento con las temperaturas del Océano Pacífico [Beaubien y Freeland, 2000].

En 1995 el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático citado por Bolin *et al.* (1995) reportó que se producirán cambios en la composición de los bosques, desaparecerán bosques completos y se establecerán nuevas especies. En los ecosistemas montañosos se prevé un desplazamiento en altura de la vegetación, lo cual traerá aparejado la extinción de las especies debido a la desaparición de hábitat. Gutiérrez *et al.* (2001) apuntaron que los principales impactos del cambio climático en Cuba están asociados al aumento del mar y al de la aridez y procesos de sequía, lo que aumenta los incendios forestales, la modificación de la superficie y la composición de algunas formaciones forestales de altura. Se proyecta además un aumento de la temperatura media anual, lo cual incide en los procesos de evaporación con un notable incremento de la aridez y la sequía.

En el 2005 fue realizada una tercera evaluación de la vulnerabilidad de los bosques del país, y se añadió a los impactos ya identificados el aumento de eventos meteorológicos extremos y las alteraciones de los patrones fenológicos de las especies arbóreas, este último probablemente reforzado por el grado de endemismo que presentan, aspecto que Rubbelke (2006) reportó que la temperatura del aire del planeta se ha elevado en 0,6°C en los últimos treinta años, y que el 2005, 1998, 2002, 2003 y 2004, en ese orden, han sido los años más calientes desde 1800, lo que confirma la tendencia al aumento de las temperaturas.

Recientemente Jiménez (2007) comentó que en Cuba la temperatura media se ha incrementado de 0,6 a 0,7°C, y los pronósticos revelan que para el 2100 pudiera aumentar entre 1,6 y 2,5°C, cuando 1990, 1997 y 1998 coincidieron con los de mayor temperatura mínima en Topes de Collantes.

El objetivo del trabajo es identificar las alteraciones causadas por el aumento de la temperatura mínima sobre los patrones fenológicos de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El nombre vulgar de la especie es nogal del país o nuez. Es un árbol monoico, caducifolio, de corteza costillada y arrugada de color pardo oscuro [Schaarschmidt, 1993], que puede alcanzar hasta 30 m de altura, es maderable y medicinal [Betancourt, 1987]. No es endémico del país, pero se ha adaptado bien a las condiciones de la región central de Cuba (Escambray) y oriental (Holguín, Santiago de Cuba y Guantánamo). Es una especie endémica de las Antillas Mayores, excepto Jamaica, según Hno. León y Hno. Alaín (1974), Schaarschmidt (1983) y Del Risco y Vandama (1989).

Se diferencia de *Juglans insularis* Griseb. en la morfología externa del fruto, según Schaarschmidt (1983), por lo que todos los estudios se han hecho a esta otra especie. Es por ello que el objetivo de este trabajo es reportar su dinámica fenológica y la relación con el clima, en especial la temperatura mínima.

Debido a la escasez de ejemplares de esta importante especie, está repor-

tada como amenazada por la Ley Forestal de Cuba (1999) y en peligro crítico por Berazaín *et al.* (2005).

El estudio se realizó seleccionando entre cinco y diez individuos sanos de la especie y con plena capacidad reproductiva, que demostraron a través del tiempo las fases de desarrollo durante seis años (1992-1999). Se utilizó la metodología desarrollada por Hechavarría (1998). La especie se encuentra ubicada en la localidad de Topes de Collantes en la finca Cuba, sobre suelo ferralítico rojo lixiviado a una altitud de 623 m.s.n.m.

Para el análisis fenológico se tuvieron en cuenta dos tipos de registros: la fenología vegetativa (permanencia de hojas y brotación) y la reproductiva (floración y la maduración de los frutos), características que evidenciaron su madurez fisiológica.

Con el objetivo de mostrar la influencia del aumento de la temperatura provocado por el cambio climático sobre las fenofases de la especie estudiada, se agruparon los valores de temperatura en dos grupos: los años cuya temperatura mínima fue mayor al valor medio reportado para esta variable (16°C) —a los que se le denominó *años calientes*— y los que esta variable fue igual o menor al valor promedio, a los que se les denominó *años normales*. Se realizaron los dendrofenogramas, se identificaron sus semejanzas y diferencias. Se empleó el paquete estadístico Statgraph versión 5.0, del que se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov como prueba no paramétrica de bondad de ajuste para determinar las diferencias entre las

dos distribuciones. Los análisis estadísticos se realizaron a un nivel de significación del 5%.

RESULTADOS

Comportamiento fenológico de *J. jamaicensis* subsp *C. DC. jamaicensis*

Actividad vegetativa

El proceso vegetativo se caracterizó por la tendencia a la caducidad. Esta fenofase se produjo de enero a abril y de septiembre a diciembre, lo cual coincidió con bajos valores de temperatura para los años de temperatura normal.

En los años calientes la caída de hojas fue igualmente marcada, pero menos intensa a principios de año y más intensa a finales, lo cual marca la diferencia. En sentido general se puede plantear que en los años de temperaturas normales la mayor permanencia de hojas en los árboles ocurrió en mayo, junio, julio y agosto, pero cuando la temperatura se eleva los mayores valores se observaron en julio, agosto y septiembre, lo cual señala como principal diferencia un corrimiento de la fenofase en tiempo, como se muestra en la Fig. 1.

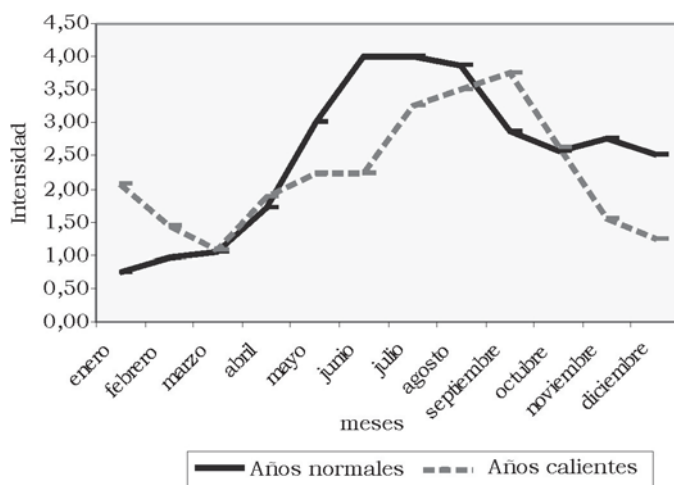


Fig. 1. Comportamiento de la permanencia de las hojas adultas en períodos con diferente temperatura mínima.

En cuanto a la brotación de hojas nuevas, durante los años normales los mayores valores de brotación para la especie se observaron en abril. El ritmo vegetativo en los años de temperatura caliente se puede

clasificar como de *medio a intenso*, pero los árboles nunca llegaron a retener todas sus hojas adultas, manteniendo su característica de caducidad. Ante la presencia de un aumento de la temperatura mínima

(años calientes), las brotaciones ocurrieron en distintos meses durante estos años, lo cual constituyó la prin-

cipal diferencia detectada entre ambas condiciones, como se muestra en la Fig. 2.

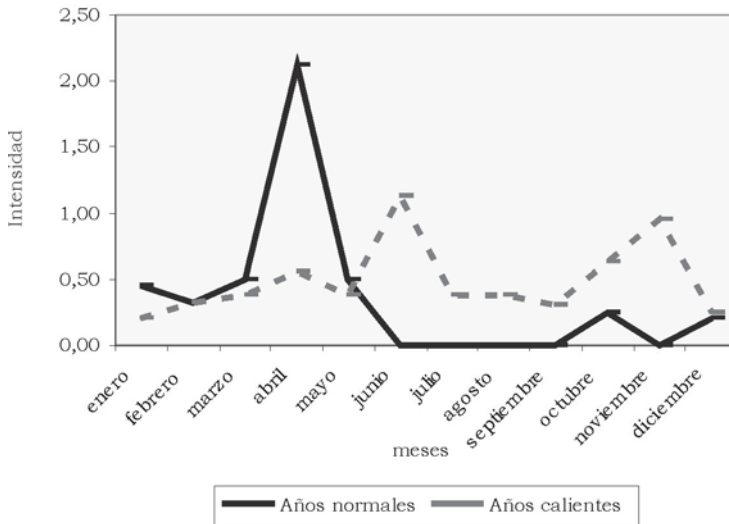


Fig. 2. Comportamiento de la brotación de las hojas en periodos con diferente temperatura mínima.

Actividad reproductiva

Floración

En los años normales la floración tuvo una intensidad de media a fuerte, con sus mayores valores en febrero, marzo y abril. Este comportamiento se modificó en 1996, cuando su mayor valor se produjo en noviembre, lo que fue atípico para la especie. En todos los casos la floración ocurrió con temperaturas bajas (entre 11 y 15°C). Al elevarse la temperatura mínima se produjeron dos floraciones anuales, de mayor intensidad y en diferentes momentos, por

lo que los árboles mantuvieron una actividad floral intensa; sin embargo, es necesario destacar que a pesar de este comportamiento, su mayor expresión se produjo en enero, febrero, marzo y abril. En sentido general, la principal diferencia identificada consiste en el aumento de la intensidad de la floración cuando la temperatura mínima se eleva, aun cuando el periodo del año en que ello ocurre es el mismo, como se muestra en la Fig. 3.

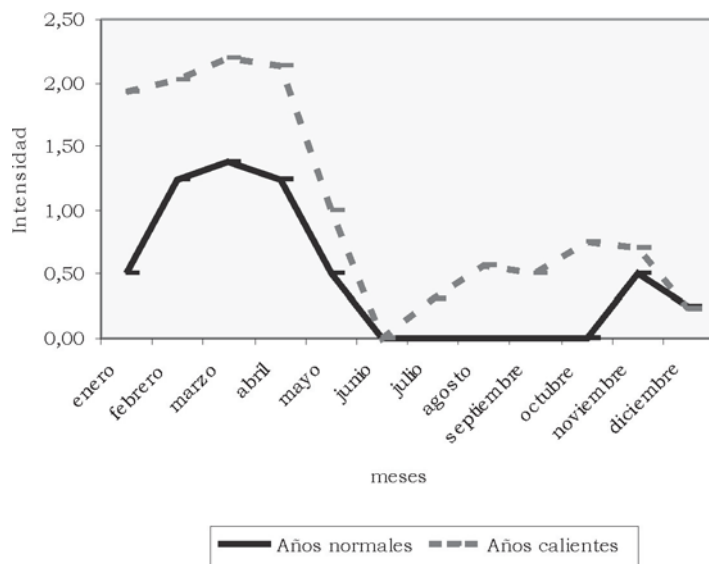


Fig. 3. Comportamiento de la floración en períodos con diferente temperatura mínima.

Maduración de frutos

La maduración de los frutos en los años normales tuvo apariciones diferentes en febrero, abril, mayo, junio y julio, en todos los casos con intensidad de media a fuerte y temperaturas bajas entre 7 y 12°C, excepto en julio, que alcanzó el mayor valor con 18°C. En sentido general la maduración de los frutos en estas condiciones se produjo a partir de mayo y se extendió hasta julio. A diferencia de este comportamiento, ante temperatura mínima caliente la maduración de los frutos se produjo en dos etapas: en febrero y marzo por una parte, y entre junio y septiembre por la otra, con los mayores valores

en febrero y en julio, siendo este último el de mayor duración. La principal diferencia consistió en un corrimiento de la fenofase y una mayor actividad por presentar dos apariciones, como se muestra en la Fig. 4.

La sincronía o solapamiento de fenofases es un aspecto significativo, ya que en los años de temperaturas normales el solapamiento de fenofases tendió a agruparse en abril y mayo, pero con el aumento de esta variable el solapamiento se produjo mayormente en agosto, en que mostró como principal diferencia momentos diferentes y menor sincronía, como se muestra en la Fig. 5.

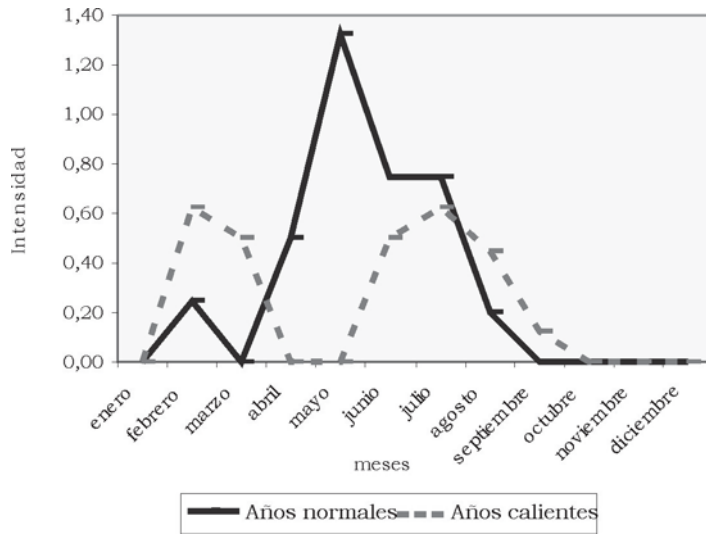


Fig. 4. Comportamiento de la maduración de los frutos en períodos con diferente temperatura mínima.

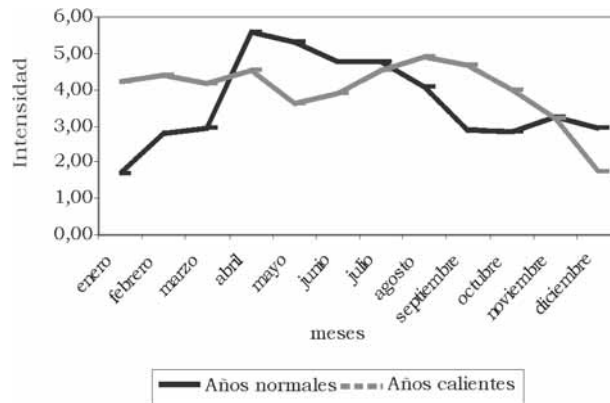


Fig. 5. Solapamiento de fenofases con diferente temperatura mínima.

Las alteraciones fenológicas producidas en la especie durante el período de estudio puede valorarse como una señal adaptativa de la especie a las nuevas condiciones de Topes de Collantes, que trae consigo un número de implicaciones importantes para la especie, como que al aumentar la intensidad de la floración se pudiera garantizar una mayor canti-

dad de frutos. La maduración de los frutos se presenta en dos momentos: en el primer trimestre del año (la menos intensa) y en el tercer trimestre (la más intensa), pudiendo verse afectada esta última (la más importante) por eventos meteorológicos característicos de esta época, como son las tormentas tropicales y los ciclones.

TABLA 1
Valores de probabilidad obtenidos para cada par de distribuciones

	Años normales				
Años calientes	Variables fenológicas	Hojas adultas	Brotación	Floración	Maduración de frutos
	Hojas adultas	0,002			
	Brotación		0,002		
	Floración			0,000	
	Maduración de frutos				0,000

La tabla indica los valores de probabilidad para cada par de distribución de la especie, lo que indica que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en el comportamiento de las fenofases de la especie en los años en que la temperatura mínima promedio aumenta (años calientes) y que se mantienen estable en cuanto a su promedio (años normales).

Con respecto al ciclo fenológico de la especie, se evidenció que hay diferencias en el comportamiento de la permanencia de hojas y las brotación de las hojas, la floración y la maduración de los frutos, lo que ha sido expresado en los cambios de intensidad y corrimientos de las fenofases a lo largo del estudio.

Este comportamiento es apoyado por lo expresado por el IPCC (1995), en

que un aumento de 2°C afectará el desarrollo de las especies, y por Menzel (2000), en que un aumento de las temperaturas produce un adelantamiento de los eventos fenológicos.

Para el caso de la especie objeto de estudio, la especie tendrá que recurrir a su capacidad genética adaptativa para mantener sus patrones fenológicos en Topes de Collantes, y por tanto mantener su existencia como especie.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La tendencia al aumento de la temperatura mínima promedio en esta localidad produjo alteraciones de importancia sobre aspectos vin-

culados a la actividad reproductiva de *J. jamaicensis* que pueden comprometer su capacidad natural futura de adaptación en las condiciones de Topes de Collantes, en especial si también se demostrara que afectan negativamente la capacidad germinativa de las semillas producidas en alguno de los diferentes momentos de maduración de sus frutos.

- Es conveniente recomendar la realización de estudios de capacidad germinativa de las semillas cosechadas (germinación, día de vigor, pruebas de corte) en ambos momentos de maduración de los frutos, de manera que pueda definirse en cuál de los dos momentos el material reproductivo es más viable.

BIBLIOGRAFÍA

- BAEUBIEN, E. G.; H. J. FREELAND: «Spring Phenology Triends en Alberta, Canadá: Links to Ocean Temperature», 1987.
- BERAZAÍN, R.; F. ARECES, J. C. LAZCANO Y R. GONZÁLEZ: «Lista roja de la flora vascular cubana», *Revisita Jardín Botánico Atlántico* 4, 2005.
- BETANCOURT, A.: *Silvicultura especial de árboles maderables tropicales*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2000.
- BOLIN ET AL.: Segunda evaluación cambio climático. Panel Intergubernamental sobre cambio climático (IPCC). 1995.
- DEL RISCO, E.; D. VANDAMA: «Regionalización florística de Cuba», *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*, X.2.4.II, 1989.
- GUTIÉRREZ, J.; A. CENTELLA; M. LIMA: «Impactos del cambio climático en Cuba», *Revista de Información Científica y Tecnologías* 6(1):26-36, 2001.
- HECHAVARRÍA, O.: «Aspectos metodológicos sobre la fenología en especies forestales», *Boletín de Mejoramiento Genético y Semillas Forestales del Catie*, 20:15, 1998.
- HNO. LEÓN Y HNO. ALAÍN: *Flora de Cuba*, Suplemento, La Habana, 1974.
- JIMÉNEZ, M.: «¿Un futuro caliente?», suplemento científico-técnico de *Juventud Rebelde*, La Habana, 11 de marzo del 2007.
- MAY, T.: «Tres años de observaciones fenológicas en el bosque nublado de Casabito (reserva científica Ébano Verde, Cordillera Central, RD. Revista Moscosoa 10:164-178.
- MENZEL, A.: «Trends in Phenological Phases in Europe Between 1951 y 1996», *Int. J. Biometeorol.* 44 (2):76-81, 2000.
- RUBBELKE, D.: «Economía ambiental y cambio climático», curso de verano, Universidad de La Habana, 2000.
- SCHAARSCHMIDT, D.: «Die karebasche *Juglans*-Sippe-zwei. Subespecoies Wissenschaftliche Zeitschrift», *Matcg-Naturwiss.* 32(6):895-898, Fiedrich-Schiller-Univ Jena, 1983.
- SERVICIO ESTATAL FORESTAL: *Ley Forestal de Cuba, Reglamento*, 1999.