

FENOLOGÍA DEL ROBLE (*Quercus humboldtii bonpland*) EN POPAYÁN (CAUCA, COLOMBIA)

PHENOLOGY OAK (*Quercus humboldtii bonpland*) IN POPAYÁN (CAUCA, COLOMBIA)

FENOLOGIA DO ROBLE (*Quercus humboldtii bonpland*) EM POPAYÁN (CAUCA, COLÔMBIA)

CRISTIAN ANDRÉS PÉREZ L.¹, JUAN CARLOS VILLALBA M.², MARTHA ISABEL ALMANZA P.³

RESUMEN

Se realizó un registro fenológico del roble Quercus humboldtii Bonpland entre marzo del 2010 y marzo de 2011—en el municipio de Popayán (Cauca, Colombia). La producción de flores femeninas y frutos jóvenes se presentó entre finales de marzo y principios de abril, correlacionándose positivamente estas dos fenofases durante todo el año con la temperatura ($r=0,64$ y $r=0,44$, respectivamente) y en los inicios de estas dos fenofases se correlacionó con la precipitación ($r=0,69$ y $r=0,92$ respectivamente). Los frutos maduros aparecieron en mayo, aunque su cantidad se redujo hacia el final del año 2010 por el aborto de frutos en los meses anteriores. La actividad vegetativa se caracterizó por la presencia permanente de hojas nuevas, maduras, amarillas, sobremaduras y caída de follaje. Sin embargo, en agosto, debido al aumento significativo de la temperatura y a la disminución en la precipitación, se observó en los árboles caída de follaje, disminución de hojas maduras y producción de hojas nuevas.

Recibido para evaluación: 07-11-2012. **Aprobado para publicación:** 27-05-2013.

- 1 Ing. Forestal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayán, Cauca.
- 2 Ing. Forestal, M.Sc. Profesor Departamento de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayán, Cauca.
- 3 Bióloga, Ph.D., Profesora Departamento de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayán, Cauca.

Correspondencia: jcvillalba@unicauca.edu.co

ABSTRACT

*A phenological record of Oak *Quercus humboldtii* Bonpland was carried out during a year between March 2010 and March 2011 in the Colombian Popayán municipality. The female flowers and young fruits production took place between late March and early April, both phenological phases positively correlated throughout the year with the temperature (respectively $r=0.64$ and 0.44), and with higher precipitation levels during its initial stages (respectively $r=0.69$ and 0.92). The fruits ripened in May, although their number was reduced to several by abortion by end of 2010. The vegetative activity is characterized by continuous presence of new leaves, ripe, yellow, over ripened and fall foliage. With increased temperature and drought of August however, foliage fall, reduced formation of new leaves in simultaneous presence of mature ones were observed.*

RESUMO

*Foi feito um registro fenológico do roble *Quercus humboldtii* Bonpland entre março de 2010 até março de 2011 – no município de Popayán (Cauca, Colômbia). A produção de flores femininas e frutos jovens se apresentaram no final do mês de março e começo do mês de abril, apresentando uma correlação positiva desses dois estágios com a temperatura durante o ano todo ($r=0,64$ y $r=0,44$, respectivamente) e no começo com o aumento nos níveis de precipitação ($r=0,69$ y $r=0,92$ respectivamente). Os frutos maduros apareceram em maio, ainda a mesma quantidade foi reduzindo no final do ano 2010 pelo aborto de frutos nos meses anteriores. A Atividade vegetativa se caracterizou pela presença permanente de folhas novas, maduras, amarelas, sobremaduras e queda de folhagem. No entanto, em agosto, apresentou aumento significativo na temperatura e diminuição na precipitação, gerando nas árvores queda de folhagem, diminuição de folhas maduras e produção de folhas novas.*

INTRODUCCIÓN

La fenología puede entenderse como el estudio de las respuestas de los organismos vivos a los diferentes cambios y estímulos originados por el medio externo, principalmente el clima y las interacciones con las otras formas de vida [1, 2]. Una concepción interesante fue expuesta por [3], el cual manifiesta como la fenología se aprecia mejor dentro de la dinámica vegetal y de una temporada a otra durante el año; al cumplirse en estas los fenómenos visibles de su vida, y particularmente los que se acomodan a cierta periodicidad, relacionada con el clima del lugar en el que ocurren, y por tanto, determinando el tiempo de germinación de las semillas, duración y suspensión del crecimiento del tallo y ramificaciones, producción, brotación y caída de hojas, floración, maduración de los frutos y liberación de estos últimos.

Desde la antigüedad, la fenología tiene un rol importante en el desarrollo de la humanidad, con base en esta información, ha sido posible predecir y planificar los recursos para su sostenimiento. Los pueblos recolectores y cazadores han elaborado calendarios para la recolección de frutos silvestres y pes-

PALABRAS CLAVE:

Fenofases, Roble, Fenología, *Quercus humboldtii*.

KEYWORDS:

Phenophases, Oak, Phenology, *Quercus humboldtii*.

PALAVRAS-CHAVE:

Fenofase, Roble, Fenologia, *Quercus humboldtii*.

ca, permitiéndoles comprender los ciclos biológicos de su ambiente [4]. Los pueblos agricultores han realizado observaciones de los ciclos de crecimiento y fructificación de las plantas cultivadas, relacionando las épocas de siembra y cosecha con fenómenos climáticos [1].

Por otro lado, se considera vital la comprensión de estos fenómenos biológicos, puesto que aportan conocimiento sobre las relaciones entre las plantas y los animales de una comunidad biótica y sus vecinas [2]. Además, el conocimiento de los patrones fenológicos también contribuye a la conservación de los recursos genéticos y al manejo forestal, puesto que informa sobre las temporadas en que es posible la recolección de material de siembra para la propagación [5, 6, 7, 8].

El roble es una especie forestal considerada de alta importancia para Colombia, por los diversos beneficios que brinda a las comunidades con las que se encuentra asociada. En la época precolombina el roble era considerado como un árbol sagrado, siendo perseguido por la corona española; posteriormente adquirió gran relevancia por la calidad de su madera, motivando la sobreexplotación, situación que aún persiste [9, 10, 11].

Entre los estudios fenológicos realizados en Colombia sobre el roble, se destacan dos realizados en Bogotá, el primero encontró que el roble presenta caída de follaje en agosto, floración entre noviembre y diciembre, fructificación entre enero y marzo y brotación del follaje en diciembre [9]. El segundo señala que en los robles del Jardín Botánico de Bogotá es posible encontrar frutos verdes durante casi todo el año, debido a que su formación empieza poco después de finalizada la floración, y el tiempo de madurez tarda cerca de diez meses; los frutos maduros pueden observarse en dos épocas del año, la primera comprendida entre octubre y diciembre (fin de la estación de lluvias e inicios de la estación seca) y la segunda entre abril y junio (estación de lluvias) [12].

En dos veredas (Cachalú y Patios Altos) de la cordillera oriental en el municipio de Encino (Santander) se encontró que el pico de producción de frutos del roble se presentó entre abril y mayo, coincidiendo con el periodo de mayores lluvias [13]. En Antioquia (corregimiento de Santa Elena en Medellín, municipios de Támesis, Andes, Liborina y Angostura), el roble presenta periodos de floración variables, mientras en unos sitios la floración se concentró entre noviembre y diciembre, en otros se extendió de enero a junio, concluyendo que esta fenofase no tuvo relación directa con las épocas de mayor

o menor precipitación. Los frutos verdes empezaron a notarse dos meses después de iniciar la floración y se registraron principalmente de febrero a septiembre y de marzo a octubre; el desarrollo de los frutos es un proceso que tardó entre 6 y 7 meses; la pérdida de hojas pareció estar asociada con los periodos de floración y fructificación, ya que durante estos se presentó mayor defoliación y el brote de hojas se presentó casi simultáneamente con la caída de estas [14].

En Popayán, se han adelantado varios estudios sobre la especie: caracterización de los fenómenos de defoliación en el roble a causa de un lepidóptero de la familia Geometridae [15]; caracterización de la entomofauna asociada a los bosques de roble [16]; caracterización florística a dos bosques de roble en las veredas Clarete Alto y Río Blanco [17].

Los estudios de fenología emplean diferentes métodos, uno de estos es el desarrollado por Fournier [18], el cual ha sido empleado en varias investigaciones relacionadas con especies y comunidades tropicales, es considerado como un método práctico, efectivo y de fácil aplicación en campo para el investigador [8, 19; 20, 21].

Este documento presenta los resultados de la investigación sobre el comportamiento fenológico del roble durante un año de observaciones en la vereda Clarete Alto (Popayán), caracterizando su actividad biológica, identificando fenómenos de foliación, floración, fructificación y su relación con el entorno biótico y abiótico.

MÉTODO

El estudio se realizó en un robledal de 103,17 ha ubicado en la vereda Clarete Alto del municipio de Popayán (Cauca). Las coordenadas del sitio son 2°29'54.45"N-76°31'38.80"O y a 1986 msnm [17].

El lugar de estudio se encuentra en la meseta de Popayán; con un rango de temperatura entre 22 y 24°C y dos periodos de lluvias durante el año [22]. El relieve es fuertemente quebrado, presenta cimas ligeramente redondeadas y pendientes rectas e irregulares de 25-50-75% [23].

Obtención de Datos y Análisis Estadístico

Las observaciones quincenales fueron realizadas del 21 de marzo del 2010 al 3 marzo del 2011. Se selec-

cionaron y marcaron 27 individuos con base en los siguientes criterios: buen estado sanitario, diámetro a la altura de pecho (DAP) mayor a 10 cm, buena posición y forma de copa, estos dos últimos siguiendo la metodología propuesta por Dawkins [24, 25].

Se registraron dos tipos de variables biológicas: vegetativas y reproductivas. Las variables vegetativas fueron hojas nuevas, hojas maduras, hojas amarillas, hojas sobremaduras y caída de follaje, esta última se apoyó con la instalación de trampas de 1mx1m. Las variables reproductivas fueron flor femenina, flor masculina (planta monoica), fruto joven y fruto adulto. También se registraron sucesos de semillación y presencia de reposo con registros dicotómicos [26]. Además, se tuvo en cuenta las variables climáticas: precipitación (mm), humedad relativa (%), temperatura (°C) y radiación solar (w/m²). Los datos climáticos fueron proporcionados por el Grupo de Estudios Ambientales (GEA.) de la Universidad del Cauca, obtenidos de la Estación Meteorológica Las Guacas.

Las fenofases se registraron de acuerdo a la metodología propuesta por Fournier [18]. Se observó la copa de cada uno de los árboles, determinando la presencia y la magnitud del fenómeno. La magnitud, se define con la escala que se presenta a continuación:

- 0: ausencia del fenómeno observado.
- 1: presencia del fenómeno con una magnitud entre 1 y 25%.
- 2: presencia del fenómeno con una magnitud entre 26 y 50%.
- 3: presencia del fenómeno con una magnitud entre 51 y 75%.
- 4: presencia del fenómeno con una magnitud entre 76 y 100%.

En las observaciones se utilizaron binoculares y registros fotográficos.

Para efectos de esta investigación, el resultado mensual de las observaciones a los árboles con base en la escala antes mencionada, se promedia cada característica observada en toda la muestra, los cuales definen la presencia y la intensidad de las variables vegetativas y/o reproductivas del estudio, denominándose dichos promedios Unidades de Fournier (UF)

Los datos se analizaron mediante el diseño de dos matrices de correlación, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson con ayuda del programa Microsoft Excel. En la primera matriz se relacionaron las variables biológicas y en la segunda, se relacionaron las variables biológicas con las variables climáticas.

RESULTADOS

Fenología reproductiva

La fenofase de la floración femenina se presentó solamente entre finales de marzo y finales de agosto (1,96 UF±0,98) con un pico máximo a mediados de mayo: 93% de los árboles con flor femenina (Figura 1a). La fenofase de fructificación se registró desde finales de marzo hasta mediados de septiembre (1,67UF±0,96) con un pico máximo a finales de junio: 89% de los árboles con frutos jóvenes (Figura 1a). La floración femenina y la producción de frutos jóvenes presentaron una correlación positiva y significativa ($r=0,85$) (Cuadro 1). Así mismo, estas dos fenofases presentaron correlación positiva con la temperatura durante todo el año ($r=0,64$ y $r=0,44$, respectivamente) (Cuadro 2).

El análisis de las variables floración y fructificación junto con el aumento de la intensidad de la precipitación entre marzo y abril del 2010, indican que esta variable climática activó estas dos fenofases; además cabe resaltar que en los meses anteriores se presentó el fenómeno del niño que probablemente coadyuvó a que estas fenofases se activaran (Figuras 1a y 2d).

En relación con la floración, los resultados obtenidos difieren del estudio fenológico realizado a la misma especie en Medellín (Colombia), donde exponen que la floración no tiene relación directa con las épocas de menor o mayor precipitación [14]. Sin embargo, son evidencia de argumentos tales como que la sincronización de la floración de muchas especies con una estación particular parece estar bajo el control de las condiciones climáticas prevalecientes [27]; o que los factores relacionados con la disponibilidad de agua en la planta pueden tener el mayor rol en el control de la floración de los árboles tropicales [21].

En relación con la fructificación del roble, los resultados son contradictorios, en Bogotá encontraron que ésta se presenta entre los meses de enero y marzo, a mediados de la estación seca y principios de la estación de lluvias [9]. En dos bosques andinos de la Cor-

Cuadro 1. Correlación de Pearson (r) con variables biológicas

	hojas nuevas	hojas maduras	hojas amarillas	hojas sobremaduras	flor femenina	fruto Joven	fruto adulto	caída hojas
hojas nuevas	1							
hojas maduras	-0,79	1						
hojas amarillas	0,01	-0,06	1					
hojas sobremaduras	-0,08	0,02	0,26	1				
Flor femenina	-0,02	0,46	0,02	-0,21	1			
fruto Joven	0,02	0,42	-0,07	-0,17	0,85	1		
fruto adulto	0,54	-0,43	0,07	-0,1	-0,18	0,19	1	
caída hojas	0,16	-0,43	-0,09	-0,08	-0,22	-0,13	0,14	1

dillera Oriental, encontraron que la mayor producción de frutos, estuvo concentrada en los meses de abril y mayo que corresponden al periodo de mayores precipitaciones en la zona [13].

Es importante mencionar que un mes después del inicio de la producción de frutos, es decir a principios de mayo, se observó el fenómeno de aborto, afectando al 74% de los árboles según el registro de semillación (Figura 1c). Este fenómeno fue reportado en un estudio sobre producción de frutos del roble en la Cordillera Oriental [13]; y en el estudio sobre defoliación de los bosques de roble en la meseta de Popayán, en donde se señala la caída de frutos en estado joven después del ataque de un insecto defoliador. [15]. Los frutos adultos maduran de 2 a 3 meses después del inicio de la fructificación, es decir a mediados de mayo ($0,04UF \pm 0,19$), la mayor cantidad se presentó entre finales de junio e inicios de octubre ($0,70UF \pm 0,61$).

Los frutos maduros se presentaron hasta finales de noviembre (Figura 1a).

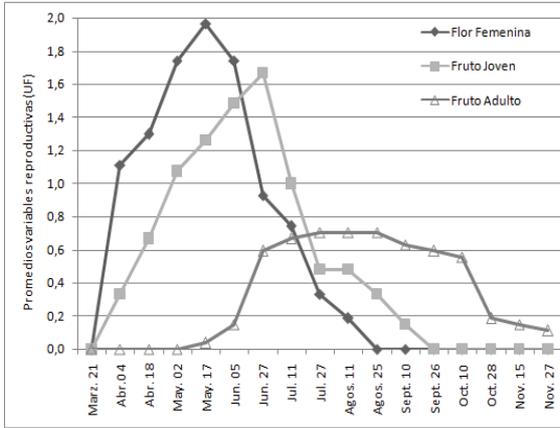
La fructificación puede estar afectada por la cantidad de flores que se convierten en fruto, pues no todas llegan a este estado. Existe un límite para el número de frutos a establecerse en el árbol y suele estar determinado por los recursos minerales disponibles en el suelo y no por el número de flores femeninas presentes en la planta [28]; aunque también pueden presentarse altos niveles naturales de polinización, que superan el número límite de frutos que pueden establecerse, sin embargo, estas situaciones deben considerarse con cierto cuidado, debido a que las flores no son polinizadas cuando el polen recibido proviene de la misma planta (incompatibilidad genética), y podría considerarse como un mecanismo para evitar endogamia [29]. En *Quercus alba* se demostró que entre el 16% y 57% de las flores caídas habían recibido polen de la misma planta [29]. Otros

Cuadro 2. Correlación de Pearson con variables biológicas y variables climáticas

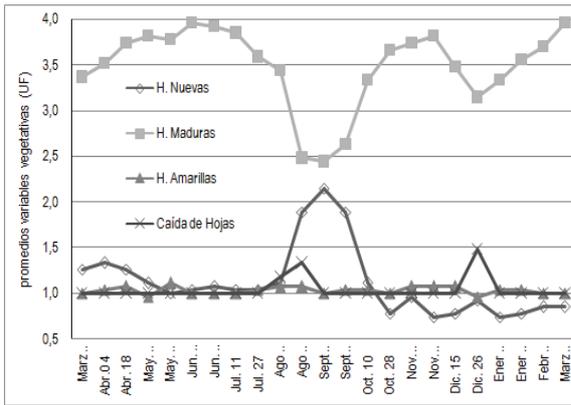
	radiación	temperatura	humedad	precipitación
hojas nuevas	0,36	0,37	-0,63	-0,44
hojas maduras	-0,21	0,03	0,49	0,51
hojas amarillas	0,16	0,04	-0,17	-0,06
hojas sobremaduras	0,17	-0,16	0,19	0,11
flor femenina	-0,09	0,64	-0,09	0,08
fruto Joven	-0,15	0,44	-0,17	-0,01
fruto adulto	0,23	-0,07	-0,51	-0,32
caída hojas	-0,32	-0,3	-0,16	-0,28

Figura 1. Fenología del roble durante un año de estudio en Popayán (Cauca)

a. Variables reproductivas



b. Variables vegetativas



c. Sincronía de las variables reproductivas y semillación

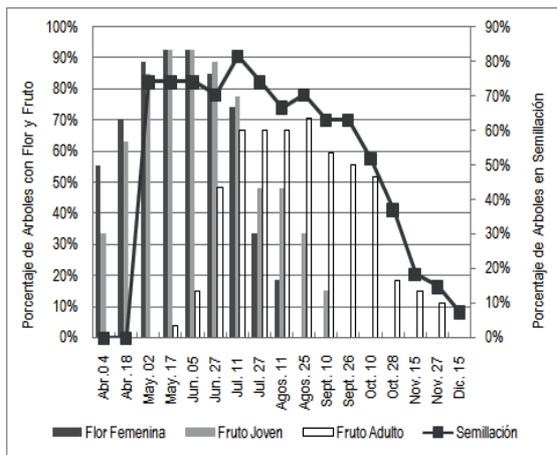
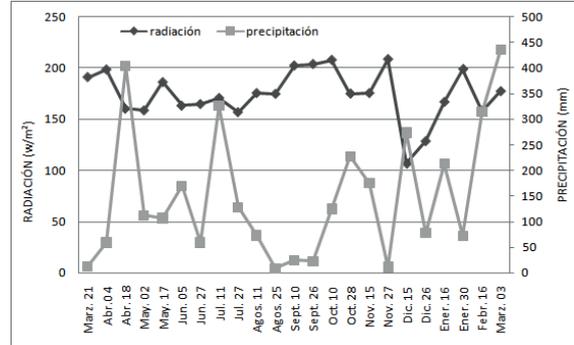
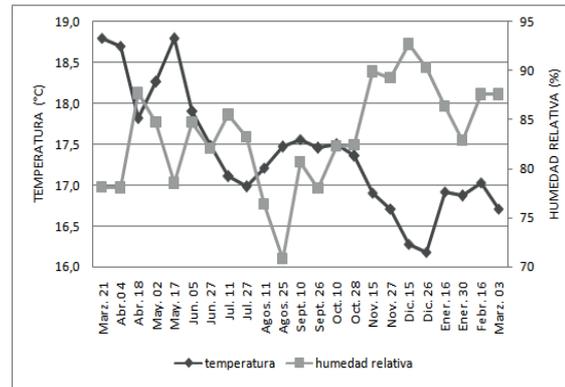


Figura 2. Comportamiento de las variables climáticas

d. Radiación y precipitación (mm)



e. Temperatura (°C) y humedad relativa (%)



autores manifiestan que la sobreproducción de flores es una forma de polinizador-mediada, para tener acceso a otras parejas [30, 31, 32, 33].

Las observaciones permitieron evidenciar que ni la población ni los individuos presentaron un patrón regular de producción de flores y frutos, (Figura 1c). Debido a las variaciones ambientales y genotípicas, las plantas de una población raras veces florecen en exacta sincronía [34].

La floración femenina y la fructificación se caracterizaron por la presencia de pocos individuos al inicio y al final de las fenofases. Resultados similares indican que los patrones de floración varían ampliamente entre los individuos y entre las especies: escalonado por largos periodos o con picos más pronunciados; estos patrones presentan relativamente pocos individuos en la temprana y tardía parte de la floración [35].

La semillación se presentó desde inicios de mayo hasta mediados de diciembre. Se registró mayor número de árboles con semillación desde mitad de mayo hasta finales de septiembre (grafico 1c).

Evidencias de la floración masculina se observaron en los inicios de la investigación; se encontraron flores depositadas en el suelo y suspendidas en las plantas del sotobosque.

Fenología vegetativa. Las hojas nuevas se presentaron durante todo el año de estudio, destacándose entre mediados de agosto y mediados de octubre ($2,15UF \pm 1,03$) con un pico de producción a mediados de septiembre (Figura 1b). Entre agosto y octubre la producción de hojas nuevas se mostró correlacionada positivamente con la temperatura y negativamente con la precipitación (Cuadro 2).

Las hojas maduras se exhibieron abundantes durante todo el año. Entre mediados de agosto y mediados de octubre se registró el mínimo de estas, específicamente a mitad de septiembre ($2,44UF \pm 1,12$), relacionándose inversamente con la producción de hojas nuevas (Figura 1b). La producción de hojas maduras se correlaciona negativamente con la temperatura y positivamente con la precipitación (Cuadro 2).

La caída de hojas se presentó durante todo el año de estudio; los picos máximos se presentaron a finales de agosto ($1,33UF \pm 0,48$) y finales de diciembre ($1,48UF \pm 0,51$). La presencia de este fenómeno en agosto es causante del declive de hojas maduras presentado para la misma época, lo cual estuvo acompañado de producción de hojas nuevas (Figura 1b). La caída de follaje en agosto estuvo altamente correlacionada con incrementos en la temperatura y negativamente correlacionada con los descensos de precipitación.

Según lo mencionado hasta ahora sobre la fenología vegetativa, puede notarse como la producción de hojas es favorecida por aumentos en la temperatura y descensos en la precipitación, y desfavorecida por la presencia de hojas maduras bajo el mismo comportamiento climático. Con base en estas evidencias, puede decirse que el factor hídrico en el robleal afectó significativamente la actividad vegetativa entre estos meses. Debe tenerse en cuenta que las hojas maduras son afectadas a su vez, por la caída de hojas, la cual se presentó durante todo el año, sin embargo, se intensificó con aumentos en la temperatura y descensos en la precipitación en estos mismos meses, indicando

que la estacionalidad de la lluvia promueve senectud foliar. Este patrón de caída de follaje fue encontrado en Medellín en un estudio fenológico de roble, en el cual manifiestan que los brotes foliares se presentan casi simultáneamente con la caída de follaje [14]. Sin embargo, en los meses donde se intensificó la caída de follaje, los árboles no quedaron totalmente descu-biertos. Un patrón similar fue mencionado, señalando especies que se defolian en la mitad o al final de la estación seca y las yemas se rompen bajo condiciones de sequía o en respuesta a la lluvia [36].

A pesar de los picos de producción de hojas nuevas y disminuciones considerables de hojas maduras, la presencia de hojas nuevas, amarillas, sobremaduras y caída de follaje es continua, independientemente de la época del año. Cuando el patrón de cambio foliar es más o menos constante, y no tiene relación con los factores ambientales, sugiere que está determinado por factores genéticos y opera mediante los diferentes periodos de duración de las hojas; [37] expone que la senectud foliar es el reloj biológico de la periodicidad de la defoliación y su longitud está determinada por la longevidad promedio de las hojas que operan mediante mecanismos del sistema hormonal.

Otro aspecto que afectó de manera importante la cantidad de hojas maduras, fue la defoliación causada por un lepidóptero perteneciente a la familia Geometridae del género *Alsophyla*, el cual en sus primeros estadios de desarrollo se alimenta de las hojas de roble, también reportado por Paz [2004]. Dicho evento se registra desde inicios del estudio hasta agosto, intensificándose en julio. La defoliación afectó al 48% de la muestra. Esta forma de defoliación ha sido reportada [15].

El cese de la defoliación, estuvo influenciado por la caída y producción de follaje en agosto. Posterior a la maduración de las hojas, se observa que el denso bosque que rodea el robleal objeto del estudio ofrece condiciones para la llegada de la avifauna. Un estudio similar reporta señala que las aves migratorias y locales controlan las poblaciones de la polilla, puesto que utilizan los rodales como lugares de paso y anidamiento [15].

Relacionando el aborto de frutos y defoliación, estos ocurrieron en el lapso de abril-agosto, y es probable que mantengan cierta relación. Estudios similares exponen que la reducción del área foliar en los árboles reduce los recursos disponibles para el desarrollo de los frutos y frecuentemente provocan altas tasas de aborto [28]. Por otro lado, la pérdida de frutos por

aborto en la especie, obedece a una característica idiosincrásica de la misma [13].

Al relacionar la producción de hojas en épocas de altas temperaturas y la herbivoría, estudios similares, señalan que la producción de hojas nuevas en períodos de sequía es ventajosa, pues en estas épocas los insectos defoliadores son menos abundantes [35].

En el roble debe considerarse si la defoliación por el lepidóptero es cíclica, posiblemente la especie ha desarrollado algún mecanismo para sobrellevar la pérdida de hojas por herbivoría. Fenner [35], expone a la herbivoría como una de las fuerzas determinantes en el comportamiento de la foliación.

La producción de hojas amarillas y hojas sobremaduras se observó durante todo el año, manteniendo según la escala de Fournier, una intensidad constante (Figura 1b).

CONCLUSIONES

Se exhibió floración femenina y fructificación durante el año de registro, presentándose una correlación positiva entre las dos fenofases. De la misma manera presentan correlación positiva con la temperatura. Además, los inicios de éstas coinciden con aumentos significativos en la precipitación.

El estudio mostró que pocos frutos llegan al estado adulto, viéndose afectado por el fenómeno de aborto de frutos jóvenes desde mayo. Sin embargo, debe tenerse en cuenta, que los frutos jóvenes se presentan desde abril hasta septiembre y los frutos maduros desde mayo hasta diciembre.

Se recomienda recolectar la semilla entre los meses de mayo y junio, estableciendo límites en dicha recolección para no afectar la regeneración de la especie.

Se presentó para todo el año una correlación negativa entre las variables vegetativas hojas nuevas y hojas maduras, especialmente entre los meses de agosto y octubre; al inicio de dicho periodo se registró una abundante caída de hojas que provoca disminución de hojas maduras. Simultáneamente se presentó una producción de hojas nuevas, favorecidas por aumentos en la temperatura y disminuciones en la precipitación y la humedad.

La cantidad de hojas maduras, previo a su pico de disminución durante septiembre, se observó gravemente

afectada por la defoliación del lepidóptero, y se le atribuye a este fenómeno, una conexión con el aborto de frutos y muerte de flores femeninas.

La caída de hojas se presentó durante todo el año, indicando que continuamente hay retorno de biomasa al suelo del ecosistema, contribuyendo a la formación de materia orgánica indispensable para el auto sostenimiento del bosque [9].

Cuando el bosque se abre o se cierra, por la cantidad y estado de las hojas en los árboles, se establecen condiciones que permiten actuar a otras formas de vida por los cambios y estímulos que se generan, por ejemplo, posterior al pico de producción de hojas nuevas (en agosto), éstas maduran (en octubre), generando el cierre del dosel del bosque, propiciando condiciones adecuadas para la llegada de avifauna. Con base en lo anterior, es posible resaltar la importancia de la relación de la fenología con los patrones de comportamiento animal en el ecosistema.

Durante el año de observaciones, no se presentó reposo para ninguno de los árboles, es decir, que no se presentó inactividad fenológica en los individuos.

No se presentó producción de flores masculinas durante el año de observaciones, indicando que la floración masculina y femenina, están separadas en escala de tiempo (protandria).

No se presentaron correlaciones significativas entre las variables biológicas y la variable radiación, sin embargo debe evaluarse más a fondo su posible incidencia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca por su apoyo logístico, al Grupo de Investigaciones para el Desarrollo Rural-Tull. Al señor Carlos Ortega propietario del robleal por su amabilidad y respeto por la naturaleza y a todos los que de alguna forma influyeron en esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] LIETH, H. En: phenology and seasonality modeling. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. New York (USA): Lied, H., 1974, p. 3-19.

- [2] FOURNIER, L. y CHARPANTIER, C. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. Turrialba, 25, 1975, p. 45-48.
- [3] DUGAND, A. El paisaje vegetal y sus mudanzas en el tiempo. Boletín científico del departamento del Valle del Cauca. Cali (Colombia): 7(25), 1978, p. 9-11.
- [4] LA ROTTA, C. La etnobotánica: una aproximación metodológica desarrollada con la comunidad indígena Miraña (Amazonas Colombia). Memorias del primer simposio colombiano de etnobotánica. Bogotá (Colombia): Corporación de Araracuara, Editorial Gente Nueva, 1987.
- [5] MOONEY, H.A., BJORKMAN, A.E., MEDINA and TOMLINSON, P.B. The study of physiological ecology of tropical plants -current status and needs. BioScience, 30, 1980, p. 22-26.
- [6] HUXLEY, P.A. En: P. A. Huxley. Phenology of tropical woody perennials and seasonal crop plants with reference to their management in agroforestry systems. Plant research and agroforestry. Nairobi (Kenia): International Center for Research in Agroforestry, 1983, p. 503-525.
- [7] RONDÓN, J. Hábito fenológico de 53 especies arbóreas del Jardín Botánico de San Juan de Lagunillas. Revista Forestal Venezolana, 35-36, 1992, p. 23-33.
- [8] VILLASANA, A. y SUÁREZ de GIMÉNEZ, A. Estudio fenológico de dieciséis especies forestales presentes en la Reserva forestal Imataca Estado Bolívar (Venezuela): Revista Forestal Venezolana, 41(1), 1992, p. 13-21.
- [9] PACHECO, R.A. y PINZÓN, C.A. El roble (*Quercus humboldtii* Bonpland). Bogotá (Colombia): Jardín botánico de Bogotá José Celestino Mutis, 1997.
- [10] CALDERÓN, E. Plantas colombianas en peligro, extintas o en duda. Bogotá (Colombia): Instituto Alexander Von Humboldt, 2001.
- [11] FERNÁNDEZ, A. The preparation of the endangered species list of Colombia. Extinction is forever. G. T. Prance and T. S. Elias. New York (USA): New York Botanical Garden, 1977.
- [12] PARDO, Y. y CHIQUILLO, D. Biología reproductiva del roble *Quercus humboldtii* [Tesis Ingeniería Forestal]. Bogotá (Colombia): Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002.
- [13] GONZÁLEZ M., A. Producción de frutos del roble *Quercus humboldtii* (Bonpl.) en dos bosques andinos de la Cordillera oriental [Trabajo de grado Ingeniero forestal]. Bogotá (Colombia): Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio ambiente y recursos naturales, 2009. 46 p.
- [14] GÓMEZ, R. Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de CORANTIOQUIA, un paso hacia su conservación. Medellín (Colombia): Volumen I, 2010, p. 177 – 180.
- [15] PAZ, J.P. La identificación de la problemática por defoliación en los bosques de roble (*Quercus humboldtii*), en la meseta de Popayán, Departamento del Cauca. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2004.
- [16] MUÑOZ, A. y PAZ, J.P. Estudio preliminar de la entomofauna asociada a un bosque de roble en la Vereda Clarete alto. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2006.
- [17] BRAVO, J.Y. y LÓPEZ, V.A. Estructura y composición florística de dos bosques de roble (*Quercus humboldtii*) en el municipio de Popayán [Trabajo de grado Ingeniero forestal]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2008, 41, p. 128-131.
- [18] FOURNIER, L.A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. Turrialba, 24(4), 422-423. 1974.
- [19] FOURNIER, L.A. Estudio preliminar sobre la floración en el roble de Sabana, *Tabebuia pentaphylla* (L.) Hemsl. Revista de Biología Tropical, 15, 1969, 259-267.
- [20] URREGO, L. y DEL VALLE, J. Relación fenología-clima de algunas especies de los humedales forestales (GUANDALES) del Pacífico Sur Colombiano. Caracas (Venezuela): Asociación intercariencia, 2001, p. 151 – 156.
- [21] VÍLCHEZ, B., CHAZDON, R. y REDONDO, A. Fenología reproductiva de cinco especies forestales del Bosque Secundario Tropical de Costa Rica. Revista Forestal Kurú, 1(2), 2004, p. 1–10.
- [22] CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA. El Cauca Biosostenible: Cartilla ambiental de la CRC. Popayán (Cauca): Dirección General Oficina Asesora de Dirección, Programa de educación ambiental, participación comunitaria y comunicaciones, 2007.
- [23] PAZ, J.P. y OSPINA, R. Estudio de las variables biológicas, ecológicas, sociales, culturales y económicas asociadas a la especie roble (*Quercus humboldtii*), Junta de acción comunal Vereda Clarete Alto. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, C.R.C., 2006.

- [24] DAWKINS, H. The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda. Oxford (England): Imperial Forestry Institute, Paper 34, 1958.
- [25] DAWKINS, H. Crown diameters: their relation to bole diameter in tropical forest trees. Commonwealth Forestry Review, 42(2), 1963, p. 318-333.
- [26] AGUDELO, C.A. y GÓMEZ, G.D. Fenología de especies forestales del Ocaso [Informe proyecto de investigación]. Armenia (Quindío): Universidad del Quindío, 2001
- [27] FRANKIE, G., BAKER, H. and OPLER, P. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in lowlands of Costa Rica. Journal of Ecology, 62, 1974, p. 881-919.
- [28] STEPHENSON, A.G. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. Ann Rev Ecol Syst., 12, 1981, p. 253-279.
- [29] WILLIAMSON, M.J. Premature ab-scissions and white oak acorn crops. Forest Sci., 12, 1966, p. 19-21.
- [30] SUTHERLAND, S. and DELPH, L.F. On the importance of male fitness in plants. Ecology, 65, 1984, p. 1093-1104.
- [31] QUELLER, D.C. Sexual selection in flowering plants. En: J.W. Bradbury y M.P. Andersson, editores. Sexual selection: testing the alternatives. Chichester (England): Wiley, 1987, p. 165-179.
- [32] ANDERSSON, M. Sexual selection. New Jersey (USA): Princeton University Press, Princeton, 1994.
- [33] BURD, M. Excess flower production and selective fruit abortion: a model of potential benefits. Ecology, 79(6), 1998, p. 2123-2132.
- [34] ELZINGA, J., ATLAN, A., BIERE, A., GIGORD, L., WEIS, A. and BERNASCONI, G. Time after time: flowering phenology and biotic interactions. Trends in Ecology and Evolution, 22 (8), 2007, p. 432-433.
- [35] FENNER, M. The phenology of growth and reproduction in plants. Biodiversity & Ecology Division, School of Biological Sciences. Southampton (England): University of Southampton, Gustav Fischer Verlag, 1 (1), 1998, p. 78-91.
- [36] REICH, P. and BORCHERT, R. Water stress and tree phenology in a Tropical Dry Forest in the Lowlands of Costa Rica. Journal of Ecology, 72, 1984, p. 61-74.
- [37] BORCHERT, R. Phenology and ecophysiology of tropical trees: *Erythrina poeppigiana* O. F. Cook. Ecology, 61, 1980, p. 1065-1074.