

Estudio fenológico de *Caesalpinia ebano* (H. Karst) en el Valle medio del Sinú, Colombia

Phenological study of *Caesalpinia ebano* (H. Karst) in the middle Valley of Sinú, Colombia

Cindy Katherine Falla-Guzman ¹  • Judith del Carmen Martínez-Atencia ¹  • Jose Luis Rodríguez-Vitola ¹ 
• Jeyson Fernando Garrido-Pineda ¹  • Emel Enrique Berrio-Guzmán ¹  • Jhon Jairo Zuluaga-Peláez ² 

Recibido: 2/5/2022

Aceptado: 13/12/2022

Abstract

The dry forests sections of the Caribbean region in Colombia have been disturbed due to the expansion of the agricultural frontier, among other anthropic activities, generating pressure on native plant species of this ecosystem and biodiversity loss threat. Information of the plant species biological processes guides management for their conservation. Therefore, this study evaluated phenological process of the *Caesalpinia ebano* (H. Karst) in dry forest of the Caribbean Region in Colombia. Scattered trees were selected and phenological records were collected for one year. Five stages or phenophases were evaluated: flowering buds, green fruits (at initial stages and fully developed), ripe fruits (reddish), leaf buds and mature leaves. It was found that during the sampling time the species showed two reproductive peaks, being the second peak where flowering buds, fully developed green fruits, and ripe fruits reached their maximum values with 53.3 %, 80 % and 65 % respectively. Regarding the vegetative phases (mature leaves and leaf flush), highest records of mature leaves were observed in the first quarter of the year, which corresponded to driest months. In May, we observed the highest percentage of leaf flush (i.e., 86.7 %) and this corresponds to the peak of rainfall throughout the year. The phenological phases were influenced mainly by the climatic variables, precipitation, and temperature.

Keywords: Phenology, flowering, fruiting, climatic variables.

1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Turipaná, Colombia.
cfalla@agrosavia.co, jcmartinez@agrosavia.co, jlrodriguez@agrosavia.co, jfgarrido@agrosavia.co, eberrio@agrosavia.co
2. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Nataima, Colombia.
jzuluaga@agrosavia.co

Resumen

En el Caribe Colombiano, las áreas de bosque seco han sido vulneradas por ampliación de la frontera agrícola, entre otras actividades antrópicas, generando presión sobre especies vegetales nativas de este ecosistema, con el consecuente peligro de pérdida de biodiversidad. El conocimiento de los procesos biológicos de especies vegetales orienta el manejo para la conservación de estas. Por lo anterior, este estudio evaluó el proceso fenológico de la especie *Caesalpinia ebano* (H. Karst) en condiciones de bosque seco ubicados en la Región Caribe Colombiana. Se seleccionaron árboles dispersos en la región y se llevaron registros fenológicos durante un año. Se evaluaron cinco etapas o fenofases: floración en botón, frutos verdes (en inicio y pleno desarrollo), frutos maduros (color marrón) brote de hojas y hojas adultas. Se encontró que durante el tiempo de muestreo la especie expuso dos momentos en etapa reproductiva, siendo el segundo periodo donde la floración en botón, frutos verdes en pleno desarrollo y frutos maduros alcanzaron sus máximos valores con un 53,3 %, 80 % y 65 % respectivamente. Para el caso de las fases vegetativas evaluadas (hojas adultas y brotación de hojas nuevas), los mayores registros de hojas adultas se evidenciaron en el primer trimestre del año, que correspondieron a los meses con menor precipitación, durante el mes de mayo se registró el mayor porcentaje de brotación de hojas de nuevas con un 86,7 % siendo este uno de los meses con mayor precipitación. El comportamiento de las fases fenológicas estuvo condicionado por las variables climáticas precipitación y temperatura, principalmente.

Palabras clave: Fenología, floración, fructificación, variables climáticas.

Introducción

El bosque seco es uno de los ecosistemas más degradados y amenazados [1], [2], presentando fragmentos en casi toda la región Neotropical, en su mayoría inmerso en paisajes dominados por cultivos y áreas dedicadas a la ganadería [3]. Sumado a la presencia de especies maderables de buena calidad, que han propiciado su fuerte transformación [4], [3]. Hoekstra [5] señala que, a escala global, aproximadamente el 48,5 % del bosque seco tropical (Bs-T) ha sido convertido a otros usos del suelo y según [6], en Suramérica este ecosistema ha perdido un 60 % de su cobertura original. Sin embargo, en Colombia no existen datos recientes acerca de la cobertura real de este ecosistema. Un estudio de [7], estima que la cobertura del bosque seco del país es del 1,5 % de su cobertura original. Este remanente estaría presente en áreas de intenso uso agropecuario, como

es el caso de la región Caribe y los valles interandinos (Cauca y Magdalena) [8].

En el Caribe se destacan inventarios de vegetación realizados en áreas de bosque seco en buen estado de conservación en Santa Catalina (Bolívar), San Sebastián (Magdalena), archipiélago de San Bernardo, Parque Nacional Natural Tayrona y en Aguachica, Cesar [9]. Sin embargo, la fuerte transformación antrópica de este ecosistema ha ocasionado la extinción o vulnerabilidad de algunas especies, además del impacto generado por el conocido calentamiento global.

Actualmente los estudios fenológicos han tomado mayor importancia, debido a que los procesos biológicos de supervivencia y reproducción expresados en función de la fenología pueden mejorar la precisión de los modelos de predicción de la distribución futura de especies [10]; específicamente, se ha observado la sensibilidad de los procesos reproductivos de las especies a los indicadores del clima, mostrando variaciones, retrasando o adelantando la producción de semillas [11]. La producción de semillas forestales es considerada una función primordial en la conservación de los ecosistemas forestales, para la obtención de bienes como la madera y otras materias primas [12], [13], [14]. El uso de algunas especies como las Fabáceas del Bs-T en Colombia es amplio. Hay especies como el Nazareno (*Peltogyne purpurea*) o el ébano (*Caesalpinia ebano*) que se utilizan como maderas finas. En este caso *C. ebano* es una especie de gran impacto para la región Caribe Colombiana, por sus usos e importancia regional considerando que, es una especie exclusiva de la costa atlántica colombiana, que se distribuye, por debajo de los 1000 m de altitud; la especie está categorizada como vulnerable según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza -UICN [15] y en el Libro Rojo de Plantas de Colombia, esta categorizada como En Peligro (EN A2cd) por las pocas poblaciones registradas de esta especie y casi todas ellas han sido explotadas con fines madereros durante un gran período de tiempo [9]. La presente investigación se llevó a cabo con el objeto de estudiar los periodos fenológicos de la especie *Caesalpinia ebano*, evaluando árboles adultos establecidos en cercas vivas bajo las condiciones climáticas del Centro de Investigación Turipaná, en Cereté- Córdoba, Colombia y de esta manera aportar información de interés en especies nativas para el país.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

Este estudio se desarrolló en el Centro de Investigación Agrosavia - Turipaná, municipio de Cereté, departamento

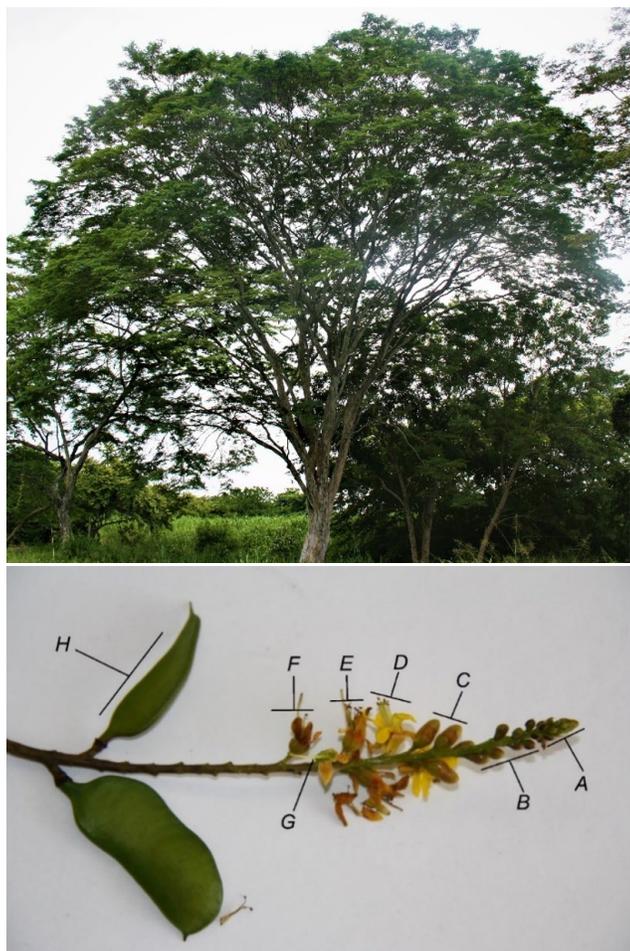


Figura 1. Selección en campo del árbol de *Caesalpinia ebano* (a), etapa reproductiva (b). A. Inicio formación de botones florales; B. Botones florales en desarrollo; C. Inicio formación en botón amarillo; D. Floración completamente abierta; E. Inicio floración café; F. Floración café; G. Inicio de fruto (vaina); H. Fruto en desarrollo.

Figure 1. Field selection of *Caesalpinia ebano* tree (a), reproductive stage (b). A. Initial stages of flowering buds ; B. Development of flowering buds; C. Initial stages of yellow buds; D. Fully open flowers; E. Initial stages of reddish flowering; F. Reddish flowering; G. Initial stages of of fruit (pod); H. Developed fruit.

de Córdoba, en Colombia, ubicado a 8°51' N y 75°49' O, a 14 m de altitud, con una precipitación de 1200 mm anuales y una temperatura media de 28 °C. La zona de estudio se caracterizó por presentar dos épocas climáticas específicas, una seca y una lluviosa que comprenden los meses de diciembre-abril y mayo-noviembre, respectivamente [16]. De acuerdo con [17] el área de estudio pertenece a la zona de vida Bosque Seco Tropical (Bs-T).

Material vegetal y evaluación fenológica

Se seleccionaron seis árboles adultos, ubicados al interior del Centro de Investigación Turipaná, distribuidos en cercas vivas. Para la selección de los individuos se tuvo

en cuenta características fenotípicas, árboles de buen porte, estado fitosanitario sano y buena disposición de las ramas, donde se evaluó el tercio inferior de la copa de cada uno de los árboles. Los muestreos se realizaron por doce meses desde enero a diciembre de 2016 con una periodicidad mensual.

Siguiendo la metodología propuesta por [18], se evaluaron cinco etapas o fenofases: floración en botón, frutos verdes (en inicio y pleno desarrollo), frutos maduros (color marrón) brote de hojas y hojas adultas (Figura 1). Cada una de estas etapas se calificó en un rango de 0 a 4 puntos donde 0 – No presenta cambios (0 %); 1 – presenta cambios en menos de la mitad de la copa (1-25 %); 2 – presenta cambios en la mitad de la copa del árbol o un poco menos (26-50 %); 3 – presenta cambios en más de la mitad de la copa del árbol (51-75 %); 4 – presenta cambios en toda la copa o un poco menos (76-100 %). Adicionalmente, se registró información de dos etapas, caída de hojas y caída de frutos en una escala de presencia (1) y ausencia (0). Se recolectaron datos climáticos (temperatura, humedad y precipitación) de la estación meteorológica Turipaná durante los meses de enero a diciembre de 2016.

Los datos registrados de las variables fenológicas fueron promediados con el fin de establecer la tendencia de cada fenofase frente al tiempo de evaluación (meses), al igual que los cambios frente a las variables climáticas, las cuales fueron analizadas a partir del promedio mensual (humedad relativa y temperatura) y precipitación acumulada mensual.

Se realizó un análisis de correlación simple entre los porcentajes, de cobertura foliar, floral y de fructificación con los datos climáticos (temperatura promedio mensual, humedad relativa promedio mensual y precipitación acumulada mensual), para identificar la asociación existente entre estas variables. Para los análisis estadísticos, se utilizó el paquete estadístico SAS.

Resultados

Los registros obtenidos de las variables climáticas durante el año 2016 indicaron que el primer trimestre del año no presentó lluvias significativas al registrar solo un evento con un reporte de 2,0 mm, este tiempo se caracterizó por presentar los valores más bajos en cuanto a humedad relativa de 64,9 y 67,5 % en la zona en estudio. Es importante mencionar que durante el resto del año se registraron eventos de lluvia mayores a 100 mm mensuales (Figura 2). En la evaluación de las fenofases vegetativas se identificó que la especie *Caesalpinia ebano* mostró la mayor presencia de hojas adultas durante los tres primeros meses de año, seguido de un descenso muy marcado al mes de mayo con un

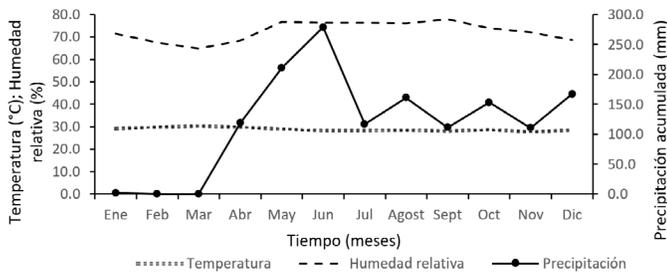


Figura 2. Datos climáticos mensuales del año 2016, presentados en el Centro de Investigación Turipaná en Cereté, Córdoba, Colombia.

Figure 2. Monthly climatic data for the year 2016 from the Turipaná Research Center in Cereté, Córdoba, Colombia.

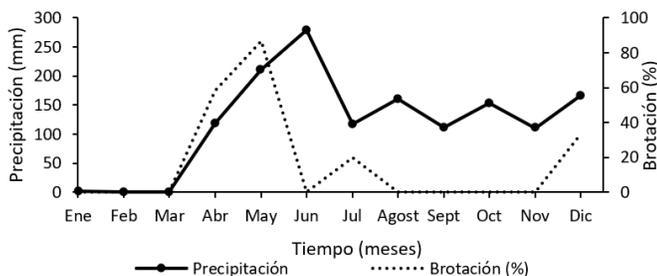
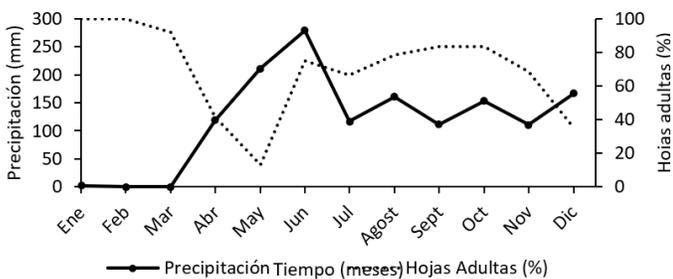


Figura 3. Porcentaje de fase en etapa vegetativa de la especie *Caesalpinia ebano* ubicado en el Centro de Investigación Turipaná en Cereté, Córdoba, Colombia, 2016.

Figure 3. Percentage the vegetative phases in the species *Caesalpinia ebano* from the Turipaná Research Center in Cereté, Córdoba, Colombia, 2016.

13,3 % de hojas adultas frente a un 86,7 % de brotación de hojas nuevas, proceso vegetativo que se llevó a cabo en uno de los meses con mayor precipitación (Figura 3).

La evaluación del proceso reproductivo de la especie en estudio se tuvo en cuenta a partir de las fenofases denominadas floración en botón, frutos verdes en inicio de desarrollo (FVID) y frutos verdes en pleno desarrollo (FVPD) y frutos maduros (FM). Estas etapas se manifestaron de manera relevante en dos momentos durante la medición.

El primer agrupamiento se concentró entre los meses febrero y abril, sin embargo, cada etapa se manifestó de manera progresiva en el tiempo. Durante el mes de febrero solo hubo presencia de floración en botón y frutos verdes en inicio de desarrollo (FVID), en los siguientes dos meses se observó que los individuos evaluados desarrollaron paulatinamente las fenofases (floración en botón, FVID, FVPD y frutos maduros), mostrando un periodo reproductivo sincronizado, es decir, el mes de marzo tuvo un proceso reproductivo completo (100 %) floración en botón, FVID, FVPD y frutos maduros con valores de 38,3 %; 21,7 %; 18,3 %; 11,7 % respectivamente para cada etapa (Figura 4), el mes de abril tuvo un compartimiento similar al anterior pero se evidenció el inicio de la caída de los frutos

El segundo agrupamiento se observó entre los meses agosto y diciembre, donde la etapa de floración en botón presentó su máxima expresión con un 53,3 % durante el mes de agosto, al igual que el primer agrupamiento se observó que durante los meses siguientes se desarrollaron las demás etapas fenológicas, el mes de septiembre presentó 80% de los frutos en pleno desarrollo y se mantuvo durante el último trimestre en fructificación lo que permitió que en estos tres meses los individuos evaluados presentaran frutos maduros (Figura 3).

Los mayores porcentajes de la etapa reproductiva de la especie *C. ebano* se evidenciaron en el segundo semestre del año evaluado, donde la floración en botón, frutos verdes en pleno desarrollo y frutos maduros alcanzaron sus máximos valores en agosto (53,3 %), septiembre (80 %) y diciembre (65 %) respectivamente.

En el análisis de correlación de Pearson, se evidencio que la variable climática precipitación (P) mostro una correlación significativa e inversa ($p=0,0017$; $r=-0,35$) con la fase vegetativa hojas adultas (H_A), fase reproductiva frutos en inicio de desarrollo (FID) ($p=0,00076$; $r=-0,30$) y correlación significativa positiva ($p=0,021$; $r=0,26$) respecto al porcentaje de brotación de hojas nuevas (Bro). La temperatura media ambiental mostro correlación significativa positiva ($p=0,001$; $r=0,46$) con el porcentaje de frutos al inicio de desarrollo e inversa significativa ($p=0,009$; $r=-0,30$) respecto al porcentaje de frutos en pleno desarrollo (FPD). La humedad relativa mostro correlaciones significativas e inversas ($p=0,0002$; $r=-0,40$ y $p=0,001$; $r=-0,36$, respectivamente) con las fases reproductivas frutos al inicio de desarrollo y de frutos maduros (FM) (Cuadro 1).

Discusión

Este estudio plantea de acuerdo con los resultados obtenidos que *Caesalpinia ebano*, presenta un patrón

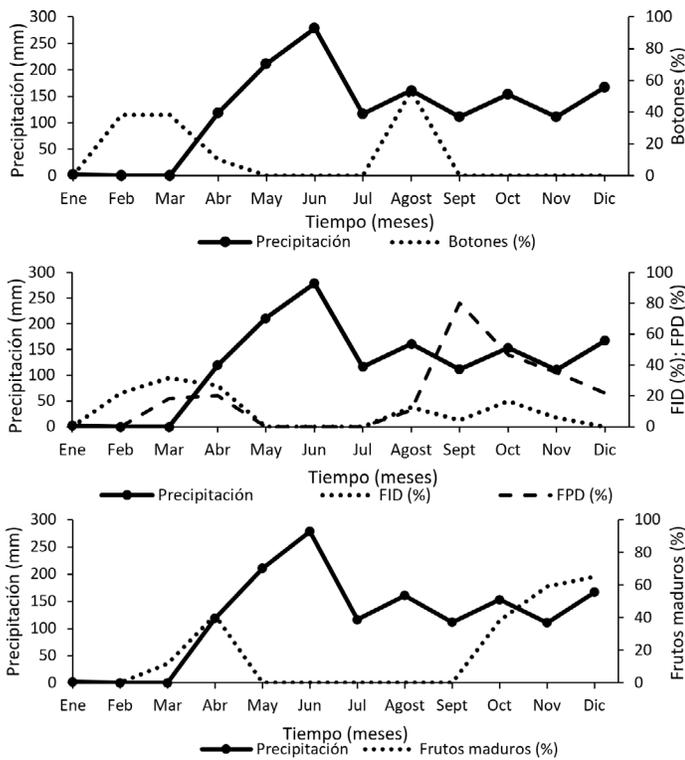


Figura 4. Porcentaje de fase floración en botón, frutos verdes (Inicio y pleno desarrollo) y Frutos maduros de la especie *Caesalpinia ebano* ubicado en el Centro de Investigación Turipaná en Cereté, Córdoba, Colombia.

Figure 4. Percentage of flowering buds, green fruits (initial stage and fully developed) and mature fruits from the Turipaná Research Center in Cereté, Córdoba, Colombia.

de floración anual extendido por tres meses durante un periodo de transición seco – lluvioso que se presenta en los meses febrero, marzo y abril manifestando un estallido de floración en el mes de agosto que puede producirse por un fenómeno climático que se produce

en la zona denominado veranillo de San Juan. Según [19], las especies que tienen patrones de floración anual tienen un principal episodio de floración por año, que pueden incluir dos variaciones: 1) un patrón anual pulsado, con pausas embebidas dentro del principal periodo de floración y 2) con adicionales estallidos tardíos o precoces de baja amplitud que esporádicamente ocurren fuera del principal periodo de floración. Siendo esta última variación la presentada por la especie en la zona de estudio. López [20] ha encontrado que en otros municipios de la Región Caribe la especie *C. ebano* ha presentado un periodo de floración anual en los meses Junio y Julio.

El patrón de fructificación analizado en este estudio se realizó teniendo en cuenta el comportamiento de tres fases, frutos en inicio de desarrollo, frutos en pleno desarrollo y frutos maduros, la tendencia observada fue bianual presentado en los meses febrero – abril y agosto – diciembre; mostrando una fructificación por periodos largos durante el año. Según [21], afirma que, en comunidades tropicales, las especies individuales tienden a tener periodos de fructificación largos, con un promedio mayor de cuatro meses. Algunos autores [9], [22], reportan que el periodo de fructificación para la especie es anual y se da durante el mes de julio; otros autores como [20] reportan un solo periodo de fructificación dado en los meses agosto – septiembre, este último más cercano a la información reportada por este estudio.

La evaluación de las fases vegetativas de la especie *Caesalpinia ebano* mostraron un patrón continuo en cuanto a la fase de hojas adultas, que indicaron presencia durante todo el año con población variable, en estos casos dado por la brotación de hojas nuevas y por ende caída de hojas. El proceso de brotación de hojas nuevas se manifestó en meses específicos, abril, mayo, julio y diciembre, siendo así no fue posible

Cuadro 1. Correlación de Pearson para las variables climáticas y variables evaluadas en el proceso fenológico de la especie *Caesalpinia ebano*.

Table 1. Pearson correlation for climatic variables and phenological variables evaluated of the species *Caesalpinia ebano*.

Variables	Etapas Fenológicas					
	H_A	Bro	Bot	FID	FPD	FM
Ambientales						
P (r)	-0,350	0,261	-0,197	-0,300	-0,013	0,063
p<0,05	0,002	0,021	0,084	0,008	0,913	0,582
T (r)	0,073	0,168	0,279	0,460	-0,296	-0,103
p<0,05	0,524	0,142	0,013	<,0001	0,009	0,371
HR (r)	-0,082	0,008	-0,149	-0,404	0,130	-0,365
p<0,05	0,473	0,943	0,193	0,0002	0,258	0,001

Nota: H_A: Hojas adultas; Bro: Brotación; Bot: Botones; FID: Frutos en inicio de desarrollo; FPD: Frutos en pleno desarrollo; FM: Frutos maduros; r: correlación de Pearson; P<0,05: significancia de la correlación; P: Precipitación; T: Temperatura; HR: Humedad relativa. Note: H_A: Adult leaves; Bro: sprouting; Bot: Buttons; FID: Fruits at the beginning of development; FPD: Fruits in full development; FM: Ripe fruits; r: Pearson's correlation; P<0.05: significance of the correlation; P: Precipitation; T: Temperature; RH: Relative humidity.

definir el patrón vegetativo de la especie. Para la misma Región no se encontraron reportes que contemplaran el comportamiento vegetativo de la especie con el fin de compararlos con este estudio. Es importante mencionar que los árboles evaluados se ubicaron en cercas vivas y las variables se registraron durante un año, por tal motivo los comportamientos fenológicos pueden presentar variaciones respecto a condiciones climáticas atípicas.

Los resultados encontrados respecto a la correlación de las variables climáticas y las fases fenológicas de la especie *Caesalpinia ebano*, resaltan que durante los periodos o épocas de mayor precipitación se presenta menor porcentaje de hojas adultas, pero mayor brotación de hojas nuevas. Así mismo, menor porcentaje de frutos en inicio de desarrollo (FID). Para el caso de la temperatura, se estableció una relación respecto a presencia o formación de botones florales y frutos en fase de inicio de desarrollo. Investigaciones realizadas por [23], encontraron que las épocas con eventos de lluvia están correlacionadas con la presencia de hojas nuevas o en formación.

Es importante mencionar que los comportamientos de las plantas se asocian directamente a la variación de las condiciones climáticas, por ejemplo, la caída de hojas normalmente está ligada con algún cambio en las condiciones ambientales [24]. Autores como [25] enfatizan que la colecta de datos para descripción de comportamiento fenológico de los árboles debe realizarse por más de un año de evolución. Las observaciones de las fases fenológicas han sido reconocidas como bio-indicadores al cambio climático global y como una de las formas más simples de monitorear las respuestas ecológicas al cambio de clima. [26].

Conclusiones

Caesalpinia ebano (H. Karst) evidenció un patrón de floración anual durante los meses febrero, marzo y abril en periodo de transición seco – lluvioso, con estallidos durante el mes de agosto probablemente acontecido por el fenómeno denominado veranillo de San Juan.

Las fases de fructificación (frutos en inicio de desarrollo, frutos en pleno desarrollo y frutos maduros) se presentaron en dos periodos en el año de diferente duración por lo cual no fue posible establecer un patrón específico de su comportamiento. Del mismo modo, para las fases vegetativas no se identificó un patrón o tendencia, por lo tanto, es necesario realizar estudios con mayor durabilidad en la recolección de los datos.

La precipitación presentó gran importancia respecto a las fenofases vegetativas, hojas nuevas y brotación de hojas nuevas de la especie en estudio. Así mismo,

la temperatura tuvo significancia en las etapas botones florales y frutos en inicio de desarrollo.

Agradecimientos

Este trabajo fue resultado del proyecto de investigación “Materiales nativos e introducidos de especies arbóreas caracterizados y evaluados para uso múltiple” financiado por Ministerio de Agricultura Desarrollo Rural (MADR), ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), en el Centro Investigación Turipaná, Montería, Córdoba, Colombia.

Referencias

- [1] Janzen, D. H. 1988. Tropical dry forest: the most endangered major tropical ecosystem. Pp: 130-137. En: Wilson E. O. (ed.). Biodiversity. National Academy Press, Washington, D. C.
- [2] Miles, L., A. C. Newton, R. S. De Fries, C. Ravillious, I. May, S. Blyth, V. Kapos y J. E. Gordon. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33 (3): 491-505.
- [3] Fajardo, L., V. Gonzales, J. Nassar, P. Lacabana, C. A. Portillo, F. Carrasquel y J. P. Rodríguez. 2005. Tropical dry forests of Venezuela: Characterization and current conservation status. *Biotropica* 37: 531-546.
- [4] Ceballos, G. 1995. Vertebrate diversity, ecology and conservation in neotropical dry forest. Pp: 195-220. En: Bullock S. H., H. A. Mooney y E. Medina (eds.). *Seasonally dry Tropical Forest*. Cambridge University Press, Cambridge, Massachusetts. 450 pp.
- [5] Hoekstra, J., T. Boucher, T. Ricketts y C. Roberts. 2005. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* 8: 23-29.
- [6] Portillo-Quintero, C. A. y G. A. Sánchez. 2010. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation* 143: 144-155.
- [7] Etter, A. 1993. Diversidad ecosistémica en Colombia hoy. En *Nuestra diversidad biótica*. CEREC y Fundación Alejandro Angel Escobar. P. 43-61.
- [8] Álvarez, M., F. Escobar, F. Gast, H. Mendoza, A. Repizzo y H. Villareal. 1998. Bosque Seco Tropical. Pp: 56-71. En: Chávez M. E. y N. Arango (eds.). *Informe Nacional sobre el estado de la biodiversidad Colombia*. Tomo I. Diversidad Biológica. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Santa Fé de Bogotá, Colombia.
- [9] Cárdenas, D. & Salinas, N. (Ed.). *Libro rojo de las plantas de Colombia: volumen 4: Especies maderables amenazadas: Primera parte*. Bogotá D. C: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007. 232 p. (Serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia).

- [10] Chuine, I. and Beaubien, E.G. 2001. Phenology is a major determinant of tree species range. *Ecology Letters* 4:500-510.
- [11] Sherry R.A.; Zhou X.; GU, S.; Arnone III, J.A.; Schimel, D.S.; Verburg, P.S.; Wallace, L.L. and Luo, Y. 2007. Divergence of reproductive phenology under climate warming. *PNAS* 104(1):198-202.
- [12] Grayson, K.J.; Wittwer, R.F. and Shelton, M.G. 2002. Cone characteristics and seed quality 10 years after an uneven-age regeneration cut in shortleaf pine stands. In: Outcalt, K. W. ed. *Proceedings of the eleventh biennial southern silvicultural research conference*. Gen. Tech. Rep. SRS-48. Ashville, NC: U. S. Department of Agriculture. Forest Service, Southern Research Station. pp. 310-314.
- [13] Alba, J.; Mendizábal L. DEL C. y Márquez, R.J. 2001. Comparación del potencial de producción de semillas de *Pinus oaxacana* Mirov de dos cosechas en Los Molinos, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 3(1):35-38.
- [14] Owens, J.N. 1995. Constraints to seed production: temperate and tropical trees. *Tree Physiology* 15: 477-484.
- [15] López Gallego, C. & Morales M, P. 2020. *Libidibia ebano*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T180900155A180900159.
- [16] Barragán, WA; Mahecha, L; Cajas, YS. 2015. Variables fisiológicas-metabólicas de estrés calórico en vacas bajo silvopastoreo y pradera sin árboles. *Agronomía Mesoamericana* 26(2):211-223.
- [17] Holdridge LR. 2000. *Ecología basada en zonas de vida*. Quinta reimpresión. San José (Costa Rica): Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). p. 216.
- [18] Marín A. 1999. Programa biodiversidad para el desarrollo en la jurisdicción de Corantioquia. Subproyecto mejoramiento y conservación de recursos genéticos forestales. Memorias el curso-taller: Selección, clasificación y manejo de fuentes semilleros. Recolección y procesamiento de semillas. República de Colombia Ministerio del Medio Ambiente-Corantioquia. Medellín. 60 p.
- [19] Newstrom L.E., Frankie G.W. & H. G. Baker. 1994. A new classification for plant phenology base on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*:26 (2): 141-159.
- [20] López C. R., Sarmiento C., Espitia L., Barrero A.M., Consuegra C., Gallego C., B. 2016. 100 plantas del Caribe colombiano. Usar para conservar: aprendiendo de los habitantes del bosque seco. Fondo Patrimonio Natural, Bogotá D.C. Colombia. 240 pp.
- [21] Jordano P. 1992. Fruits and frugivory. Seeds In: Fenner M, (eds). *The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CAB International, Oxford. pp. 105–156.
- [22] Mesa-S. L.M., Santamaría M., García H. y J. Aguilar-Cano (Eds.). 2016. Catálogo de biodiversidad de la región caribe. Volumen 3. Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en áreas operativas de Ecopetrol. Proyecto Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ecopetrol S.A. Bogotá D.C., Colombia. 452p.
- [23] Mejía Gutiérrez, Mario.1990. *Fenología: Fundamentos y técnicas*. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle, 15 Pág.
- [24] Williams, R.J., Myers, B.A., Muller, W.J., Duff, G.A. & Eamus, D. (1997) Leaf phenology of Woody species in a North Australian tropical savanna. *Ecology* 78: 2542–2558.
- [25] Pinheiro A.L. & Almeida E.C. 2000. *Fundamentos de taxonomía de dendrología tropical: metodología dendrológica*. V2. Vicosa: SIF. 1
- [26] Alvarado M., Foroughbackhch R., Jurado E. & Rocha A. 2002. El cambio climático y la fenología de las plantas.