

Artículo original

Fenología de Sapotaceae en la cuenca del río Madre de Dios, Perú

[Phenology of Sapotaceae in the Madre de Dios River basin, Peru]

Gustavo Martínez-Sovero¹, Sebastian Iglesias-Osores^{*1}, Jim Villena-Velásquez²,
Milagros Alva-Mendoza³

1. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Ciencias Biológicas. Calle Juan XXIII 391, Lambayeque, Perú.
Correos electrónicos: martinezsoverog@gmail.com (G. Martínez-Sovero),
sebasiglo@gmail.com (S. Iglesias-Osores *Autor para correspondencia).
2. Universidad Nacional Autónoma de Chota. Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental.
Colpa Matara s/n, Cajamarca, Perú. Correo electrónico: jimjairo@hotmail.com (J. Villena-Velásquez).
3. Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería. Vía de Evitamiento s/n cuadra 15, Cajamarca, Perú.
Correo electrónico: denisse.alva@upn.pe (M. Alva-Mendoza).

Resumen

La fenología estudia los eventos periódicos en el ciclo biológico de la vida y cómo estos son afectados por cambios estacionales en el clima y es necesario conocer este proceso en Madre de Dios; por lo cual, el objetivo del estudio fue describir la fenología reproductiva de Sapotaceae de la cuenca del río Madre de Dios, Perú. Se evaluó la fenología mensualmente a 72 individuos agrupados en tres géneros de Sapotaceae entre enero y agosto del 2007. Los resultados obtenidos demuestran que el género *Pouteria* presentó uniformidad en las fenofases productivas de botón, flor y fruto verde, con intervalos entre cuatro y cinco (60 - 100 %). La fenofase de producción más baja fue para *Manilkara*, pero superior a *Micropholis* con valor de dos, siendo desuniforme para *Manilkara* y *Micropholis*. Las especies monitoreadas no presentaron cambios en el follaje. La familia Sapotaceae inicia el periodo reproductivo a fines de la estación húmeda (marzo) y fines de la estación seca (agosto). Los picos elevados para botón y flor fueron entre marzo y mayo con valores fenológicos hasta cinco; para fruto verde el pico más alto se dio entre julio (61 - 80 %). La producción de fruto maduro está por debajo del resto de fenofases con valores de hasta dos como máximo.

Palabras clave: Bosque tropical, Fenofase, *Pouteria*, Tambopata.

Abstract

Phenology studies the periodic events of biological life cycles and how these are affected by seasonal changes in climate; the objective of the study was to describe the reproductive phenology of Sapotaceae from the Madre de Dios River basin, Peru. The phenology of 72 individuals was grouped in three genera of Sapotaceae and was evaluated monthly between January and August 2007. The results obtained show that the genus *Pouteria* presented uniformity in the productive phenophases of bud, flower, and green fruit, with intervals between four and five (60 - 100 %). The lowest production phenophase was for *Manilkara*, but higher than *Micropholis* with a value of two, being uneven for *Manilkara* and *Micropholis*. The monitored species did not show changes in foliage. The Sapotaceae family starts the reproductive period at the end of the wet season (March) and the end of the dry season (August). The highest peaks for bud and flower were between March and May with phenological values up to five. For unripe fruit, the highest peak was between July (61 - 80 %). Mature fruit production is below the rest of the phenophases with values of up to two at most.

Keywords: Phenophase, *Pouteria*, Tambopata, Tropical Forest.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los aspectos fenológicos de las plantas implica la observación, el registro y la interpretación del momento de sus eventos de historia de vida que revisa las hojas, la floración y la producción de frutas en una variedad de especies (Fenner, 1998). Una de las etapas fenológicas más susceptibles a las altas temperaturas es la etapa de polinización (Hatfield y Prueger, 2015) y una mayor evapotranspiración, acorta el ciclo fenológico (López y Gil, 2017). La disminución de la temperatura puede aumentar el crecimiento vegetativo y prolongar el ciclo fenológico (Yu *et al.*, 2010). Las regiones tropicales albergan una parte sustancial de la biodiversidad del mundo y algunos de los biomas más diversos y amenazados del planeta (Vivas *et al.*, 2014). Las plantas están perfectamente ajustadas a la estacionalidad de su entorno, y los cambios en el momento de la actividad de las plantas (es decir, la fenología) proporcionan algunas de las pruebas más convincentes de que las especies y los ecosistemas están siendo influenciados por el cambio ambiental global (Cleland *et al.*, 2007).

Las Sapotaceas contienen látex casi siempre presente en el tronco, ramas y frutos, generalmente blanco y raramente amarillo (Pennington, 2004). Existen algunas especies que son endémicas de Chile y Perú (Henríquez, *et al.*, 2012). Su descripción fenológica representa un ciclo bienal con floración tardía de los botones florales durante el período más caluroso del año (Kechairi *et al.*, 2018). Muchas especies de Sapotaceae proporcionan productos económicamente importantes como el látex, madera y frutas para consumo humano (Rakotoniaina *et al.*, 2018). El fenómeno de la floración supra-anual y la variación morfológica intraespecífica vegetativa significa que el análisis de flores y frutos es necesario para la identificación correcta de muchas especies de Sapotaceae (Pennington, 2004). La fenología de las especies de plantas como las Sapotaceas han mostrado una relación con factores tanto bióticos como abióticos del medio ambiente en el que se desarrollan (Van Schaik *et al.*, 1993).

Estudios de fenología en el Perú, reportan que la proporción de palmas fértiles aumenta con el tiempo, generalmente más alta en densidades bajas, y aumenta la presencia de plantas femeninas con el tiempo (Freitas *et al.*, 2019). La floración acontece principalmente en la época de mayor precipitación y la fructificación en la época de mayor precipitación y en la transición de época seca a época húmeda (Ureta *et al.*, 2014 y Zárate *et al.*, 2006). En este sentido, el objetivo de la investigación fue estudiar la fenología reproductiva (floración y fructificación) de la familia Sapotaceae en la selva baja de la cuenca del río Madre de Dios, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el departamento Madre de Dios en tres zonas de muestreo. 1. En el Centro de monitoreo N° 01 en la boca del Río Los Amigos (12° 34' 38,44" LS y 70° 04' 10,84" LW). 2. Chunchu a 30 minutos del puesto de control Malonowski en la Reserva Nacional Tambopata (12° 56' 14,16" LS y 69° 31' 19,66" LW) y 3. El Centro de Investigación Tambopata (TRC, 13° 7' 37,67" LS y 69° 36' 26,84" LW). Los tipos de bosques corresponden a: Bosque de bajío (inundable), Bosque de terraza baja (inundables esporádicamente), Bosque de terraza alta, Bosque de colina, Bosque de quebrada o colina (Encarnación *et al.*, 2008; Encarnación, 1993; Tobler *et al.*, 2008). La temperatura media anual en la zona es de 27 °C, con un rango entre 10 ° y 38 ° C. Las temperaturas más bajas son causadas por vientos fríos de origen antártico; estas olas de frío ocurren en junio y julio. La temporada de lluvias ocurre entre diciembre y marzo, con una altitud no mayor a los 500 m (Centro de Investigaciones de Tambopata - CIT, 2010-2017 ex Tambopata Research Center - TRC).

Las especies para evaluar debían presentar un DAP mayor de 10 cm y encontrarse libre de lianas. Otras características evaluadas fueron: tipo de bosque, color y textura látex y tipo de corteza. Para el proceso de herborización los especímenes debían presentar: fruto, flor o ambos.

La evaluación fenológica se realizó mediante la modificación de la técnica de Fournier (1975), Tabla 1, las evaluaciones se ejecutaron de enero a agosto del 2007. Se realizó un barrido del área de estudio, y se evaluaron todos los individuos identificados de la Familia Sapotaceae, los mismos que fueron marcadas con clavos y placas enumeradas, de aluminio resaltadas con una cinta azul, para una búsqueda rápida al momento del monitoreo.

Las cuatro parcelas fueron establecidas en una línea base de 180 metros lineales a la que se le marcó cada 20 metros, de los puntos marcados se trazaron cinco primeras líneas en forma transversal (90°) a la línea base, en donde se extendió una cinta de 100 metros en forma recta, luego otras cinco líneas fueron dirigidas en sentido contrario a estas primeras (Phillips et al., 2001). Se relacionaron los tipos de bosque con la fenología. Para el análisis estadístico se utilizó estadística descriptiva para encontrar los promedios de las fases fenológicas (las fases fenológicas estudiadas fueron: flor brote, flor, fruto inmaduro, fruto maduro) y análisis de correlación de Spearman para encontrar las correlaciones (flor brote, flor y fruto inmaduro). Los mismos que fueron procesados en el software estadístico Minitab 19 y para el almacenamiento de los datos Microsoft Excel 2016. Todas las variables presentaron una distribución no normal (Test de Shapiro–Wilk), se utilizaron pruebas no paramétricas (Spearman) con un intervalo de confianza al 95% con un alfa de 0,05. Las variables fueron continuas y se tabularon.

Las evaluaciones fenológicas se realizaron mensualmente entre enero y agosto del 2007, se monitorearon un total de 72 individuos agrupados en tres géneros *Pouteria*, *Manilkara* y *Micropholis*. Las claves de identificación fueron: Presencia de látex en todos sus órganos generalmente blanco, más puede ser amarillo o amarillo cristalino y en algunos casos, aunque poco café con leche. Puede ser fluido, pegajoso o viscoso; así como también puede ser abundante o escaso. El ritidoma puede ser: con placas leñosas grandes con depresiones laminado pudiendo ser laminar papiráceo o laminar co-

riáceo escamoso, reticulado, ritidoma con surcos profundos y sin desprendimiento evidente y ritidoma con lenticelas dispersas. Las hojas son alternas: dísticas espiraladas, raramente opuestas, agrupadas en el ápice de las ramas (Pennington, 2004). Los datos están disponibles en <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.15050295.v1>

RESULTADOS

Entre enero y agosto del 2007, el género *Pouteria* presentó uniformidad en las fenofase de botón, flor y fruto verde, con intervalos de producción entre 4 y 5 equivalente de 60 a 100 % de fenofase reproductiva. La fenofase de fruto maduro llegó a ser la más baja para este género, pero superior a la producción de *Manilkara* y *Micropholis* con valores fenológicos de 2 (21 a 40 %) de producción (Tabla 2).

El bosque de bajío muestra un total de 71 individuos agrupados en cuatro géneros, de los cuales solo 61 individuos y tres géneros (*Pouteria*, *Manilkara* y *Micropholis*) presentaron al menos una fenofase reproductiva. Los bosques de quebrada o colina y terraza alta para el género *Pouteria* alcanzó un total de 12 y 10 individuos con producción respectivamente. Otros géneros como *Manilkara* y *Micropholis*, registraron entre 17 y 12 individuos con producción, respectivamente. El género *Ecclinusa*, no presentó producción durante los meses de evaluación. El Bosque de colina y bosque de terraza baja, no presentaron condiciones adecuadas para la expresión de fenofase reproductivas (Figura 1). Durante el periodo de evaluación enero – agosto, ninguna de las especies monitoreadas sufrió cambios en el follaje, es decir no se registró defoliación.

Las especies de las familias Sapotaceae inician el periodo reproductivo entre fines de la estación húmeda (marzo) y fines de la estación seca (agosto). Los picos más altos de producción para botón y flor se registraron entre marzo y mayo con valores fenológicos de hasta 5 para ambos casos (81 a 100 % de producción) según

Tabla 1. Modificación de fenofases según Fournier (1975) para la identificación fenológica (Fournier-Origgi, L., Charpentier-Esquivel, C. 1975).

Escala	Rango	Según Fournier	Modificación
0	Ausencia de fenofase		
1	Presencia de alguna fenofase	1 a 25%	1 a 20 %
2	Presencia de alguna fenofase	26 a 50%	21 - 40%
3	Presencia de alguna fenofase	51 a 75%	41 a 60%
4	Presencia de alguna fenofase	76 a 100%	61 a 80%
5	Presencia de alguna fenofase	-	81 a 100%

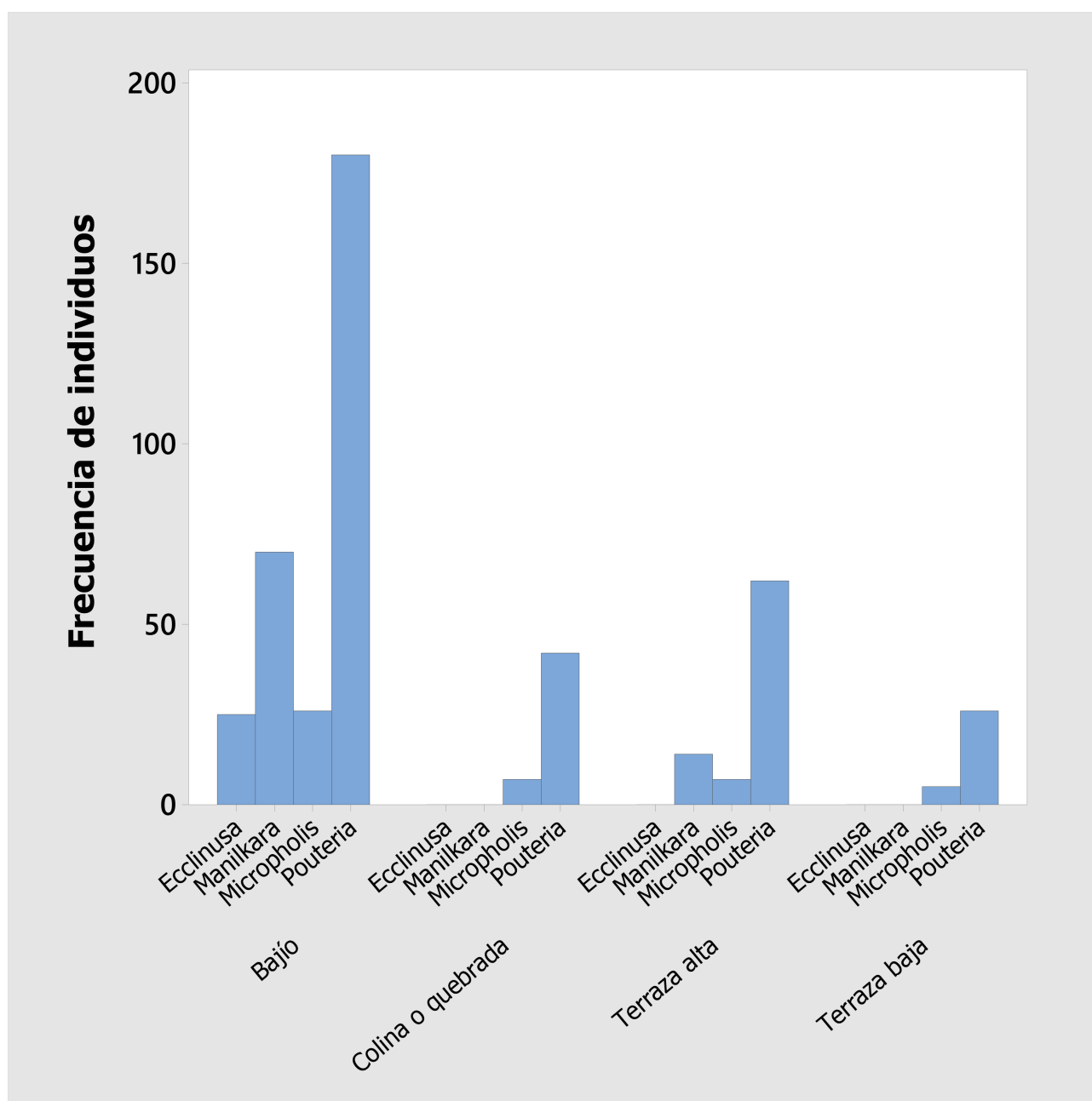
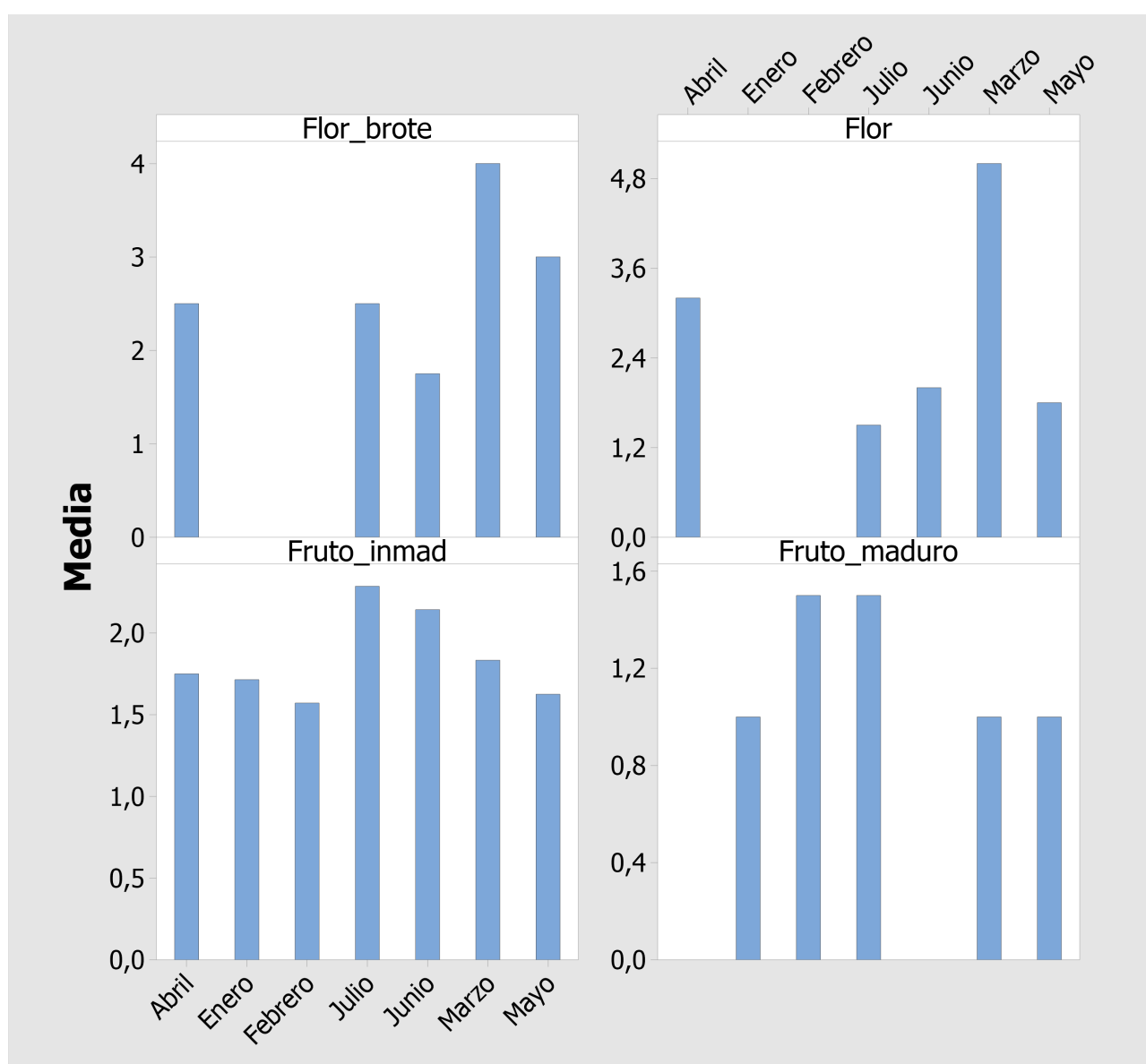
**Figura 1.** Frecuencia entre los tipos de bosque y el número de individuos que presentaron alguna de las fenofase de Sapotaceae en la cuenca del río Madre de Dios, Reserva Nacional Tambopata, Perú. Enero-Agosto 2007.

Tabla 2. Conteo de fenofases por tipo de bosque en la cuenca del río Madre de Dios, Reserva Nacional Tambopata, Perú. Enero-agosto 2007.

Tipo de Bosque	Botón					Flor					Fruto inmaduro					Fruto maduro				
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	0	1	2
Tipo de Bosque	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	0	1	2
Bajío	282	3	5	8	2	1	286	7	2	5	1	269	14	13	5	292	7	2		
Colina o Quebrada	45	2	1		1		48	1				40	3	4	1	1	47	0		
Terraza Alta	83						81					2	74	3	2	4	82	1		
Terraza Baja	31						31					31					31			
Total, general	441	5	6	8	3	1	446	8	2	5	1	2	414	20	19	10	1	452	10	2

**Figura 2.** Variación de las fenofase reproductivas de Sapotaceae, en la cuenca del río Madre de Dios, Reserva Nacional Tambopata, Perú. Enero-Agosto 2007.

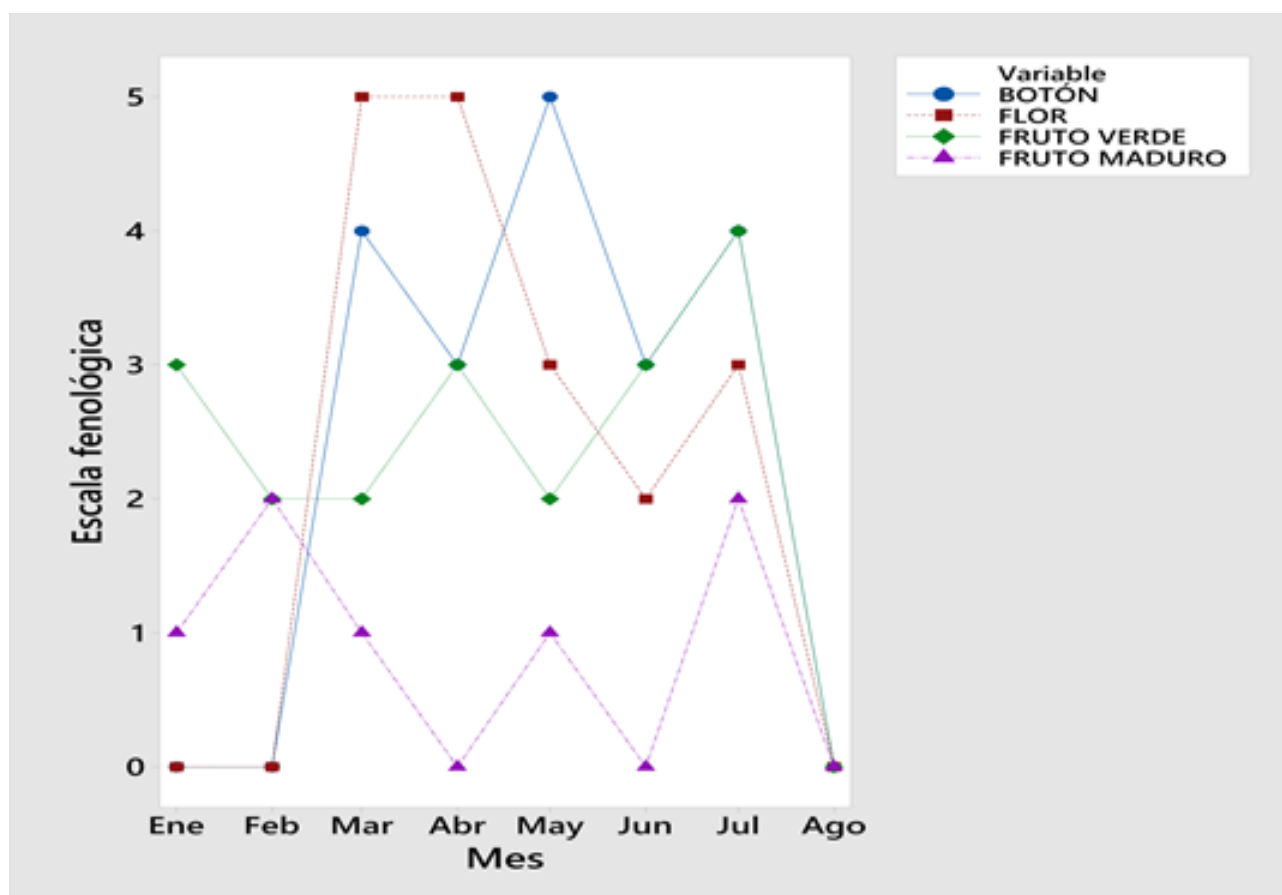


Figura 3. Escalas fenológicas de especies de Sapotaceae en la cuenca del río Madre de Dios, Reserva Nacional Tambopata, Perú. Enero-Agosto 2007.

la escala utilizada para esta investigación; para el fruto verde, el pico más alto fue registrado en julio con valores de hasta 4 que representan el 61 a 80 % de producción de la fenofase en estudio (Figura 2). La producción de fruto maduro está por debajo del resto de fenofase con valores de hasta 2 (21 a 40 %) como máximo, pudiendo demostrar la alta preferencia de esta familia por animales frugívoros que actúan como controladores biológicos en el bosque.

No hay correlaciones entre las variables estudiadas (correlación de Spearman): Flor y flor brote ($r_s = -0,6453$; $p = 0,0840$), flor brote y fruto inmaduro ($r_s = -0,7385$; $p = 0,2615$) y flor y fruto inmaduro ($r_s = -0,3333$; $p = 0,6667$).

DISCUSIÓN

El monitoreo fenológico ayuda a registrar la disponibilidad de comida que sirven de alimento para especies frugívoras encargadas del sostenimiento del bosque. En la última década, el estudio de la fenología ha adquirido una nueva importancia debido a su contribución a la investigación sobre el cambio climático (Chapman *et al.*, 2005). La fenología de las hojas en los bosques tropicales de hoja perenne no está determinada por la estacionalidad de la precipitación. En cambio, el proceso fenológico de la hoja puede estar impulsado por la disponibilidad de radiación solar (Xiao *et al.*, 2006).

Durante el periodo de evaluación del estudio entre enero – agosto, ninguna de las especies monitoreadas sufrió cambios en el follaje. En cambio en un bosque amazónico la cubierta forestal responde a las disparidades estacionales

en la disponibilidad de agua y radiación solar, ajustando temporalmente el flujo neto de hojas para maximizar el uso de estos recursos generalmente abundantes, al tiempo que reduce la susceptibilidad a la sequía (Jones *et al.*, 2014). Esto puede deberse al periodo de evaluación que en este estudio no fue muy largo y en un solo año.

En los bosques amazónicos la fenología de los individuos en el borde Este con ambiente más cálido y seco con más luz - presentaron la mayor sincronía e intensidad de fenofases reproductivas, las temperaturas más altas asociadas y la incidencia de la luz influyeron en la fenología reproductiva de *M. guianensis* y el inicio de la floración y la fructificación (Vogado *et al.*, 2016). En cambio la otra etapa de la fenología, la floración se concentró en la transición de la estación seca a la lluviosa y la fructificación se concentró en la estación lluviosa (Bentos *et al.*, 2008). La cubierta forestal responde a las disparidades estacionales en la disponibilidad de agua y radiación solar, ajustándose temporalmente al tiempo que reduce la susceptibilidad a la sequía (Jones *et al.*, 2014).

Los cambios en las fenofases se deben a los cambios estacionales, estos cambian de acuerdo con las temporadas de la zona geográfica estudiada, de acuerdo con la temperatura, las horas de luz, la temporada de lluvias y los polinizadores. Todos estos factores influyen en las especies de árboles y sobre todo en las fenofases de estos. En los bosques neotropicales existen Sapotaceas las cuales son alimento para muchas especies de fauna; asimismo, existen especies con presencia de compuestos orgánicos propias de esta familia (Mogue *et al.*, 2019; Akosung *et al.*, 2021).

Myrcia guianensis presentó patrones estacionales de follaje y reproducción, pero solo la reproducción fue influenciada por las condiciones microambientales (Vogado *et al.*, 2016). En cambio, *Purdianthus splendens* un árbol endémico y en peligro del centro de Chile, ubicada en Los Molles (V Región Valparaíso), registró un aumento en la producción de capullos, flores y

frutos de septiembre a febrero, que decae en marzo, esto es diferente a los resultados de este estudio en el que se observó que la familia Sapotaceae inician el periodo reproductivo entre fines de la estación húmeda (marzo) y fines de la estación seca (agosto) en Madre de Dios, Perú. Los picos más altos de producción para botón y flor se registraron entre marzo y mayo. En cambio, en otras especies de ambientes mediterráneos; el pico de capullos, flores y frutos se registró durante el verano, en febrero (Henríquez *et al.*, 2012).

En el Bosque Tropical Seco del Parque Nacional Barra Honda (Costa Rica) se estudió la fenología de *Sideroxylon capiri*, una Sapotaceae (García y Di Stefano, 2005), los árboles cambian su follaje cada año durante la temporada de lluvias o al comienzo de la estación seca. Los mecanismos fisiológicos desconocidos permiten que el árbol mantenga el follaje durante los meses más secos (marzo y abril) (García y Di Stefano, 2005). La caída de la hoja ocurrió en el período seco, mientras que el enjuague, la floración y la dispersión de la hoja ocurrieron al comienzo de la estación húmeda. Excepto la fructificación, todas las fenofases estaban altamente sincronizadas. La mayoría de los individuos florecían anualmente, aunque no fructificaban anualmente. La caída de las hojas se asoció negativamente con la lluvia y la temperatura y la floración se asoció positivamente con la longitud del día (Bianchini *et al.*, 2006).

Para *Manilkara* y *Micropholis* la producción no es uniforme considerando la alta diferencia que presentan sus valores fenológicos durante el periodo de evaluación. Esto nos lleva a determinar que los requerimientos edafoclimáticos del género *Pouteria* estarían proporcionando condiciones necesarias para su desarrollo. La temperatura máxima absoluta no fue significativa para la floración, pero sí fue significativa para la fructificación y tuvo una correlación positiva, es decir a mayor valor de temperatura se encontrará un mayor número de árboles iniciando la fructificación (Alencaer *et al.*, 1979).

En el estudio no se midió la luz solar pero la floración parece estar correlacionada con la luz solar máxima, mientras que la fructificación está relacionada con la precipitación máxima (ter Steege y Persaud, 1991). La floración y la fructificación pueden ocurrir todos los años y en cualquier estación, pero principalmente en la estación seca, con variabilidad tanto entre estaciones como entre individuos (García y Di Stefano, 2005). En el estudio realizado los picos más altos de producción para botón y flor se registraron entre marzo y mayo; para el fruto verde el pico más alto fue registrado en julio. Una de las limitaciones son que los conjuntos de datos de fenología que abarcan muchos años son raros en los trópicos, lo que dificulta evaluar las posibles respuestas de las comunidades tropicales al cambio climático (Chapman *et al.*, 2005), en nuestro estudio la limitante del estudio de un número mayor de meses hace que no se puedan conocer todos los patrones fenológicos. Las Sapotaceae son una oferta alimenticia de frutos para la fauna de hábitos arborícolas y terrestres (Franco-Quimbay y Rojas-Robles, 2015). Estos son unos de los principales alimentos para grandes especies dispersoras en el bosque (Andresen, 2001).

Los transectos fenológicos revelaron que los bosques tropicales de la cuenca del río Madre de Dios, mostraron variaciones estacionales en la abundancia de flores, frutos inmaduros y frutos maduros, sin embargo, los patrones temporales generales fueron significativamente diferentes a través de hábitats. Desde una perspectiva frugívora, la abundancia general de frutos carnosos maduros también varió considerablemente entre los hábitats, y nuevamente mostró picos asincrónicos en la producción del hábitat.

Una de las limitaciones del estudio fue el corto tiempo que duró el monitoreo, este al ser tan corto no nos permite extrapolar nuestros datos ni tener conclusiones completas con respecto a la familia Sapotaceae. La metodología de campo aplicada puede tener también errores provenientes del observador, ya que no siempre en el momento de monitoreo se presentan las partes de la planta que se deben estudiar.

Estudios posteriores sobre los comportamientos fenológicos deben basarse en el índice de actividad fenológica para cada fase, esta se relacionó con las variables climáticas regionales, incluida la temperatura diaria máxima y mínima, la precipitación acumulada mensual, la nubosidad, las inundaciones y los niveles freáticos (Urrego *et al.*, 2016). Los estudios fenológicos también nos ayudan a medir en proporción las plantas que se ven afectadas por los cambios en la temperatura y las precipitaciones, su capacidad intrínseca de adaptación determinará en última instancia el potencial de estabilidad ecológica sostenida y seguridad alimentaria (Fitchett *et al.*, 2015).

Los nuevos estudios fenológicos se pueden realizar haciendo uso de nuevas tecnologías como el espectrorradiómetro de imágenes de media resolución (MODIS) de acuerdo a Huete (2004), el cual es un instrumento clave a bordo de las plataformas satelitales Terra y Aqua del Sistema de Observación de la Tierra (EOS), diseñado para monitorear la atmósfera, el océano y la superficie terrestre de la Tierra con un conjunto de canales visibles, NIR, MIR y térmicos.

Concluimos en que la familia Sapotaceae inicia el periodo reproductivo fines de la estación húmeda (marzo) y fines de la estación seca (agosto). Los picos elevados para botón y flor fueron entre marzo y mayo con valores fenológicos hasta 5; para fruto verde el pico más alto se dio entre julio (61 a 80 %). La producción de fruto maduro está por debajo del resto de fenofase con valores de hasta 2 como máximo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akosung, E., Djouaka-Bavoua, J., Bellier-Tabekoueng, G., Stammler, Hans-Georg., Fressed, M., Wabo-Fotsoe, G., Lenta-Ndjakoué, B., Kamdem, A., Sewald, N., y Duplex-Wansia, J. (2021). Antibacterial constituents from the roots, stem bark and leaves of *Manilkara obovata* (Sabine y G. Don) J. H. Hemsl. (Sapotaceae). *Phytochemistry Letters* Volume 44, Pages 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2021.05.007>

- Alencar, J., Almeida, R., Fernandes, N. (1979) Fenología de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 9(1): 163-199. <https://doi.org/10.1590/1809-43921979091163>
- Andresen, E. (2001) Effects of dung presence, dung amount and secondary dispersal by dung beetles on the fate of *Micropholis guyanensis* (Sapotaceae) seeds in Central Amazonia», *Journal of Tropical Ecology*, 17 (1): 61-78. doi: 10.1017/S0266467401001043.
- Bianchini, E., Pimenta, J., Dos Santos, F. (2006) Fenología de *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. y Eichler) Engl. (Sapotaceae) em floresta semidecídua do Sul do Brasil», *Revista Brasileira de Botânica*, 29 (4): 595-602. doi: 10.1590/S0100-84042006000400009
- Bentos, T., Mesquita, R., Williamson, G. (2008) Reproductive Phenology of Central Amazon Pioneer Trees. *Tropical Conservation Science*, 1(3): 186–203. <https://doi.org/10.1177/194008290800100303>
- Chapman, C., Chapman, L., Struhsaker, T., Zanne, A., Clark, C., Poulsen, J. (2005) A long-term evaluation of fruiting phenology: Importance of climate change. *Journal of Tropical Ecology*, 21(1): 31-45. doi:10.1017/S0266467404001993
- Cleland, E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H., Schwartz, M. (2007) Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology and Evolution*, 22(7), 357–365. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.04.003>
- Encarnación, F., Zarate, R., Ahuite, M. (2008) *Zonificación ecológica y económica del departamento de Madre de Dios. GO-REMAD - IIAP*. http://terra.iiap.gob.pe/assets/files/macro/zee-madre-de-dios/08_Vegetacion.pdf
- Encarnación, F. (1993) El bosque y las formaciones vegetales en la llanura amazónica del Perú. *Alma Mater*, 6 (1): 95–114.
- Fenner, M. (1998) The phenology of growth and reproduction in plants», *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 1 (1): 78-91. doi: 10.1078/1433-8319-00053.
- Fournier-Origgí, L., Charpentier-Esquível, C. (1975) El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales, *Turrialba*, 25 (1): 45-48.
- Franco-Quimbay, J., Rojas-Robles, R. (2015) Fructivoría y dispersión de semillas de la palma *Oenocarpus bataua* en dos regiones con diferente estado de conservación», *Actualidades Biológicas*, 37 (102): 273-285. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-35842015000100004yscript=sci_abstractytlng=es (Accedido: 30 de agosto de 2020).
- Fitchett, J., Grab, S., Thompson, D. (2015) Plant phenology and climate change: Progress in methodological approaches and application. *Progress in Physical Geography*, 39(4): 460–482. <https://doi.org/10.1177/0309133315578940>
- Freitas, L., Zárate, R., Bardales, R., Del Castillo, D. (2019) Efecto de la densidad de siembra en el desarrollo vegetativo del aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) en plantaciones forestales. *Revista Peruana De Biología*, 26(2): 227-234. <https://doi.org/10.15381/rpb.v26i2.16378>
- García, E., Di Stefano, J. (2005) Phenology of the tree *Sideroxylon capiri* (Sapotaceae) at the tropical dry forest in Costa Rica, *Revista de Biología Tropical*, 53 (1-2): 5-14. doi: 10.15517/rbt.v53i1-2.14292.
- Hatfield, J., Prueger, J. (2015) Temperature extremes: Effect on plant growth and development, *Weather and Climate Extremes*, 10: 4-10. doi: 10.1016/j.wace.2015.08.001.
- Henríquez, C., Sotes, G., Bustamante, R. (2012) Fenología reproductiva de *Pouteria splendens* (Sapotaceae), *Gayana - Botánica*, 69 (2): 251-255. doi: 10.4067/S0717-66432012000200004.
- Huete, A. (2004) Remote Sensing for Environmental Monitoring. En *Environmental Monitoring and Characterization* (pp. 183–206). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-012064477-3/50013-8>
- Jones, M., Kimball, J., Nemani, R. (2014) Asynchronous Amazon forest canopy phenology indicates adaptation to both water

- and light availability. *Environmental Research Letters*, 9(12): 124021. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/12/124021>
- Kechairi, R., Ould Safi, M., Benmahioul, B. (2018) Etude comparative de deux plantations d'*Argania spinosa* (L.) Skeels (Sapotaceae) dans le Sahara Occidental Algérien (Tindouf et Adrar), *International Journal of Environmental Studies*, 75 (2): 294-308. doi: 10.1080/00207233.2017.1360601.
- Mogue, L., Ango, P., Fotso, G., Mapitse, R., Kapche, D., Karaosmanoğlu, O., et al. (2019) Two new polyhydroxylated pentacyclic triterpenes with cytotoxic activities from *Manilkara pellegriniana* (Sapotaceae). *Phytochemistry Letters*, Volume 31, Pages 161-165. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2019.04.002>.
- López, E., Gil, A. (2017) Phenology of *Gossypium raimondii* Ulbrich "native cotton" of green fiber, *Scientia Agropecuaria*, 8 (3): 267-271. doi: 10.17268/sci.agropecu.2017.03.09.
- Pennington, T. (2004) Sapotaceae», en *Flowering Plants Dicotyledons*. Springer Berlin Heidelberg, 390-421. doi: 10.1007/978-3-662-07257-8_41.
- Poncy, O., Sabatier, D., Prévost, M.-F., Hardy, I. (2001) *The Lowland High Rainforest: Structure and Tree Species Diversity*: Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9821-7_4
- Phillips, O., Lawrence, A., Ismodes, A., Lopez, M., Rose, S., Farfan, A. (2001) *Una metodología de evaluación de la biodiversidad y de los recursos de los bosques*. https://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/Cedrela_fissilis/Manuel_Evaluacion_Biodiversidad.pdf
- Rakotoniaina, E., Donno, D., Randriamampionona, D., Harinarivo, H., Andriamaniraka, H., Solo, N., Soifoini, T., et al. (2018) Insights into an endemic medicinal plant species of Madagascar and Comoros: The case of *Famelona* (*Chrysophyllum boivinianum* (Pierre) Baehni, Sapotaceae family), *South African Journal of Botany*, 117: 110-118. doi: 10.1016/j.sajb.2018.05.010.
- Ribeiro, J., Hopkins, M., Vicentini, A., Sothers, C., Costa, M., Brito, J., De Souza, M., De Martins, L., Lohmann, L., Assunção, P. (1999) *Guía de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. In Flora da Reserva Ducke Manaus-AM INPA-DFID (Portugués). DFID.
- Rodriguez, E., Rojas, R. (2006) *El herbario: administración y manejo de colecciones botánicas*. Herbarium Truxillense (HUT)
- Ter Steege, H., Persaud, C. (1991) The phenology of Guyanese timber species: a compilation of a century of observations, *Vegetation*, 95 (2): 177-198. doi: 10.1007/BF00045216.
- Tobler, M., Carrillo-Percegué, S., Pitman, R., Mares, R., Powell, G. (2008) An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11 (3): 169-178. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x>
- Ureta, M., Martínez, P., Tupayachi, Trujillo, R., Zúñiga Hartley, A. (2014) Fenología de palmeras arborescentes nativas de Madre de Dios – Perú. *Intropica*, 9(1): 60-74. Recuperado a partir de <http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/1425>
- Urrego, L., Galeano, A., Peñuela, C., Sánchez, M., Toro, E. (2016) Climate-related phenology of *Mauritia flexuosa* in the Colombian Amazon. *Plant Ecology*, 217(10): 1207-1218. <https://doi.org/10.1007/s11258-016-0647-0>
- Van Schaik, C., Terborgh, J., Wright, S. (1993) The Phenology of Tropical Forests: Adaptive Significance and Consequences for Primary Consumers, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24 (1): 353-377. doi: 10.1146/annurev.es.24.110193.002033.
- Vogado, N., De Camargo, M., Locosselli, G., Morellato, L. (2016) Les effets de bord sur la phénologie de la guamirim, (*Myrtaceae*) guianensis *Myrcia*, un arbre de cerrado. *Tropical Conservation Science*, 9(1): 291-312. <https://doi.org/10.1177/194008291600900115>

Yu, H., Luedeling, E., Xu, J. (2010) Winter and spring warming result in delayed spring phenology on the Tibetan Plateau, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107 (51): 22151-22156. doi: 10.1073/pnas.1012490107.

Zárate, R., Amasifuen, C., Flores, Manuel. (2006) Floración y Fructificación de plantas leñosas en bosques de arena blanca y de suelo arcilloso en la Amazonía Peruana. *Revista Peruana de Biología*, 13(1): 95-102. Recuperado en 02 de mayo de 2021, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332006000100005&lng=es&lng=es.

Conflicto de interés

Los autores indican no tener conflicto de intereses.

