

Índice de actividad fenológica de diez especies frutales amazónicas en la Estación Experimental El Pادمي, Zamora Chinchipe, Ecuador

Index of phenological activity of ten Amazonian fruit species in the El Pادمي Experimental Station, Zamora Chinchipe, Ecuador

Cabrera Alex^{1*}
Medina Roberto²
Aguirre Zhofre¹

¹Docente–Investigador de la Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Ciudadela Universitaria La Argelia, Loja, Ecuador.

²Ingeniero Forestal, investigador independiente, Loja, Ecuador.

*Autor para correspondencia: alex.cabrera@unl.edu.ec

RECIBIDO: 16/03/2018

APROBADO: 11/06/2018

RESUMEN

Entender cómo los fenómenos naturales están regidos y asociados a sus variables ha sido para el ser humano una prioridad; su comprensión ha permitido que el entorno sea modificado, mantenido e incluso mejorado. En este estudio se trata de estimar la actividad fenológica, de diez especies frutales amazónicas durante un año, a través de un índice ponderado que recoge valores estandarizados de floración, fructificación e incremento de volumen de tallo. El índice de actividad fenológica permitió identificar y describir (I) un patrón aislado que muestra cuatro especies con eventos únicos o no comunes y (II) un patrón agrupado, con dos subgrupos de tres especies cada una, que muestran eventos comunes y en sincronía a eventos de otras localidades. La información generada puede contribuir en el conocimiento y el aprovechamiento de las especies frutales no tradicionales en la región amazónica del sur del Ecuador.

Palabras clave: indicadores, patrones, dinámica, estandarización

ABSTRACT

Understanding how natural phenomena are governed and associated with their variables has been a priority for the human being; its understanding has allowed the environment to be modified, maintained and even improved. This study tries to estimate the phenological activity of ten Amazonian fruit species during a year, through a weighted index that includes standardized values of flowering, fruiting and increase of stem volume. The phenological activity index allowed to identify and describe (I) an isolated pattern showing four species with unique or uncommon events and (II) a grouped pattern, with two subgroups of three species each, showing common events and in synchrony with events from other locations. The information generated can contribute to the knowledge and exploitation of non-traditional fruit species in the Amazon region of southern Ecuador.

Keywords: indicators, patterns, dynamics, standardization

INTRODUCCIÓN

Es de gran importancia tener estimadores que expliquen el comportamiento o la dinámica de las especies y aún más cuando este comportamiento es influenciado por variables climáticas como temperatura y precipitación; bajo ese escenario la fenología permite conocer la dinámica de los procesos biológicos de las plantas, respecto a su entorno biótico y abiótico (Davis, Willis, Primack y Miller-Rushing, 2010).

La fenología ha sido ampliamente utilizada en la rama de la agronomía para establecer un manejo adecuado en los cultivos; situación que no ha sucedido exactamente con las especies forestales, debido a que monitorear sus fases fenológicas podría llevar mucho tiempo, incluso más de una generación humana (Davis *et al.*, 2010; Rocky Mountain Tree-Ring Research, 2018).

Las especies forestales a más de proveer servicios ambientales también son parte de la identidad de los pueblos, es así que algunas especies son altamente utilizadas en la provisión de frutos no tradicionales y aunque aún no se ha desarrollado mecanismos eficientes para el aprovechamiento de estos recursos, es indispensable generar herramientas metodológicas que permitan entender la dinámica de los procesos biológicos de las especies (Agea, Obua, Kaboggoza y Waiswa, 2007).

En la región sur amazónica del Ecuador se han realizado algunos estudios referentes a la fenológica de especies forestales y frutales; entre las principales variables (indicadoras) de estudio se puede encontrar la floración, la fructificación, la altura del árbol y la circunferencia a la altura del pecho o el diámetro a la altura del pecho (Aguirre, Gaona y Palacios, 2014a; Aguirre, Díaz y Palacios, 2015). Existen algunas variables que se pueden cuantificar directamente utilizando instrumentación manual como cinta métrica, regla, micrómetro, calibrador u otros (Dallmeier, 1992). A partir de las variables indicadoras, es posible encontrar variables derivadas— ampliamente conocidas y utilizadas en el estudio de la física o matemática— como el área basal del árbol y/o el volumen total del árbol (Aguirre *et al.*, 2014a)

Generalmente, las variables indicadoras también pueden ser asociadas en la construcción de índices que ayudan a comprender la dinámica de algún fenómeno físico en la naturaleza (Guitton, 1960). En los estudios realizados en la región sur amazónica del Ecuador se puede encontrar, en

la literatura, el uso de varios índices como el índice de calidad del rodal, el índice de esbeltez, el índice de espacio vital, entre otros (Aguirre *et al.*, 2014a).

Las diferentes cuantificaciones del comportamiento de las especies, a más de permitir comprender la relación entre factores biótico–abióticos y plantas, pueden ayudar a establecer estrategias de conservación y aprovechamiento de las especies.

Para la región sur amazónica del Ecuador se han reportado al menos 31 especies frutales con potencial productivo, especies que forman parte de la identidad cultural y que podrían tener un mejor aprovechamiento basado en sus fases fenológicas (Agea *et al.*, 2007; Alvarez, 2014).

Este estudio trata de estimar la actividad fenológica de diez especies frutales amazónicas del sur del Ecuador y para ello utilizó variables indicadoras como floración, fructificación e incremento del volumen del tallo. Con las variables se construyó un índice de actividad fenológica (*IAF*) que logró discriminar dos patrones de comportamiento de las especies. El conocer cómo las especies actúan en su medio puede contribuir al aprovechamiento eficaz de las especies frutales no tradicionales en la región amazónica sur del Ecuador.

■ MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se desarrolló en el jardín botánico de la Estación Experimental El Padmi, propiedad de la Universidad Nacional de Loja, (coordenadas UTM: 765179 E y 9585861 S) localizado entre 776 y 1119 m. snm. Políticamente se ubica en la parroquia Los Encuentros, del cantón Yanzatza, en la provincia de Zamora Chinchipe (Figura 1). Se pueden en ella diferenciar dos tipos de vegetación natural: bosque siempreverde de tierras bajas y bosque siempreverde piemontano (Sierra, 1999). Entre el año 2005 y 2009, dentro del jardín botánico se han plantado varias especies amazónicas (nativas e introducidas) con el afán de investigar las potencialidades forestales y no forestales. (Aguirre y León, 2011; Aguirre, Palacios y Aguirre, 2014b).

En la Estación Experimental El Padmi desde abril/2016 a marzo/2017 se registró una precipitación media de 217,15 mm (o acumulada de 2605 mm/año) y una temperatura media de 23,79°C. Las zonas de vida para este sector son bosque muy húmedo piemontano (bh–PM) y bosque húmedo tropical (bh–T); el clima corresponde a la transición entre el trópico subhúmedo y tropical húmedo (Cañadas, 1983).

Indicador fenológico: floración y fructificación

Tomando como base las especies frutales presentes en el jardín botánico se escogió a diez especies frutales amazónicas (Tabla 1) y de cada especie se seleccionaron diez individuos, obteniendo una muestra total de 100 árboles, en los cuales cada 15 días y durante un año (desde el 09–abril–2016 al 23–marzo–2017) se registró el porcentaje de floración y el porcentaje de fructificación. La estimación fue en base a la presencia o la ausencia de los caracteres fenológicos de cada individuo y se realizó mediante observación directa a la copa de los árboles con binoculares de 10x de ampliación. Las proporciones estimadas fueron puntuadas en una escala de 1–5 (Tabla 2.a); estos valores representan un indicador de floración (*PF*) y un indicador de fructificación (*Pf*).

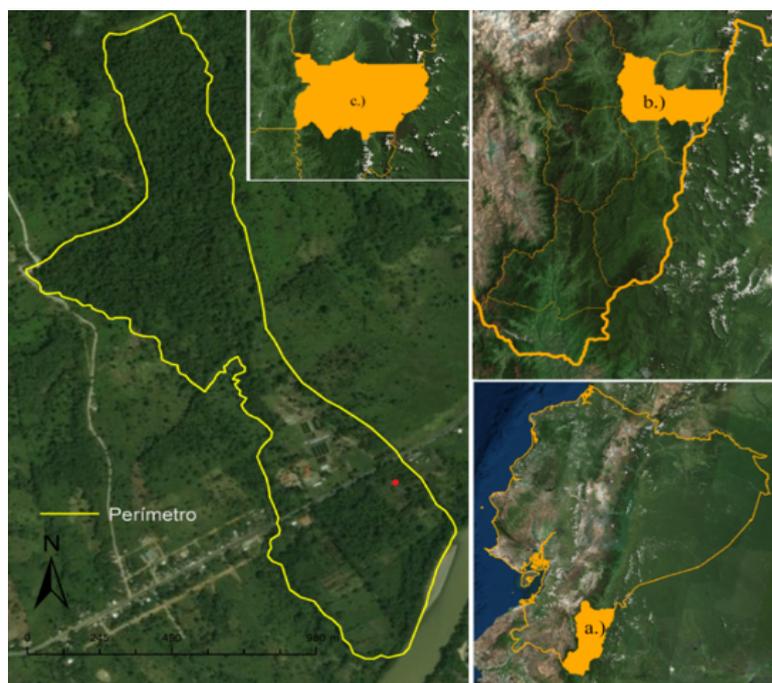


Figura 1. Ubicación del jardín botánico (punto rojo) en la Estación Experimental El Padmi (perímetro amarillo). El polígono anaranjado muestra una perspectiva visual del área de estudio respecto a su ubicación en el Ecuador continental. a.) Provincia de Zamora Chinchipe, b.) Cantón Yantzatza, c.) Parroquia Los Encuentros.

Tabla 1. Especies estudiadas en el jardín botánico de la Estación Experimental El Padmi. Los nombres científicos se ajustan a los reportados por Missouri Botanical Garden 2018.

Nº	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Fruta del pan	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg	Moraceae
2	Borojo	<i>Borojoa patinoi</i> Cuatrec.	Rubiaceae
3	Arazá	<i>Eugenia stipitata</i> Mc Vaugh	Myrtaceae
4	Guaba de bejuco	<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae
5	Uva	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	Urticaceae
6	Caimito	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Sapotaceae
7	Guayabilla	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Myrtaceae
8	Guanabana amazónica	<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	Annonaceae
9	Pomarosa	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M. Perry	Myrtaceae
10	Copoasu	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum.	Malvaceae

Este indicador representa la biomasa acumulada en el tallo durante un año y permite estimar la actividad fenológica poco perceptible (visualmente) en el desarrollo de cada especie. Para el volumen escalado se utilizó como indicadores de base a las variables: (1) altura del árbol y (2) circunferencia del tallo a la altura del pecho. Dichas variables fueron registradas en dos momentos: una al inicio del estudio (09-abril-2016) y otra a los doce meses (23-marzo-2017) en diez individuos de cada especie; las medidas de altura se obtuvieron con un hipsómetro Suunto y para la circunferencia del tallo se midió con cinta métrica a una altura de 1,30 m desde la base del árbol.

Con dichas variables se obtuvo la variación de altura y la variación de área y al multiplicar estos productos se determinó el indicador de volumen neto relativo (Vn). Finalmente, los valores de Vn fueron escalados (Tabla 2b) de 1–5 mediante una regla de tres simple directa con la relación $Vn_{máximo}=5$ y el Vn de cada especie (Vn_n).

Tabla 2. Puntuación establecida para los procesos fenológicos de floración, fructificación (modificado de Fournier, 1974) y volumen escalado. La mayor intensidad representa 5 puntos.

a.)		b.)
Floración (F) o fructificación (f) %	Puntuación	Volumen neto escalado (Ve)
0	1	$Ve = \frac{5 \times Vn_n}{Vn_{máximo}}$
1–25	2	
26–50	3	
51–75	4	
76–100	5	

Índice de actividad fenológica (IAF)

El índice de actividad fenológica (IAF) es una ecuación ponderada que trata de maximizar la actividad conjunta de los fenómenos fenológicos estimados; es decir, cada intersección (o no intersección) en sus puntuaciones puede incrementar o mantener un registro de actividad; la ponderación destaca la actividad fenológica de floración y fructificación, mientras que el indicador volumen escalado proporciona evidencia de la actividad fenológica en incremento de biomasa; el valor a utilizar en este indicador es un promedio de sus valores obtenidos de Ve debido a que este valor se lo registra en dos momentos y a diez individuos de cada especie.

El IAF se conceptualizó (Tabla 3) como:

$$\% IAF = \frac{[(PF \times 0,4 + Pf \times 0,4 + \overline{Ve} \times 0,2) \times 100]}{5}$$

Dónde: PF = Puntuación de floración; Pf = Puntuación de fructificación; (Ve) = promedio de volumen escalado de cada especie.

Tabla 3. Categorías del IAF según su rango porcentual (modificado de Fournier, 1974).

Categorías	Rango % IAF
Leve: los procesos fenológicos de floración o fructificación se expresan en proporción baja o nula, la actividad fenológica podría estar centrada en el aumento de biomasa.	$25 \leq IAF$
Moderada: los procesos fenológicos de floración o fructificación se expresan variablemente y aunque no son dominantes sus procesos se podría observar al menos uno de ellos en actividad. Se puede apreciar también un incremento en biomasa.	$25 > IAF \leq 50$
Óptima: los procesos fenológicos de floración o fructificación se expresan en conjunto y se podría observar que al menos uno de ellos es predominantemente. Se puede apreciar también un incremento en biomasa.	$50 > IAF$

RESULTADOS

Análisis exploratorio

Se proyectó indicadores fenológicos (floración, fructificación) e indicadores de clima (temperatura, precipitación) en un mismo plano vectorial (Figura 2) con la finalidad de observar cual indicador expresa una mayor variabilidad de los datos. Se observó que los vectores fenológicos son más variables que los vectores de clima; es así que *Borojoa patinoi* tiene aparentemente mayor actividad fenológica, dada la magnitud del vector floración y fructificación, seguido de *Pourouma cecropiifolia* que destaca solo en la magnitud del vector floración; para las demás especies no se observa ningún patrón ascendente destacado.

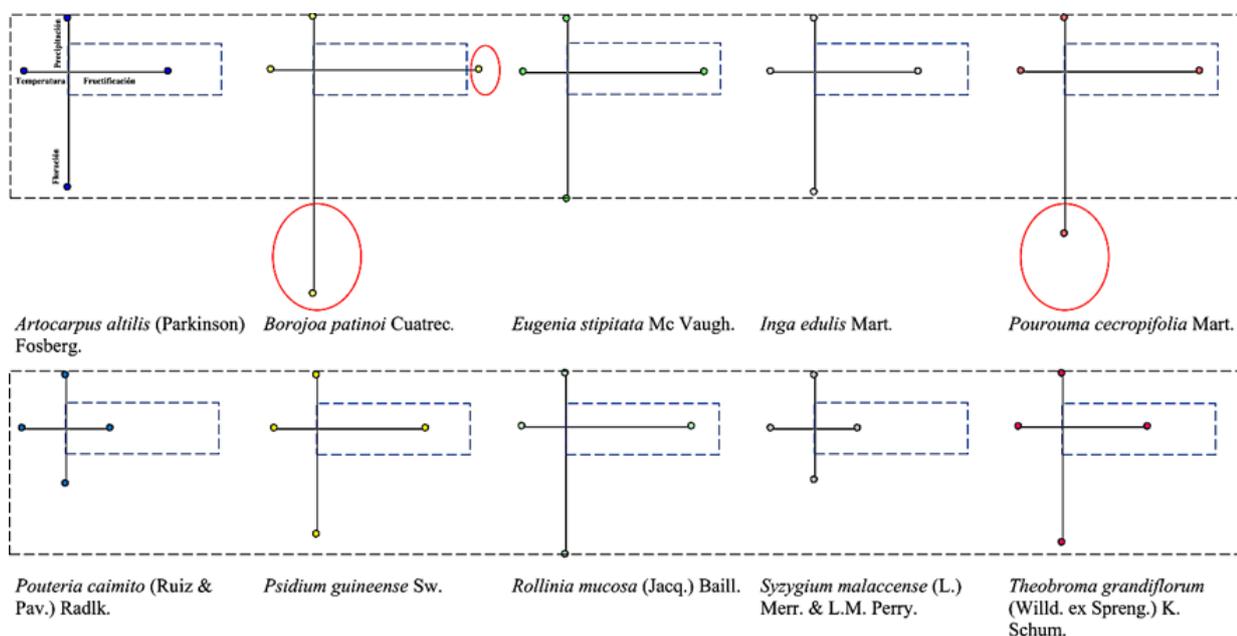


Figura 2. Vectores en plano cartesiano representando las variables de temperatura, precipitación, fructificación y floración. El rectángulo negro (líneas entrecortadas) encierra un espacio común entre las especies con magnitudes similares o menores a su media respecto al vector floración (eje -y). El rectángulo azul (líneas entrecortadas) encierra un espacio común entre las especies con magnitudes similares o menores a su media respecto al vector fructificación (eje x).

Para simplificar el aporte de cada una de las variables, en la actividad fenológica de las especies, se realizó un análisis de componentes principales y se logró establecer que las especies (en su variabilidad) están más asociadas a la variable de floración y fructificación que al indicador volumen escalado (Figura 3). Los autovalores para el primer componente tienen una proporción de 0,71 y para el segundo componente se alcanza una proporción acumulada de 0,99; lo que representa que en una simplificación de la información el análisis logra explicar un 99% de la variación total y su asociación. Esto permite suponer que las variables fenológicas tienen indicadores útiles para describir patrones de comportamiento entre las especies.

Aparentemente la variable fenológica de floración y de fructificación tiene una fuerte correlación positiva y estas variables fenológicas (floración y fructificación) tienen correlación negativa con la variable volumen escalado.

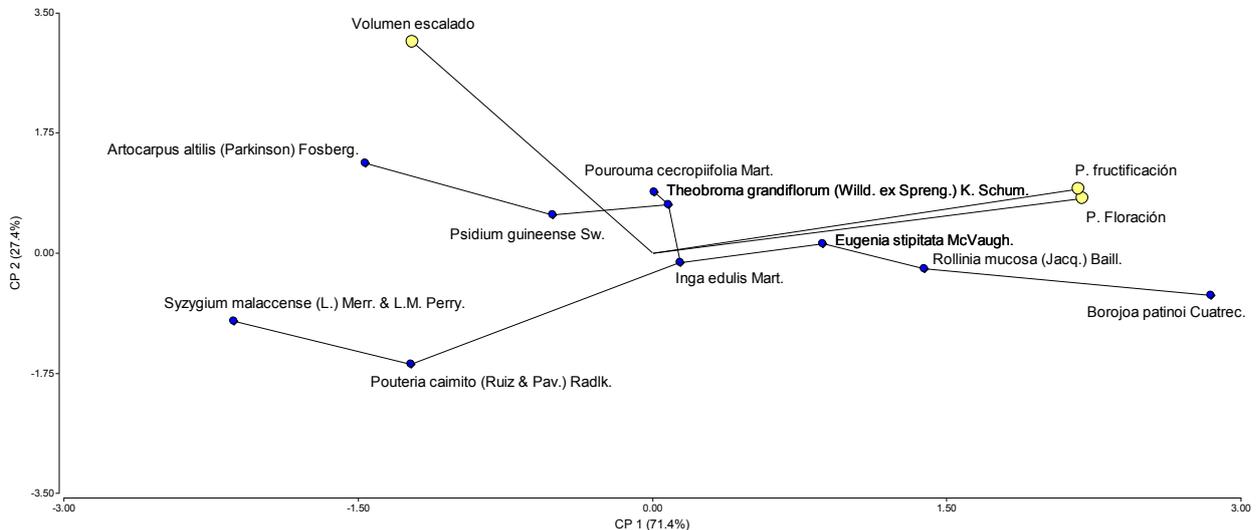


Figura 3. Biplot del análisis de componentes principales para los indicadores de puntuación de floración, puntuación de fructificación y volumen escalado.

Indicadores e índice de actividad fenológica (IAF)

La magnitud de cada indicador tiene mayor o menor intensidad en la actividad fenológica de cada especie y es claro que todas las especies tuvieron un incremento de biomasa a través del volumen de tallo (Figura 4), especialmente *Artocarpus altilis* con la mayor intensidad de 3,05 mientras que las menores intensidades se reportaron para *Eugenia stipitata* con 1,48 (menor a su intensidad en fructificación 1,58) y *Theobroma grandiflorum* con 1,16 (menor a su intensidad en floración 1,33 y fructificación 1,42); con estos datos los indicadores no podrían sumarse sin ponderación pues podrían sobredimensionar los patrones de actividad fenológica.

El IAF (Figura 5) permite observar que seis especies: *Artocarpus altilis*, *Borojoa patinoi*, *Eugenia stipitata*, *Inga edulis*, *Pourouma cecropiifolia* y *Psidium guineense* alcanzaron un pico de actividad fenológica moderada, siendo más frecuente la actividad en el mes de mayo y septiembre; aunque este repunte también es observado en las demás especies, éstas no superan el nivel leve de actividad fenológica.

Dado que los datos no cumplen los supuestos de normalidad, para discriminar los diferentes patrones de actividad fenológica se realizó la prueba no paramétrica de *Kruskal* y *Wallis* en donde se puede evidenciar (Tabla 4 y 5) que estadísticamente hay diferencias entre las especies y es posible identificar al menos dos patrones diferentes (Figura 6).

Patrón aislado

Son aquellas especies que presentan una dinámica fenológica distinta a las demás especies.

Pouteria caimito, es una especie con actividad fenológica leve, los procesos de floración y fructificación son poco expresados durante un año y solamente observables en enero/febrero y en proporciones bajas.

Syzygium malaccense, es una especie con actividad fenológica leve y los eventos de floración y fructificación no son observables, el incremento en biomasa sí es evidenciado con un valor de 2,46 de intensidad en el indicador de volumen escalado.

Borojoa patinoi, es una especie con actividad fenológica desde moderada a leve, estos eventos fenológicos podrían ser observados en los meses de mayo/octubre.

Artocarpus altilis, es una especie con actividad fenológica desde leve a moderado y solo en los meses de mayo/junio se podría observar la mayor actividad fenológica.

Patrón agrupado

Son aquellas especies que tienen eventos fenológicos comunes y se puede distinguir dos subgrupos. (1) Las especies *Eugenia stipitata*, *Inga edulis* y *Rollinia mucosa* son un subgrupo que presentan similar actividad fenológica desde leve a moderada; se puede observar al menos tres picos de actividad fenológica en los meses de abril, septiembre y diciembre. (2) Las especies *Psidium guineense*–*Pourouma cecropiifolia*–*Theobroma grandiflorum* son un subgrupo que presentan similar actividad fenológica desde leve a moderada; se puede observar al menos dos picos de actividad fenológica en los meses de abril/julio y agosto/noviembre.

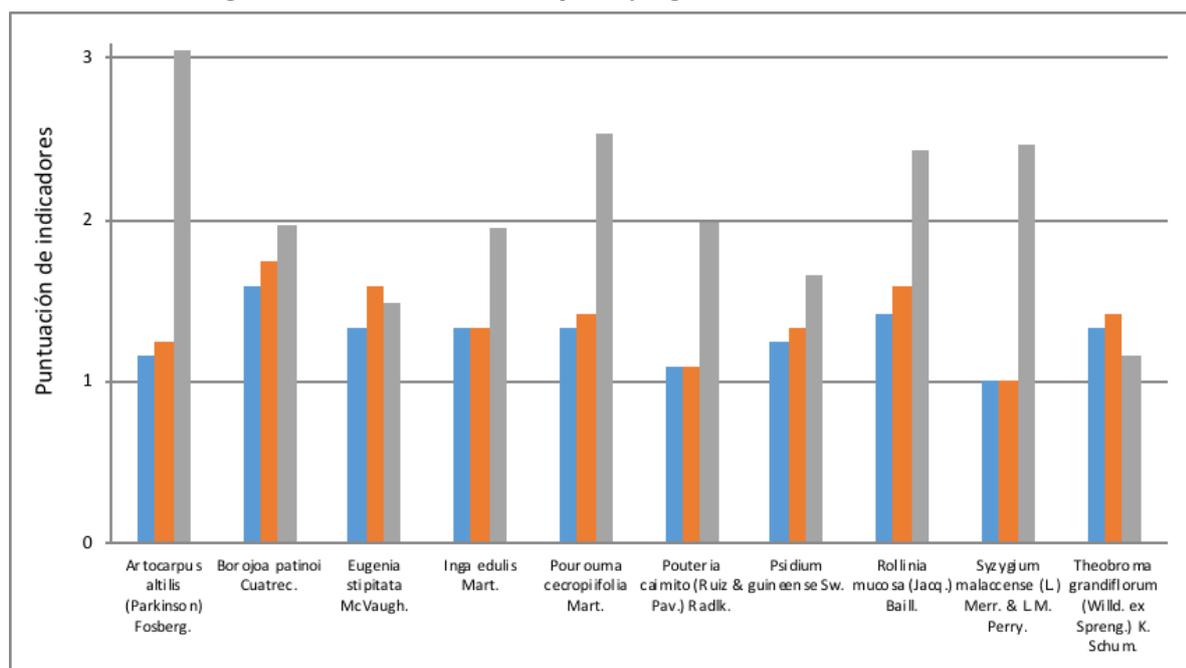


Figura 4. Puntuación de valores escalados para los indicadores de floración (azul), fructificación (anaranjado) y volumen escalado (plomo).

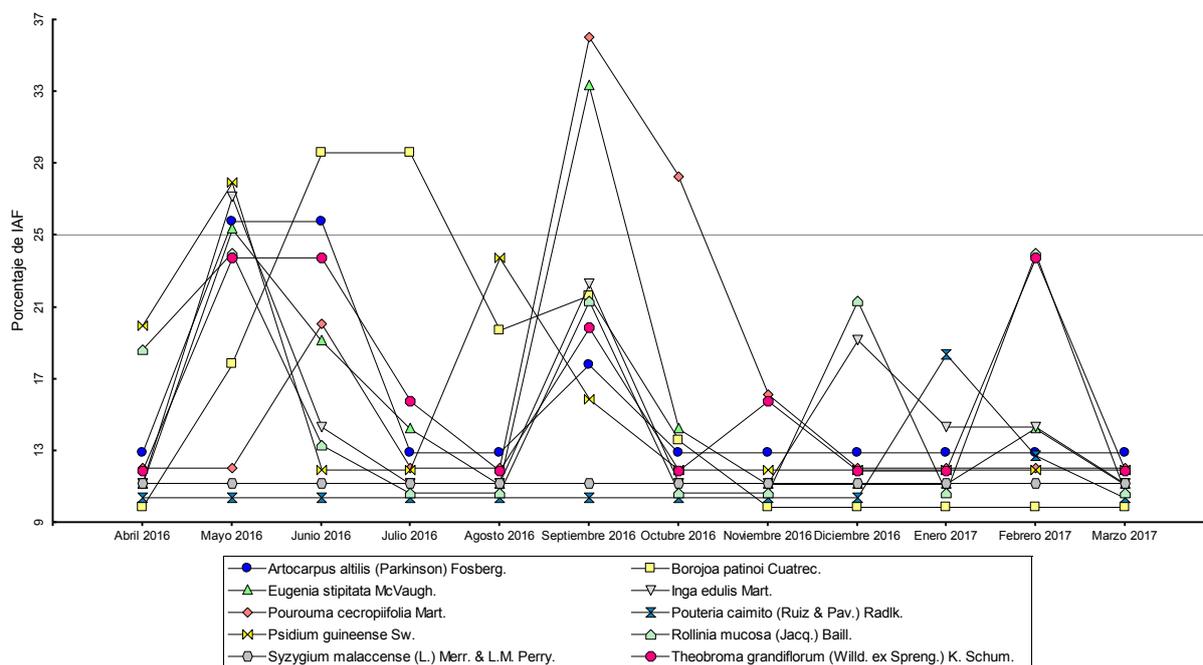


Figura 5. Diagrama de perfil multivariado con el valor porcentual del índice de actividad fenológica IAF.

Tabla 4. Estadísticos calculados para la prueba no paramétrica de *Kruskal* y *Wallis* respecto al porcentaje de actividad fenológica (% IAF).

Especie	N	Media	D.E.	Mediana	H	p
<i>Artocarpus altilis</i>	12	15,43	5,02	12,88	29,42	0,0005
<i>Borojoa patinoi</i>	12	15,93	7,69	11,73		
<i>Eugenia stipitata</i>	12	15,60	7,06	12,68		
<i>Inga edulis</i>	12	14,88	5,29	12,74		
<i>Pourouma cecropiifolia</i>	12	16,41	7,93	12,05		
<i>Pouteria caimito</i>	12	11,23	2,35	10,37		
<i>Psidium guineense</i>	12	15,23	5,59	11,94		
<i>Rollinia mucosa</i>	12	15,54	5,78	12,00		
<i>Syzygium malaccense</i>	12	11,18	2,47E-15	11,18		
<i>Theobroma grandiflorum</i>	12	16,16	5,20	13,81		

Tabla 5. Diferencias estadísticas entre especies según el rango de clasificación obtenida a partir de la prueba no paramétrica de *Kruskal y Wallis*.

Especies	Ranking	Significancias ($p > 0.005$; letras distintas)			
<i>Pouteria caimito</i>	23,08	A			
<i>Syzygium malaccense</i>	40,50	A	B		
<i>Borojoa patinoi</i>	52,33		B	C	
<i>Rollinia mucosa</i>	59,33		B	C	D
<i>Eugenia stipitata</i>	60,33		B	C	D
<i>Inga edulis</i>	63,17		B	C	D
<i>Psidium guineense</i>	71,79			C	D
<i>Theobroma grandiflorum</i>	74,13			C	D
<i>Pourouma cecropiifolia</i>	78,50			C	D
<i>Artocarpus altilis</i>	81,83				D

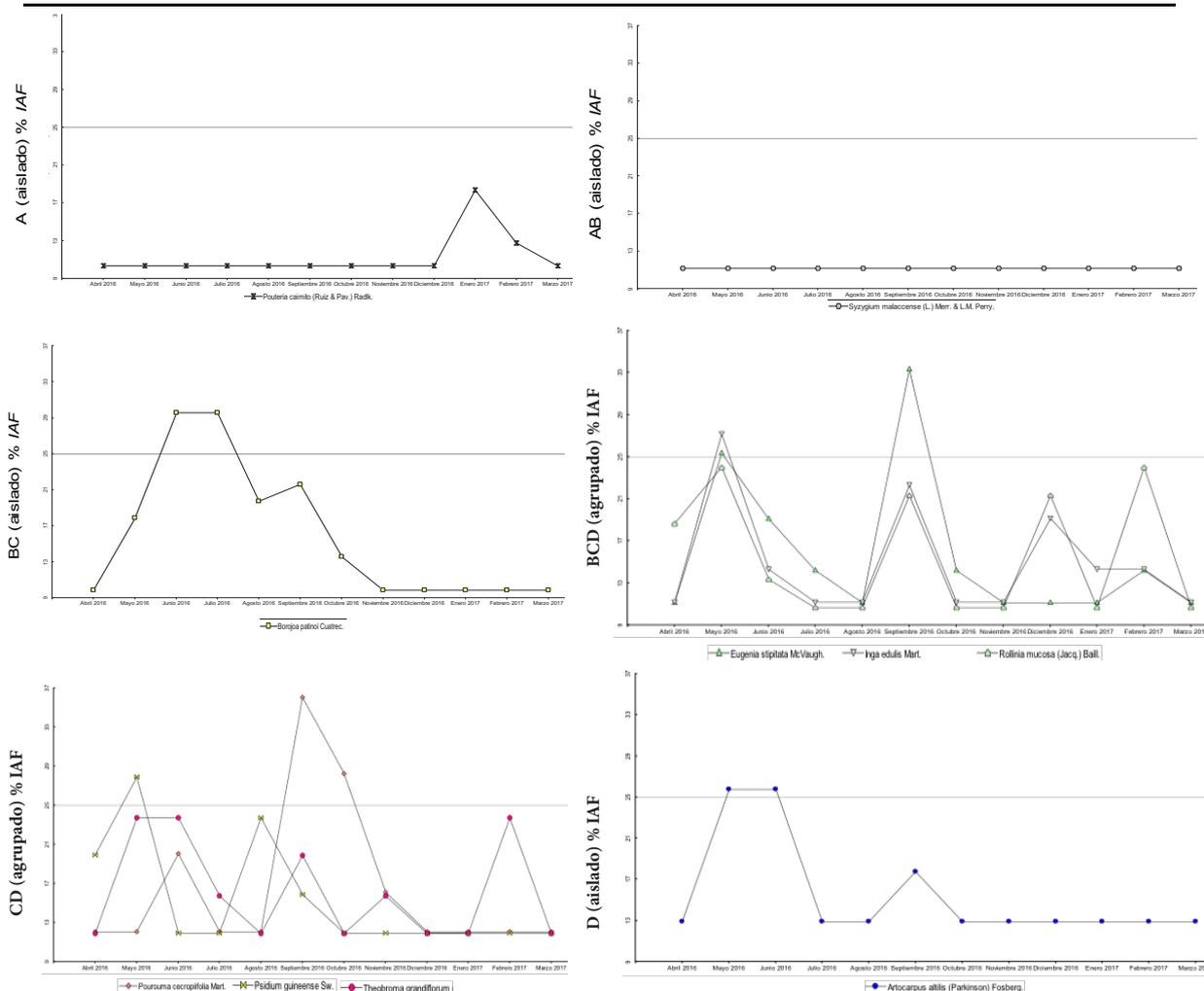


Figura 6. Patrones de actividad fenológica obtenidas de la prueba no paramétrica de *Kruskal y Wallis* (respecto a sus diferencias significativas $p > 0,005$). Su orden (letras mayúsculas) corresponde a lo presentado en la Tabla 5; en el eje x se representa los meses en estudio

■ DISCUSIÓN

Análisis exploratorio

El analizar patrones, desde los datos exploratorios vectoriales, podría ser bastante subjetivo; sin embargo puede ayudar a formular un contexto sobre un fenómeno estudiado en este caso los patrones fenológicos. Se puede afirmar que la simplificación, de los indicadores (floración, fructificación, volumen escalado), pueden describir patrones fenológicos entre las especies. Patrones fenológicos de las 10 especies frutales amazónicas en el jardín botánico de la Estación Experimental El Padmi.

Al estar relacionados sus indicadores de floración, fructificación y volumen escalado el índice es capaz de reflejar una dinámica integral (Guitton, 1960; Ruml y Vulić, 2005). El *IAF* permite tener una mejor visualización de la dinámica fenológica sin sobredimensionar el aporte de cada indicador; por ejemplo, el volumen de tallo (al presentar valores más altos respecto a los otros indicadores) podría sobreestimar la actividad fenológica en conjunto, pero la ponderación de cada valor permite dar mayor importancia a las características de floración y fructificación; que son las fases de interés en un posible manejo de frutales.

Patrón aislado

En la estación Experimental El Padmi al menos cuatro especies tienen patrones de actividad fenológica aislados, es decir, no expresan actividad en las mismas épocas o con la misma intensidad que las demás especies; estas tienen una dinámica única.

Pouteria caimito en El Padmi tiene actividad fenológica leve y podría deberse a la falta de eventos de fructificación, este fenómeno está influenciado por la presencia o ausencia de polinizadores; principalmente de abejas. El único pico de actividad fenológica leve (enero/febrero) de esta especie no está sincronizado a lo reportado en los bosques de la amazonia Central en Brasil, en donde se registra incluso tres eventos de floración al año en los meses de marzo/abril, mayo/junio y agosto/septiembre y para la fructificación en septiembre/diciembre (Falcão y Clement, 1999; Alves-Araújo, Swenson y Alves, 2014).

Syzygium malaccense en la estación Experimental El Padmi tiene actividad fenológica leve y no presenta floración ni fructificación; solamente es observable el incremento de volumen de tallo (con una intensidad de 2,46 de valor escalado) esto podría deberse a la falta de adaptabilidad o a la carencia de polinizadores locales de esta especie (Falcão, Paraluppi y Clement, 2002). Esta especie es introducida (originaria del Sureste de Asia) y generalmente tiene su pico de actividad fenológica en febrero/abril y octubre/diciembre en Malasia (Moneruzzaman, Nasrulhaq, Osman y Sharif, 2012), en tanto que en los Bosques Amazónicos de Brasil se puede apreciar dos eventos de actividad fenológica uno en la época lluviosa en marzo y otro en la época seca en julio/agosto (Falcão et al., 2002).

Borojoa patinoi en El Padmi podría tener influencia en la cantidad de árboles con flores masculinas y árboles con flores femeninas, ya que solamente la floración femenina es capaz de producir frutos (Giraldo, Rengifo, Aguilar, Gaviria y Alegría, 2004), la actividad fenológica moderada tiene picos en mayo/junio y la actividad fenológica leve tiene picos en agosto/octubre. Estas son relativamente similares a lo reportado en el Municipio de Lloró en Colombia donde registra

únicamente su actividad en abril/mayo; estos picos también podrían estar relacionados a la presencia de insectos (himenópteros) que permiten que los procesos fenológicos de fructificación puedan expresarse (Neita, Cortés y Madrigal, 2004).

Artocarpus altilis en El Padmi con su pico de actividad fenológica moderada en los meses de mayo/junio no concuerda con lo registrado en los bosques amazónicos de Brasil (época lluviosa en enero/marzo) y la actividad fenológica leve concuerda con lo reportado en la época seca en agosto/octubre; en Brasil la fructificación está presente durante todo el año. Esta especie también es introducida con origen desconocido y aunque la polinización no es fundamental para la fructificación esta especie podría estar interactuando con hormigas, mariposas y moscas (Falcão, Clement, Moreira, Chávez, Santiago, Freitas, 2001; Ragone, 2006).

Patrón agrupado

En el subgrupo conformado por *Eugenia stipitata*–*Inga edulis*–*Rollinia mucosa* los picos de actividad fenológica están en los meses de abril, septiembre y diciembre.

Eugenia stipitata tiene una actividad similar a la reportada en Costa Rica en donde la fructificación no suele ser alta y tiene al menos cuatro picos de actividad al año en los meses de abril, mayo, septiembre y octubre, la actividad fenológica leve podría estar relacionada a que el 25 % de la flores polinizadas producen fruto; esta especie puede interactuar con varias insectos del orden Hymenoptera (Escobar, Zuluaga, Cardenas y Rivas, 1999; Kanten y Beer, 2005).

Inga edulis tiene actividad fenológica similar a la reportada en la amazonia Central de Brasil con picos en marzo/mayo, agosto/septiembre, octubre/enero y abril/junio; esto también es similar a lo reportado en departamento del Quindío en Colombia respecto a la duración de sus procesos fenológicos de al menos tres meses seguidos (Falcão y Clement, 2000; Marín-Gómez, Castaño y Gómez, 2012)

Rollinia mucosa tiene actividad fenológica leve y podría estar relacionado a la producción frutos proviene del 35 % de sus flores según lo reportado en la amazonia Central de Brasil, esta especie requiere ser polinizada por lo que su interacción con escarabajos podría ser influyente. Respecto a su actividad fenológica coincide con al menos tres picos en mayo, septiembre y noviembre (Falcão, Lleras, Kerr y Medeiros Carreira, 1981; Martel, 2012).

En el subgrupo conformado por *Psidium guineense*–*Pourouma cecropiifolia*–*Theobroma grandiflorum* los picos de actividad fenológica están en los meses de abril/julio y agosto/noviembre.

Psidium guineense tiene una actividad fenológica (principalmente) leve y coincide con los picos reportados en la India en febrero/abril y agosto/septiembre (Alfia, Vasugi, Honnabyraiah, Adiga, Shivapriya, Vincen, 2017), en Costa Rica las referencias sugieren incluso cuatro picos de actividad fenológica en los meses de enero, marzo/abril, julio, noviembre/diciembre (Proença, Filer, Lenza, Silva y Harris, 2012).

Pourouma cecropiifolia tiene actividad fenológica de leve a moderada y coincide con los picos reportados en la amazonia de Brasil en abril/junio y octubre/enero, en cambio difiere muy poco con lo registrado en Venezuela en los meses de febrero/marzo y noviembre/diciembre; es posible que la actividad fenológica este influenciada por la estacionalidad de la época lluviosa y seca (Falcão y Lleras, 1980; Sánchez, Arends, Villarreal y Cegarra, 2005).

Theobroma grandiflorum con actividad fenológica leve coincide a la reportado en la amazonia de Brasil entre el mes de mayo y septiembre. Factores como la estacionalidad seca y la falta de polinizadores efectivos podría influir en el desempeño de la actividad fenológica, sobre todo en la producción de frutos (Falcão y Lleras, 1983; Venturieri, 2011).

■ CONCLUSIONES

Las variables fenológicas floración, fructificación e incremento de volumen de tallo son buenos indicadores de la actividad fenológica de las especies. El *IAF* basado en indicadores fenológicos permite agrupar patrones con características similares.

Existe una sincronización aceptable entre los picos determinados por el % *IAF* y los reportados en diferentes especies y localidades. El *IAF* propone una nueva alternativa para la estimación y agrupación de patrones de comportamiento de las especies; su validación y/o modificación podrían ayudar a entender de mejor manera los procesos fenológicos.

Contribución de los autores

Alex Cabrera conceptualizó la temática, procesó la información y elaboró el documento. Roberto Medina colectó la información de las especies en el marco del proyecto de Tesis de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja denominado “Crecimiento y fenología de diez especies frutales amazónicas, establecidas en el jardín botánico de la quinta El Padmi, Zamora Chinchipe”. Zhofre Aguirre dirigió el proyecto de tesis mencionado y revisó la versión final del manuscrito.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Agea, J. G., Obua, J., Kaboggoza, J. R., & Waiswa, D. (2007). Diversity of indigenous fruit trees in the traditional cotton-millet farming system: the case of Adwari subcounty, Lira district, Uganda. *African Journal of Ecology*, 39–43.
- Aguirre Mendoza, Z., & León Abad, N. (2011). *Sobrevivencia y crecimiento inicial de especies vegetales en el Jardín Botánico de la quinta El Padmi, Zamora, Chinchipe*. Arnaldoa, 115 - 122.
- Aguirre Mendoza, Z., Díaz Ordóñez, L. F., Palacios H., B. (2015). Fenología de especies forestales nativas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Cedamaz*, 68-80.
- Aguirre Mendoza, Z., Gaona Ochoa, T., Placios Herrera, B. (2014a). Dinámica de crecimiento de especies forestales establecidas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Cedamaz*, 62-75.
- Aguirre Mendoza, Z., Palacios Herrera, B., Aguirre, N. (2014b). Dinámica de crecimiento y fenología de un ensamble de especies forestales establecidas en el jardín botánico El Padmi, Zamora Chinchipe. *Cascarilla*, 18-22.
- Alfia, M., Vasugi, C., Honnabyraiah, M., Adiga, J., Shivapriya, M., Vincen, L. (2017). Phenological stages of wild species and cultivated species of guava (*Psidium guajava* L.). *Int. J. Pure App. Biosci.*, 464-474.

- Alvarez, G. (2014). Caracterización y potencial de uso de especies frutales nativas en la región sur de la amazonía ecuatoriana. *Cedamaz*, 54-62.
- Alves-Araújo, A., Swenson, U., Alves, M. (2014). A Taxonomic Survey of *Pouteria* (Sapotaceae) from the Northern Portion of the Atlantic Rainforest of Brazil. *Systematic Botany*, 915–938.
- Cañadas, L. (1983). *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Quito: PRONAREG.
- Dallmeier, F. (Ed.). (1992). *Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas: methods for establishment and inventory of permanent plots*. Paris: UNESCO.
- Davis, C. C., Willis, C. G., Primack, R. B., Miller-Rushing, A. J. (2010). The importance of phylogeny to the study of phenological response to global climate change. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 3201–3213.
- Escobar, C., Zuluaga, J., Cardenas, C., & Rivas, E. (1999). El cultivo de araza (*Eugenia stipitata* McVaugh) (Segunda ed.). Colombia: *Corpoica Regional* 10.
- Falcão, M. d., & Clement, C. R. (1999). Fenología e produtividade do abiu (*Pouteria caimito*) NA AMAZÔNIA CENTRAL. *Acta Amazônica*, 3-11.
- Falcão, M. d., Clement, C. R. (2000). Fenologia e produtividade do Infá-Cipó (*Inga edulis*) na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 173-180.
- Falcão, M. d., & Lleras, E. (1980). Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do Mapati (*Pourouma cecropiifolia* Mart.). *Acta Amazonica*, 711-724.
- Falcão, M. d., & Lleras, E. (1983). Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do cupaçu-*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. *Acta Amazonica*, 725-735.
- Falcão, M. d., Lleras, E., Kerr, W. E., & Medeiros Carreira, L. M. (1981). Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do biribá (*Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill.). *Acta Amazonica*, 297-306.
- Falcão, M. d., Paraluppi, N. D., & Clement, C. R. (2002). Fenologia e produtividade do jambo (*Syzygium malaccensis*) NA AMAZÔNIA CENTRAL. *Acta Amazonica*, 3-8.
- Falcão, M., Clement, C., Moreira Gomes, J. B., Chávez Flores, W., Santiago, F. F., Freitas, V. P. (2001). Fenologia e produtividade da fruta-pão (*Artocarpus Altilis*) e da Jaca (*A. heterophyllus*) na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 179-191.
- Fournier, L. (1974). Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, 422-423.
- Giraldo, C. I., Rengifo, L., Aguilar, E., Gaviria, D., & Alegría, Á. H. (2004). Determinación del sexo en borojó (*Borojoa patinoi*, Cuatrecasas) mediante marcadores moleculares. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 9-14.
- Guitton, H. (1960). Índices e indicadores. *Revista de Economía y Estadística*, 9-23.
- Kanten, R. v., & Beer, J. (2005). Production and phenology of the fruit shrub *Eugenia stipitata* in agroforestry systems in Costa Rica. *Agroforestry Systems*, 203–209.
- Marín-Gómez, O. H., Castaño, A. F., & Gómez, G. D. (2012). Fenología del guamo *Inga edulis* (FABALES: MIMOSOIDEAE) en dos agrosistemas del Quindío, COLOMBIA. *Revista de Investigaciones - Universidad del Quindío*, 127-133.
- Martel, C. (2012). Una nota adicional sobre la polinización en *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill., “La Anona”, en el sureste del Perú. *Xilema*, 88-93.

- Moneruzzaman Khandaker, M., Nasrulhaq Boyce, A., Osman, N., Sharif Hossain, A. (2012). Physiochemical and Phytochemical Properties of Wax Apple (*Syzygium samarangense* [Blume] Merrill & L. M. Perry var. Jambu Madu) as Affected by Growth Regulator Application. *The Scientific World Journal*, 1-13.
- Neita, J. C., Cortés, H., & Madrigal, A. (2004). Los himenópteros asociados a una parcela agroforestal de *Borojao patinoi*, *Cedrela odorata*, *Apeiba aspera* e *Inga spectabilis* en la granja de la Universidad del Chocó, municipio de Lloró, Chocó. *Revista Colombiana de Entomología*, 233-239.
- Proença, C. E., Filer, D. L., Lenza, E., Silva, J. S., & Harris, S. A. (2012). Phenological Predictability Index in BRAHMS: a tool for herbarium-based phenological studies. *Ecography*, 289–293.
- Ragone, D. (2006). *Artocarpus altilis* (breadfruit). Obtenido de <https://ntbg.org>
- Rocky Mountain Tree-Ring Research. (30 de Marzo de 2018). Rmtrr.org. Obtenido de <http://www.rmtrr.org/oldlist.htm>
- Ruml, M., & Vulić, T. (2005). Importance of phenological observations and predictions in agriculture. *Journal of Agricultural Sciences*, 217-225.
- Sánchez, D., Arends, E., Villarreal, A., & Cegarra, A. (2005). Fenología y caracterización de semillas y plantulas de *Pourouma cecropiifolia*. *Ecotrópicos*, 96-102.
- Sierra, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*. (R. Sierra, Ed.) Quito: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF Y EcoCiencia.
- Venturieri, G. A. (2011). Flowering levels, harvest season and yields of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*). *Acta Amazonica*, 143 - 152.