

Efecto de la humedad de suelo en los patrones fenológicos de tres especies de palmas en el Valle del Yeguaré

Johanna Anays Castillo Del Cid

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2012

ZAMORANO
DEPARTAMENTO DE AMBIENTE Y DESARROLLO

Efecto de la humedad de suelo en los patrones fenológicos de tres especies de palmas en el Valle del Yeguaré

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en
Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Johanna Anays Castillo Del Cid

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2012

RESUMEN

Castillo Del Cid, J.A. 2012. Efecto de la humedad de suelo en los patrones fenológicos de tres especies de palmas en el Valle del Yeguaré, Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 36 p.

Durante parte del 2012 se elaboró un diagnóstico fenológico de tres especies de palmeras mediante la humedad presente en el suelo como variable de análisis. Como muestras de estudio se tomaron 20 individuos de cada especie, de palma real (*Roystonea regia*), palma del orinoco (*Syagrus orinocensis*) y coyol (*Acrocomia aculeata*). El objetivo principal de la investigación fue determinar si el porcentaje de humedad del suelo es determinante en el comportamiento fenológico de los individuos. Se observaron las fenofases de fructificación, floración y la presencia de brotes como variables de respuesta. Se eligió como área de estudio el campus de la Escuela Agrícola Panamericana (Universidad Zamorano). La metodología de trabajo en campo consistió en asignar un código a cada individuo para su posterior reconocimiento y visitas semanales de observación. El porcentaje de humedad del suelo se obtuvo en dos momentos del estudio por cada individuo. Para el análisis de datos se utilizó análisis de varianza (ANOVA) y regresiones para determinar si existían relación entre las variables. Tomando en cuenta el patrón fenológico observado en las tres especies analizadas durante el estudio, no se detectó una influencia significativa del porcentaje de humedad en el suelo con el comportamiento fenológico para *Acrocomia aculeata* y *Syagrus orinocensis* pero si para *Roystonea regia*. Esto puede deberse a que existen otros factores ambientales de estrecha relación al desarrollo de las plantas no solo el porcentaje de humedad presente en el suelo. También puede deberse a una relación entre más de un factor climático.

Palabras clave: Brotes, floración, fenología, fructificación, palmeras.

CONTENIDO

	Portadilla	i
	Página de firmas	ii
	Resumen	iii
	Contenido	iv
	Índice de cuadros, figuras y anexos	v
1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4	CONCLUSIONES.....	21
5	RECOMENDACIONES.....	22
6	LITERATURA CITADA	23
7	ANEXOS	25

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros Página

1.	Cada una de las fenofases de las especies en estudio.....	7
2.	Patrón fenológico del coyol (<i>Acrocomia aculeata</i>) según el promedio semanal por individuo para cada fenofase. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.	8
3.	Patrón fenológico de la palma real (<i>Roystonea regia</i>) según el promedio semanal por individuo para cada fenofase. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.	11
4.	Cronograma fenológico anual para la palma real (<i>Roystonea regia</i>).....	12
5.	Patrón fenológico de la palma del orinoco (<i>Syagrus orinocensis</i>) según el promedio semanal por individuo para cada fenofase. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.	13

Figuras Página

1.	coyol (<i>Acrocomia aculeata</i>).	2
2.	palma real (<i>Roystonea regia</i>).....	2
3.	palma del orinoco (<i>Syagrus orinocensis</i>).	3
4.	La precipitación desde el 20 de marzo hasta 03 de junio de 2012, en el campus de la EAP.....	4
5.	La temperatura media semanal desde el 20 de marzo hasta 03 de junio de 2012 en el campus de la EAP.....	5
6.	Patrón fenológico para brotes del coyol (<i>Acrocomia aculeata</i>), representado por promedio semanal que es la cantidad aproximada de brotes presente para cada individuo por semana.	9
7.	Patrón fenológico de floración representado por el promedio semanal que es la cantidad aproximada de inflorescencias presente por cada individuo del coyol (<i>Acrocomia aculeata</i>).....	9
8.	Patrón fenológico para fructificación del coyol (<i>Acrocomia aculeata</i>), representado por el promedio semanal de frutos	

	aproximados, por categoría, presentes para cada individuo por semana.	10
9.	Patrón fenológico para brotes y flores de la palma real (<i>Roystonea regia</i>) representado por el promedio semanal que es la cantidad aproximada de inflorescencias y brotes presentes por cada individuo para cada semana.	11
10.	Patrón fenológico para fructificación de la palma real (<i>Roystonea regia</i>) representado por el promedio semanal que es la cantidad aproximada de frutos, por categoría, presentes por cada individuo para cada semana.	12
11.	Patrón fenológico para brotes de la palma del orinoco (<i>Syagrus orinocensis</i>) representado por el promedio semanal que es la cantidad aproximada de brotes presentes por cada individuo para cada semana.	14
12.	Patrón fenológico para floración de la palma del orinoco (<i>Syagrus orinocensis</i>) representado por el promedio semanal que es la cantidad aproximada de inflorescencias presentes por cada individuo para cada semana.	14
13.	Patrón fenológico para fructificación de la palma del orinoco (<i>Syagrus orinocensis</i>) representado por el promedio semanal.	15
14.	Relación entre la variación en el máximo de floración y el porcentaje de humedad en temporada seca para el coyol (<i>Acrocomia aculeata</i>). El máximo de floración es representado por el día Julián.	16
15.	Relación entre la variación en el máximo de floración y el porcentaje de humedad en temporada húmeda de suelo para el coyol (<i>Acrocomia aculeata</i>). El máximo de floración es representado por el día Julián.	16
16.	Relación entre la variación en el máximo de fructificación de frutos maduros y el porcentaje de humedad en temporada seca para la palma real (<i>Roystonea regia</i>). El máximo de fructificación es representado por el día Julián.	17
17.	Relación entre la variación en frutos maduros (representado por el día Julián) y el porcentaje de humedad de suelo calculado en la temporada húmeda para la palma real, (<i>Roystonea regia</i>).	18
18.	Relación entre la variación del máximo de frutos maduros y el porcentaje de humedad calculado en la temporada seca para la palma del orinoco (<i>Syagrus orinocensis</i>).	19
19.	Relación entre la variación del máximo de frutos maduros y el porcentaje de humedad calculado en la temporada húmeda para la palma del orinoco (<i>Syagrus orinocensis</i>)	19
20.	Floración y fructificación de los individuos de Palma de coyol (<i>Acrocomia aculeata</i>) encontrados en el Herbario Paul Standley.	20

Anexos	Página
1. Tabla de Excel utilizada para ordenamiento de los datos tomados en campo para la especie <i>Acrocomia aculeata</i>	25
2. Tabla de Excel utilizada para ordenamiento de los datos tomados en campo para la especie <i>Syagrus orinocensis</i>	26
3. Tabla de Excel utilizada para ordenamiento de los datos tomados en campo para la especie <i>Roystonea regia</i>	27

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un problema que se encuentra en el foco de estudio de los científicos de todo el mundo ya que está causando múltiples efectos directos e indirectos sobre el planeta (Moreno 2006). Dichos efectos son en su mayoría negativos. El calentamiento global genera impactos directos sobre la ecología de las plantas, esto causa cambios en sus patrones de conducta (Watkins 2007). Pronósticos realizados para el año 2050 en Honduras indican que habrían aumentos de temperatura media de 0.5°C–2°C y reducciones en precipitación promedio anual de 12 mm–16 mm (GIECC 2008).

Los ciclos biológicos naturales de organismos, como las plantas, se encuentran estrechamente relacionados con los factores ambientales con que interactúan. Todo estudio sobre conducta fenológica de un organismo es determinado gracias a una ciencia llamada fenología. Antiguamente se definía el término de fenología como un “estudio de los fenómenos biológicos en relación con el clima, particularmente en los cambios estacionales” (Real Academia Española 2006). Actualmente se profundiza más su significado como los fenómenos o eventos biológicos periódicos en relación con los factores ambientales y se consideran las variaciones estacionales de las condiciones climáticas. La fenología se puede dividir en fitofenología y zoofenología (Heuvelink *et al.* 1986). Según Hopp (1974), el término fenología fue utilizado por primera vez por el botánico belga Charles Morren en 1853. En la antigua China se desarrollaron calendarios fenológicos para la siembra de sus cultivos, convirtiéndolos en los primeros en conocer la fenología pero sin implementar el término.

Por otro lado, la disponibilidad de agua es un factor ambiental que se relaciona directamente con el desarrollo de las plantas ya que, del agua que estas toman, una parte es conservada en su masa y la mayor parte se utiliza en otros procesos importantes como la fotosíntesis o el transporte de nutrientes (Muñoz 2009). La disponibilidad de agua se ve influenciada directamente por el cambio climático. Las bajas o las alzas de las precipitaciones son las que determinan la disponibilidad de agua para la planta. Tomando en consideración estas informaciones, se tomará la humedad de suelo como un posible factor determinante en el comportamiento fenológico de las plantas. El porcentaje de humedad del suelo es un indicador de la disponibilidad de agua que tiene una planta.

La interés de realizar este estudio investigativo nace de la idea de investigar a profundidad la relación que existe entre la fenología y el porcentaje de humedad. El objetivo principal es contribuir al conocimiento de la relación entre cambio climático y los patrones de conducta fenológica de las especies *Acrocomia aculeata* (coyol), *Roystonea regia* (palma real) y *Syagrus orinocensis* (palma del orinoco). Se considera como variable de predicción

el porcentaje de humedad presente en el suelo y como variables de respuesta a los patrones fenológicos observados durante el estudio respectivamente. Esto se realizó con la finalidad de conocer el estatus real de la hipótesis inicial la cual plantea que existe una estrecha relación entre el porcentaje de humedad presente en el suelo y los patrones fenológicos de las tres especies en estudio. Adicionalmente el estudio será una contribución al Proyecto de monitoreo de fenología de especies presentes en el campus de Zamorano, desarrollado por el Herbario Paul C. Standley en el Valle del Yeguaré, Honduras

Las tres especies en estudio pertenecen a la familia de las Arecaceae también llamada Palmae o Palmaceae. En las especies estudiadas las flores se presentan en inflorescencias. Se incluye a continuación una breve descripción de cada especie estudiada.



Figura 1. Coyal
(*Acrocomia aculeata*).
Foto por: J. Castillo

Acrocomia aculeata o coyol (Figura 1) es nativa de todo el trópico americano extendiéndose desde México y América Central hasta Argentina, Bolivia y Paraguay. También está presente en las Antillas. El coyol es muy adaptable a climas variados; llega a encontrarse desde un clima tropical húmedo a seco hasta clima templado. Puede resistir heladas de -5°C sin presentar ningún tipo de daño. El coyol se ha encontrado en diferentes tipos de suelo (se exceptúan los suelos anegados) con variaciones de pH de 4.5 a 7. Su utilidad es variada, por ejemplo en Honduras la palma es talada y la sabia se recoge, se fermenta y se vende como vino de palma (Balick 1979). Esto es tradicional para el periodo de Semana Santa en el Departamento de Olancho, Honduras. En general la palma tiene uso artesanal, consumo humano, medicinal y alimentación animal entre otros usos. El coyol presenta una altura promedio de 4 a 11 m y un diámetro de 10 a 25 cm (Henderson *et al.* 1995). Hojas pinnadas y alternas extendidas al ápice del tronco, de 2–4 m de largo. La inflorescencia es una panícula de 50–150 cm de largo, inserta entre las bases de las hojas. El fruto es redondeado, de 2.5 a 5 cm de diámetro (Henderson *et al.* 1995).



Figura 2. Palma real
(*Roystonea regia*).
Foto por: J. Castillo.

La *Roystonea regia* o palma real (Figura 2) fue decretada como árbol nacional en Cuba. La palma real llega a medir de 7 a 30 m y a obtener un diámetro de 40 a 57 cm. En la parte gruesa de su tronco puede medir de 60 a 75 cm. Las hojas de la palma real son pinnadas y tienen de 15 a 18 hojas en su copa (Henderson *et al.* 1995). Sus usos son variados: ornamental, artesanal, extracción de aceite, construcción y alimentación animal.



Figura 3. Palma del orinoco
(*Syagrus orinocensis*).
Foto por: J. Castillo.

Syagrus orinocensis o palma del orinoco (Figura 3) puede encontrarse en forma solitaria o en agrupaciones. La palma del Orinoco llega a tener una altura que va desde 1 a 12 metros con un diámetro de 8 a 15 cm. Normalmente presenta de 8 a 10 hojas en su copa las cuales tienen una longitud de 3 m aproximadamente. Su fruto presenta de 2.5 a 3.4 cm de longitud y un diámetro de 2 a 3 cm, son de color amarillo o marrón (Henderson *et al.* 1995). En sus zonas originarias (Colombia y Venezuela) son usadas para alimentación de ganado y como material artesanal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se llevó a cabo dentro de los terrenos de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP). La escuela cuenta con una extensión de 5,000 ha (T. Longwell, com. pers.). La escuela se encuentra en el Valle del Yeguary, ubicado en el Municipio de San Antonio de Oriente en el Departamento de Francisco Morazán, Honduras.

El Servicio Meteorológico Nacional de Honduras, en su página web, afirma que el clima para la zona de Francisco Morazán tiene una precipitación anual media de 1,004 mm., con 118 días de lluvias y una humedad relativa promedio de 70%. La temperatura media anual es de 24.9 °C con una máxima de 27.1 °C en abril y una mínima de 22.7 °C en enero para los lugares a 500 msnm. La precipitación y la temperatura del periodo de investigación fueron proporcionadas por los encargados del Módulo de Maquinaria y Riego de la EAP quienes tienen a su cargo la estación climática del campus de Zamorano. Durante el 20 de marzo hasta el 03 de junio del 2012, período en que se realizó la investigación, hubo una precipitación de 438.4 mm y una temperatura promedio de 24°C a 800 msnm (Figuras 4 y 5).

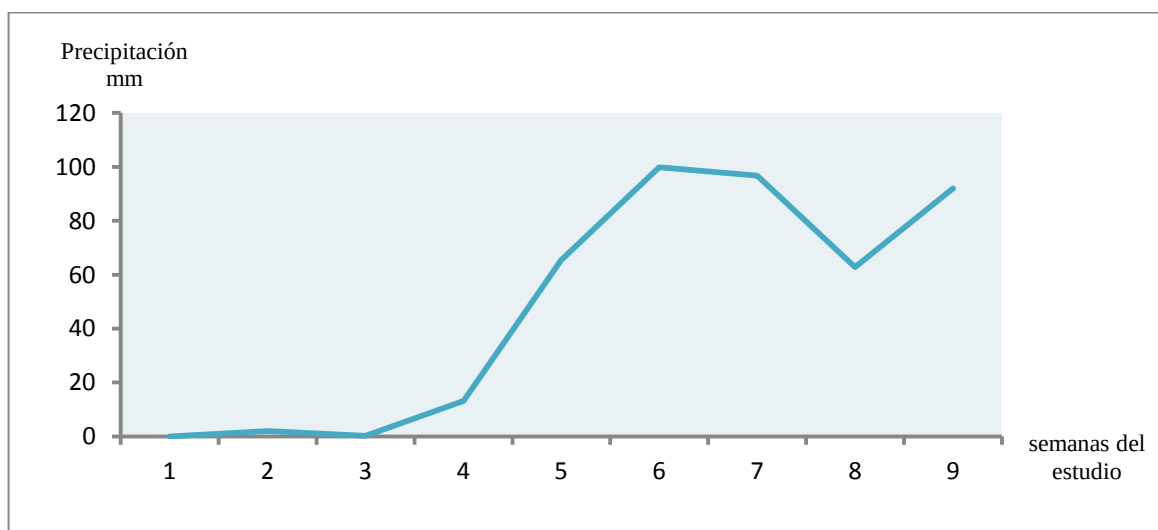


Figura 4. La precipitación desde el 20 de marzo hasta el 03 de junio de 2012, en el campus de la Escuela Agrícola Panamericana.

Fuente: Módulo de Maquinaria y Riego de Zamorano, 2012.

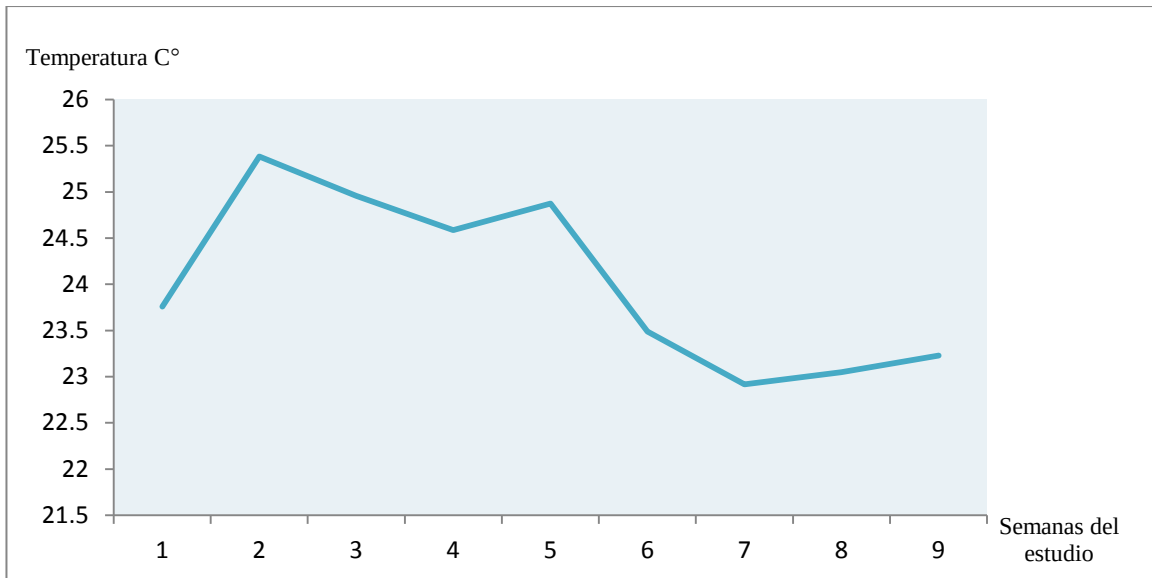


Figura 5. La temperatura media semanal desde el 20 de marzo hasta el 03 de junio de 2012 en el campus de la Escuela Agrícola Panamericana.

Fuente: Módulo de maquinaria y riego de Zamorano, 2012.

Toma de datos. Se realizaron ocho recolecciones de datos por individuo, en su mayoría semanalmente. Las primeras observaciones tardaron nueve o diez días entre observaciones. El lapso entre observaciones de las primeras semanas fuera más prolongado debido a los trabajos de reconocimiento de los individuos, las marcaciones y la toma de datos no fenológicos. Estos se realizaron únicamente en las primeras semanas. En total se recolectaron datos por 10 semanas desde el día 20 de marzo hasta el 3 de junio de 2012. Cada semana se realizaron giras de campo para reconocer los patrones fenológicos en cada uno de los individuos seleccionados. Las principales características a cuantificar fueron la floración, la fructificación y la presencia de brotes de flores. También se tomaron otros datos como la elevación, las coordenadas y la circunferencia.

Selección de las muestras. Se identificaron 20 individuos de cada especie. Los individuos fueron seleccionados por características como imagen saludable y distancia entre los individuos. La finalidad fue evitar considerar individuos poco productivos o muertos y lograr una independencia de datos entre los individuos. Se determinó que la distancia mínima que debía existir entre los individuos era de 50 m. A pesar de los esfuerzos de seleccionar individuos en buen estado de salud, algunos no presentaron actividad productiva durante el estudio, por lo cual solo fueron incluidos en el análisis 19 individuos del coyol, 19 individuos de palma real y 17 individuos de palma del orinoco.

A cada individuo se le colocó una placa de aluminio con un código de reconocimiento para facilitar la ubicación en el trabajo de campo y la organización de los datos obtenidos. También se utilizaron otras herramientas como el GPS para conocer las coordenadas de cada individuo y así utilizarlas para localizaciones en los futuros monitorios del proyecto a largo plazo del Herbario Paul C. Standley de Zamorano. Los datos observados en el

campo fueron anotados en hojas de los registros de visitas y posteriormente fueron introducidos a una base de datos elaborada en Microsoft Excel para futuros usos.

La clasificación que se utilizó para determinar la fenología de los individuos fue subcategorizada (Cuadro 1). Existen dos subcategorías dentro de floración: la primera etapa de brotes y su posterior etapa de inflorescencias desarrolladas. Por su parte, la fructificación fue subcategorizada en tres etapas de evolución del fruto. La primera etapa fué denominada “joven” y se categorizaba por ser los primeros botones de color verde que se presentaban hasta que pasaban a un tamaño medio sin cambiar de color. La segunda etapa fue denominada “verde” y se caracterizaba por presentar una pigmentación verde oscuro hasta alcanzar los mayores tamaños posibles sin cambiar de color. La última etapa fue denominada “maduro” y se refiere a la presencia de los frutos que empiezan a presentar una pigmentación amarillenta que posteriormente pasa a ser naranja en el caso de palma del orinoco, chocolate en el caso del coyol y rojo en el caso de la palma real.

Recolección de muestras de suelo. Las muestras fueron tomadas para conocer el porcentaje de humedad presente en el suelo y así poder estimar si existía una relación entre los patrones fenológicos y la humedad de suelo. Las muestras se recolectaron a 30 cm de profundidad ya que la profundidad promedio de raíces de las especies no supera los 3 m ya que las raíces de las palmas son superficiales. Se utilizó un barreno para extraer las muestras las cuales tomaron a tres pasos del tronco del árbol. Se tomó una muestra por cada individuo en dos ocasiones, una para la semana tres, durante el periodo seco (poca precipitación) y en la semana seis, durante el periodo húmedo (aumento considerable de la precipitación). Las muestras fueron posteriormente llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Zamorano para realizar los análisis de porcentaje de humedad. El primer paso para realizar el proceso de laboratorio fue colocar las muestras en bolsas especiales para soportar el calor del horno. La bolsa para horno fue pesada y posteriormente se colocó la muestra de suelo dentro de la bolsa. Debía calcularse el peso inicial real de la muestra restando el peso de la bolsa de horno. Se secaron las muestras en el horno del laboratorio por dos a tres días y luego se pesaron nuevamente. El paso final fue calcular el porcentaje de humedad el cual se obtuvo multiplicando el peso final por 100 y el resultado debía dividirse entre el peso inicial.

Análisis. Las variables consideradas para el análisis fueron porcentaje de humedad (variable independiente o de predicción) y los tiempos de máxima floración y fructificación (variables de respuesta) representadas por el día Julián para el nivel máximo de presencia. El día Julián consiste en el número de día que ha pasado desde el inicio del año. De igual forma se realizó la verificación del cumplimiento de los supuestos del Análisis de Varianza por medio de gráficos generados por el programa MINITAB. No hubo violación de los supuestos de normalidad de residuos, homogeneidad de varianza ni linealidad.

Cuadro 1. Cada una de las fenofases de las especies en estudio.

	Floración		Fructificación		
	Brotes	Flores	Joven	Verde	Maduro
<i>Acrocomia aculeata</i>					
<i>Roystonea regia</i>					
<i>Syagrus orinocensis</i>					

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Patrones Fenológicos.

***Acrocomia aculeata* (coyol).** En el patrón fenológico para *Acrocomia aculeata* se observó un pico de brotes para la semana cuatro durante el periodo de estudio. Se utilizó un promedio del conteo de brotes, flores o frutos (por árbol por semana). Para determinar el promedio semanal se consideraron todos los individuos muestreados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Patrón fenológico del coyol (*Acrocomia aculeata*) según el promedio semanal por individuo para cada fenofase. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Fechas	20 - 29 marzo	30 mar - 11 abril	12 - 19 abril	28 abr - 04 mayo	05 - 13 mayo	14 - 19 mayo	20 - 27 mayo	28 mayo - 03 junio
Brotes	0.85	1.35	1.35	1.85	1.55	1.15	1.05	1.00
Flores	0.20	0.40	0.65	0.95	1.10	0.80	0.60	0.50
Fruto Joven	0.10	0.05	0	0.45	0.80	0.90	1.15	1.15
Fruto Verde	0.70	0.30	0.30	0.15	0.05	0.50	0.65	0.75
Fruto Maduro	3.45	3.05	2.80	1.85	1.70	0.85	0.40	0.55

El punto máximo de la fenología de brotes se observó en la semana cuatro (Figura 6). Durante el periodo de estudio se presencié un periodo de ascenso de brotes, un punto máximo y un descenso del mismo. Un caso similar se presentó para la fenología en floración del coyol (Figura 7).

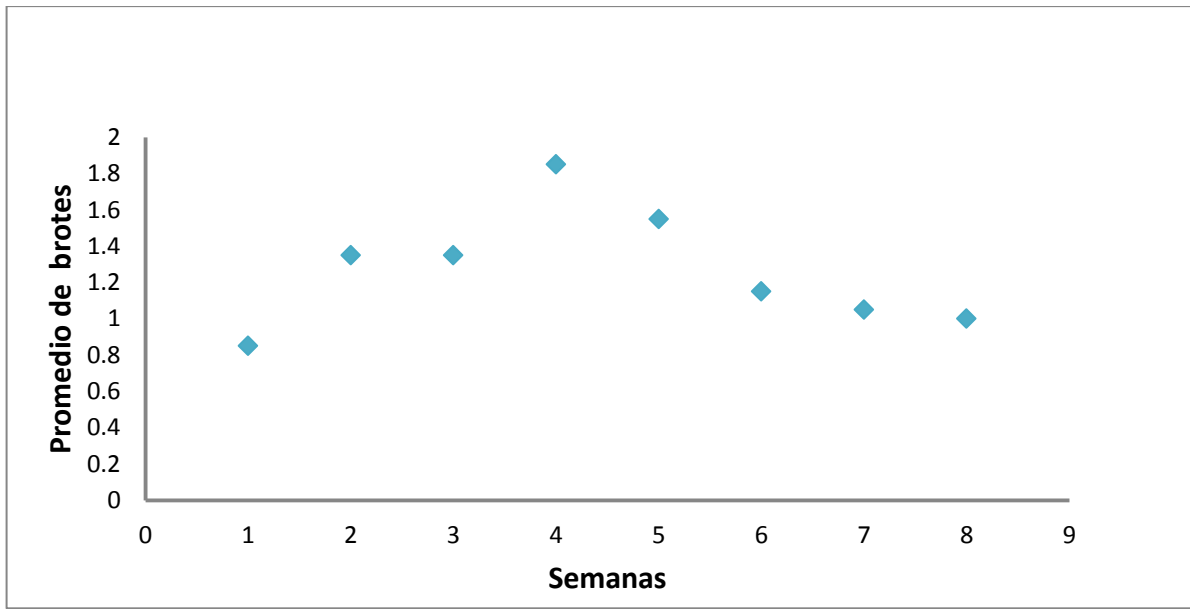


Figura 6. Patrón fenológico para brotes del coyol (*Acrocomia aculeata*) según el promedio semanal de brotes por individuo. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

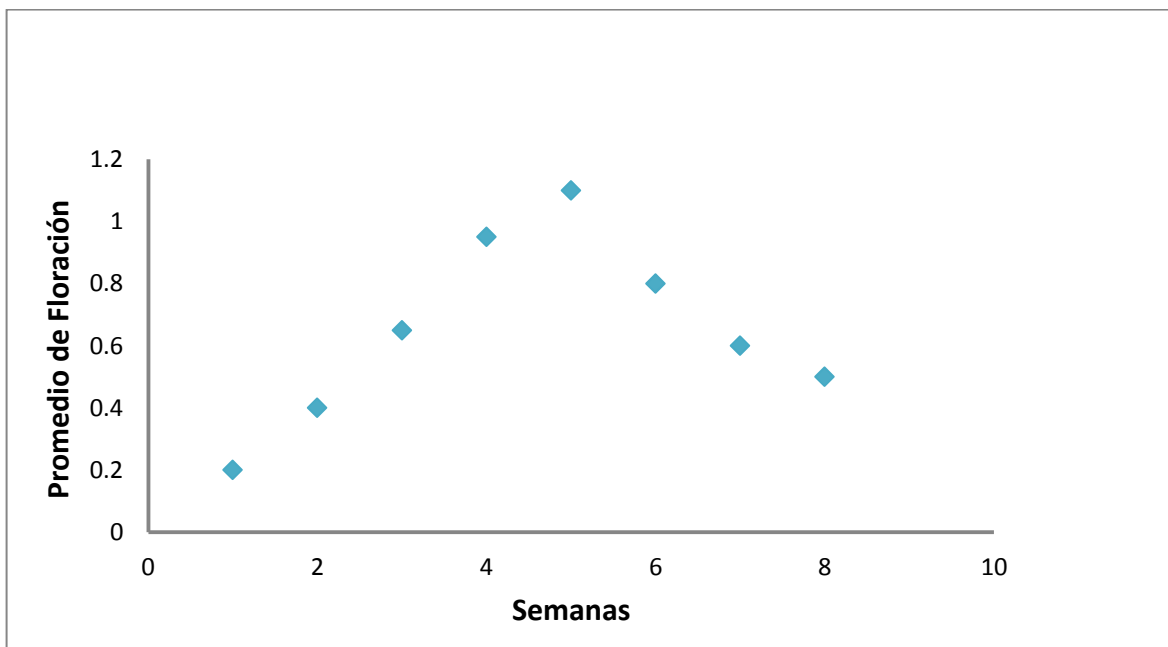


Figura 7. Patrón fenológico de floración para coyol (*Acrocomia aculeata*) según el promedio semanal de inflorescencias por individuo. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

La fructificación presenta diferentes fenofases en distintos tiempos del año. Durante el tiempo de estudio se observó un orden lógico entre los ascensos y descensos de las distintas fenofases de fructificación (Figura 8).

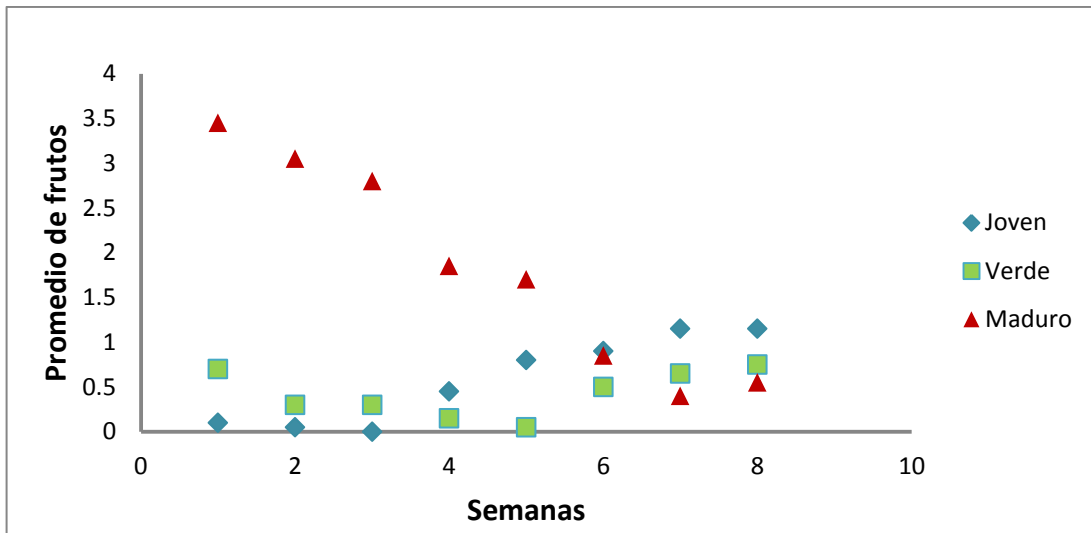


Figura 8. Patrón fenológico para fructificación del coyol (*Acrocomia aculeata*) según el promedio semanal de frutos por individuo para cada fenofase. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

***Roystonea regia* (palma real).** Para determinar el patrón fenológico para la palma real se utilizó el mismo método que en el coyol (Cuadro 3). Las observaciones comenzaron con presencia de frutos jóvenes y verdes en mayor cantidad que en el resto de las fenofases. Esto podría indicar que al momento de iniciar la investigación se presentaba un ciclo avanzado de fructificación. Posteriormente predominan los frutos verdes y para la semana siete se aprecia un punto máximo en brotación lo que podría confirmar que existía un ciclo anterior que cerraba para dar paso a un nuevo ciclo.

Cuadro 3. Patrón fenológico de la palma real (*Roystonea regia*) según el promedio semanal por individuo para cada fenofase. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Fechas	20 - 29 marzo	30 marzo - 11 abril	12 - 19 abril	28 abr - 04 mayo	05 - 13 mayo	14 - 19 mayo	20 - 27 mayo	28 mayo - 03 jun
Brotes	0.55	1.00	0.85	1.35	1.10	1.35	1.75	1.60
Flores	0.20	0.05	0.10	0.20	0.45	0.25	0.10	0.20
Fruto Joven	1.00	0.45	0.40	0.20	0.25	0.40	0.45	0.35
Fruto Verde	1.50	1.70	1.65	1.20	1.10	1.00	0.95	0.90
Fruto Maduro	1.05	1.05	1.00	1.55	1.45	1.10	1.05	0.95

Al parecer no existe un patrón lógico entre la presencia de los brotes y las flores, de forma individual, con relación al tiempo. En teoría si los brotes aumentan deben aumentar las flores pero no parece ser así (Figura 9).

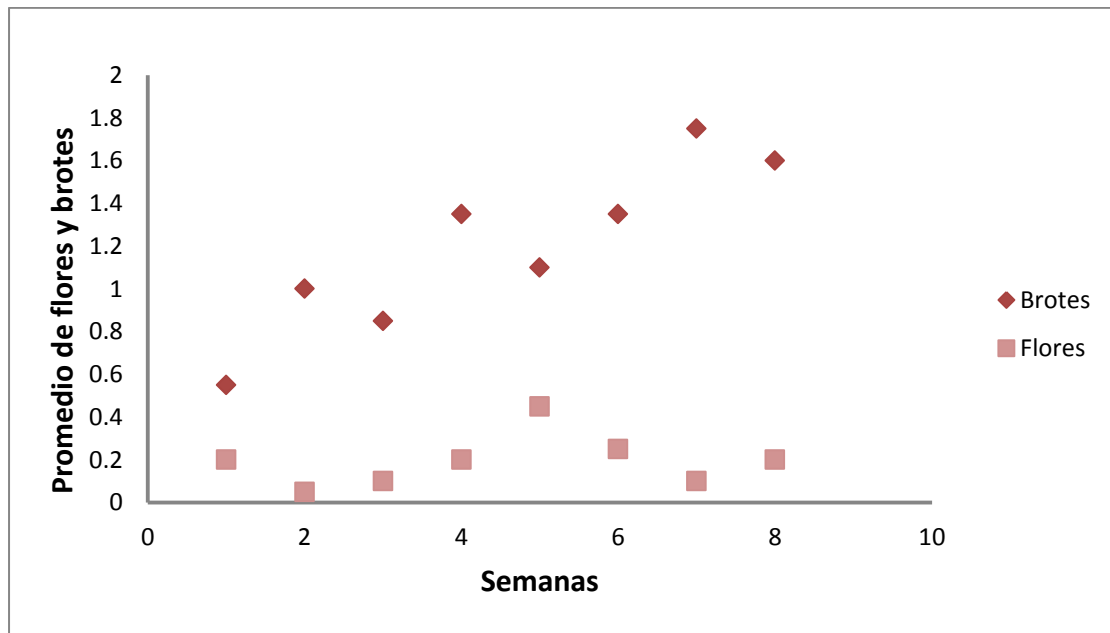


Figura 9. Patrón fenológico para brotes y flores de la palma real (*Roystonea regia*) según el promedio semanal de brotes y flores por individuo para cada fenofase. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

Sin considerar la variable tiempo existe una relación entre presencia de brotes y flores en la figura 9. Si los brotes aumentan las flores disminuyen y viceversa lo que indica que al culminar la brotación se da paso a la floración. Esta teoría es respaldada por otros estudios que afirman que la palma real es una especie que florece a través de todo el año (Francis 1992). Según la información encontrada en la página web del Herbario del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), la palma real florece y fructifica la mayor parte del tiempo (Cuadro 4). En resumen la presencia de flores está determinada por la presencia de brotes y no se rige por un tiempo o estación específica del año lo que produce un comportamiento fenológico de apertura y cierre de varios ciclos de reproducción al año.

Cuadro 4. Cronograma fenológico anual para la palma real (*Roystonea regia*).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Flor				X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fruto	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: página web del Herbario del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY).

Tienen relación los ascensos o descensos de una categorización de fruto con la fase que le sigue (Fig. 10). A pesar de lo anterior se determinó una discrepancia entre las tres categorías de frutos lo que indica que existen otras variables más relacionadas, que determinan el patrón de varianza. No obstante se puede observar una continuidad entre cada categoría.

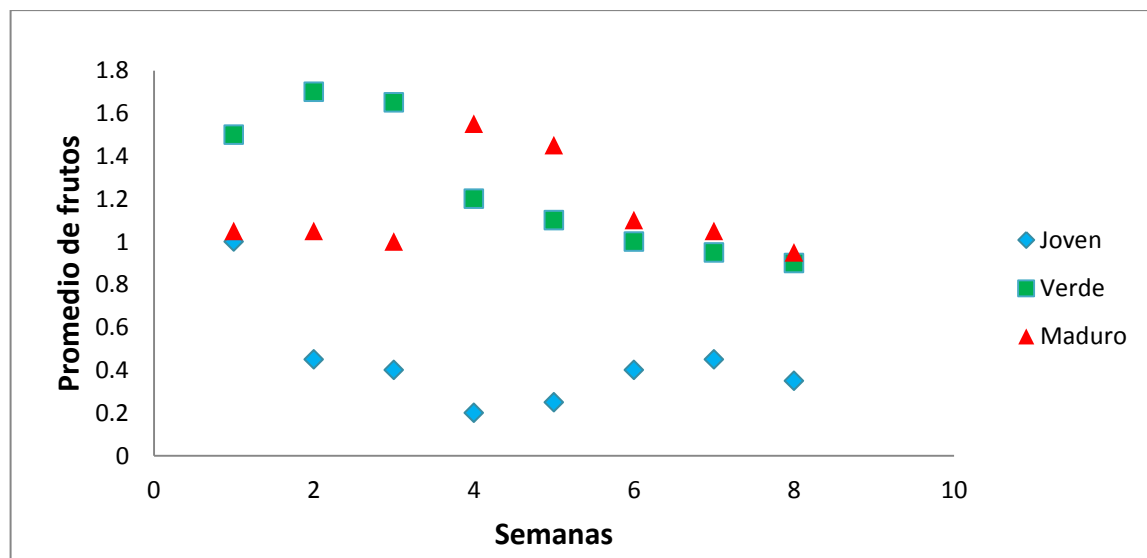


Figura 10. Patrón fenológico para fructificación de la palma real (*Roystonea regia*) según el promedio semanal de frutos por individuo para cada fenofase. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

***Syagrus orinocensis* (palma del orinoco).** El patrón fenológico de la palma del orinoco siguió un patrón relativamente normal donde cada fenofase de la palmera era remplazado por la siguiente (Cuadro 5). La única discrepancia aparente es la deficiencia que existió con el fruto de categoría joven.

Cuadro 5. Patrón fenológico de la palma del orinoco (*Syagrus orinocensis*) según el promedio semanal por individuo para cada fenofase. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Fechas	20 - 29 marzo	30 marzo - 11 abril	12 - 19 abril	28 abril - 04 mayo	05 - 13 mayo	14 - 19 mayo	20 - 27 mayo	28 mayo - 03 junio
Brotes	0	0.20	0.15	0.20	0.15	0.20	0.45	0.70
Flores	0.25	0.20	0.05	0.05	0.05	0.10	0.15	0.15
Fruto Joven	0.15	0.10	0.25	0.05	0	0	0	0
Fruto Verde	1.00	0.80	0.65	0.70	0.70	0.35	0.30	0.10
Fruto Maduro	0.80	0.90	0.90	0.90	0.85	0.90	0.75	0.55

La observación de brotes comenzó con una presencia nula de los mismos y fue ascendiendo hasta tomar un máximo de brotación en la semana 8 (Figura 11). A diferencia de las especies anteriores (*Acrocomia aculeata* y *Roystonea regia*) la floración de la palma del orinoco (*Syagrus orinocensis*) presentó una fase de descenso. La floración llegó a un punto mínimo que se presentó durante la semana tres y perduró hasta las semanas cuatro y cinco. Continuó con un aumento en la semana siete, que permaneció hasta la última semana del estudio (Figura 12).

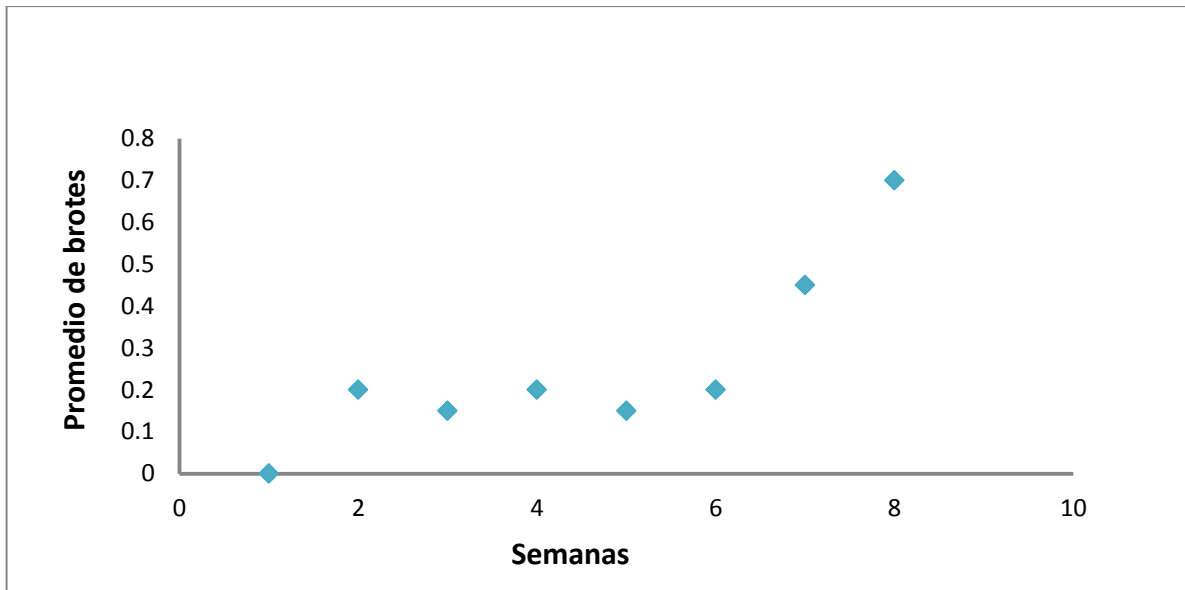


Figura 11. Patrón fenológico para brotes de la palma del orinoco (*Syagrus orinocensis*) según el promedio semanal de brotes por individuo. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

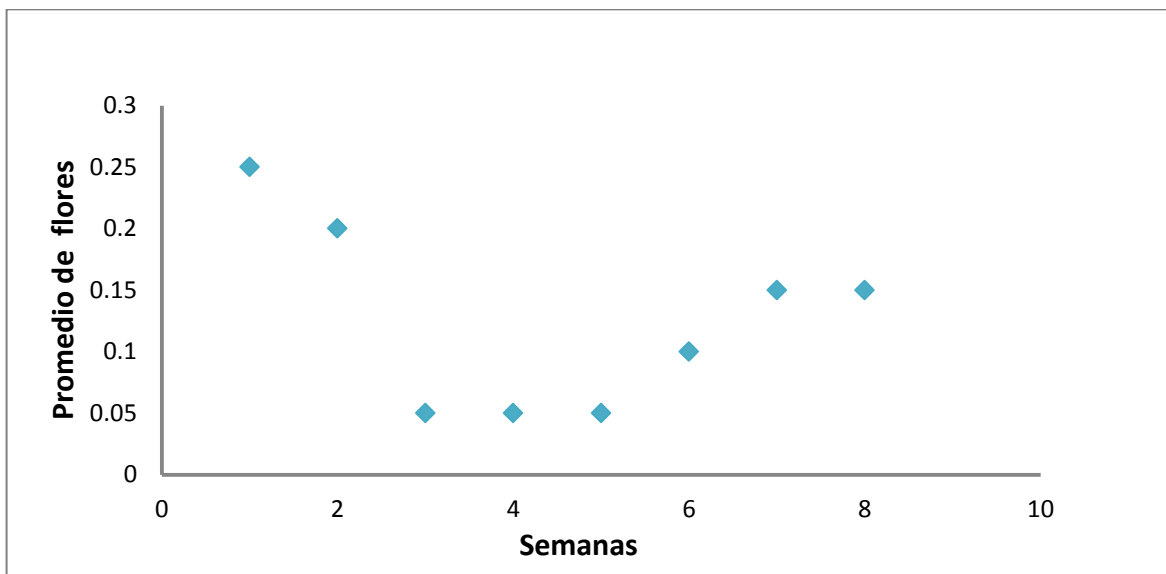


Figura 12. Patrón fenológico para floración de la palma del orinoco (*Syagrus orinocensis*) según el promedio semanal de inflorescencias por individuo. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

El patrón para fructificación de la palma del orinoco. Tiene una estrecha relación entre cada una de sus fenofases o categorías (Figura 13). Se observó una disminución de los frutos jóvenes durante el periodo de estudio. Dicho descenso fue seguido por los frutos verdes y los maduros. En conclusión la fructificación de la palma del orinoco esta

íntimamente influenciada por sus fenofases anteriores, es decir que si una falta la cadena normal de reproducción se ve afectada y pierde el orden.

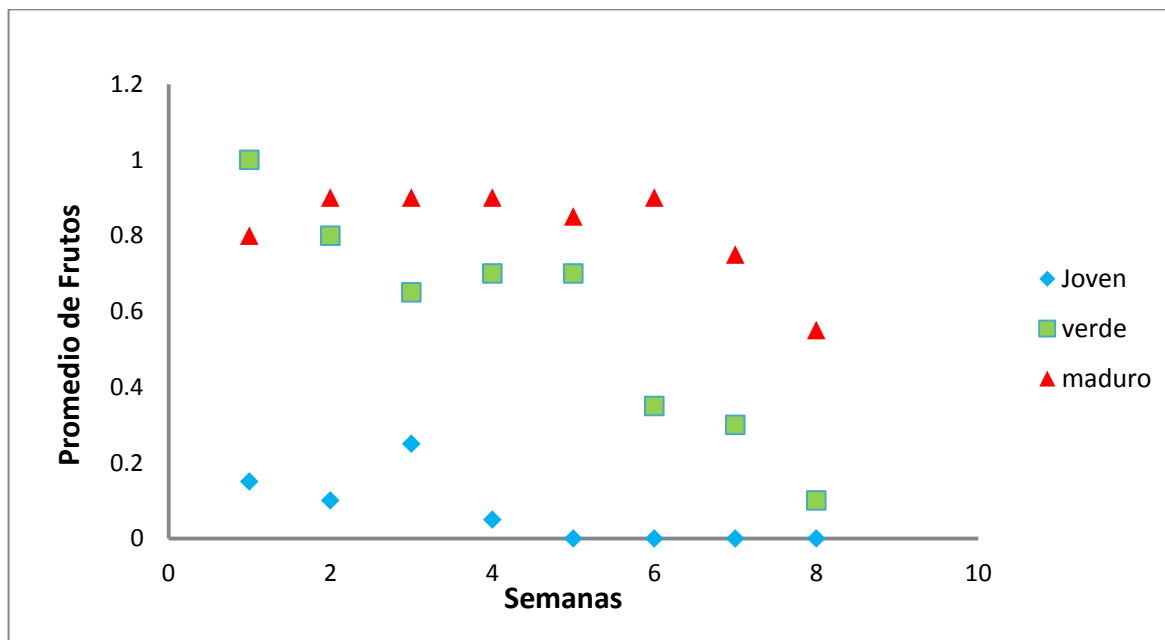


Figura 13. Patrón fenológico para fructificación de la palma del orinoco (*Syagrus orinocensis*) según el promedio semanal de frutos por individuo para cada fenofase. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

Influencia del porcentaje de humedad en los patrones fenológicos.

***Acrocomia aculeata* (coyol).** No se determinó una relación significativa entre la humedad del suelo y la floración máxima del coyol. El coeficiente de la regresión para porcentaje de humedad en temporada seca fue de 0.0 % con un valor de probabilidad (P) de 0.33 (Figura 14). Para porcentaje de humedad en temporada húmeda el coeficiente de la regresión fue de 0.0% con un valor P de 0.89 (Figura 15). En el caso de la relación entre el porcentaje de humedad en la temporada seca y la fenología de flores el valor P representa 33% de probabilidad que la hipótesis nula sea correcta y en temporada húmeda con 89%. No se puede rechazar la hipótesis nula y se asume que la variación en la fecha de floración máxima en coyol es consecuencia de otra variable y no por el porcentaje de humedad del suelo.

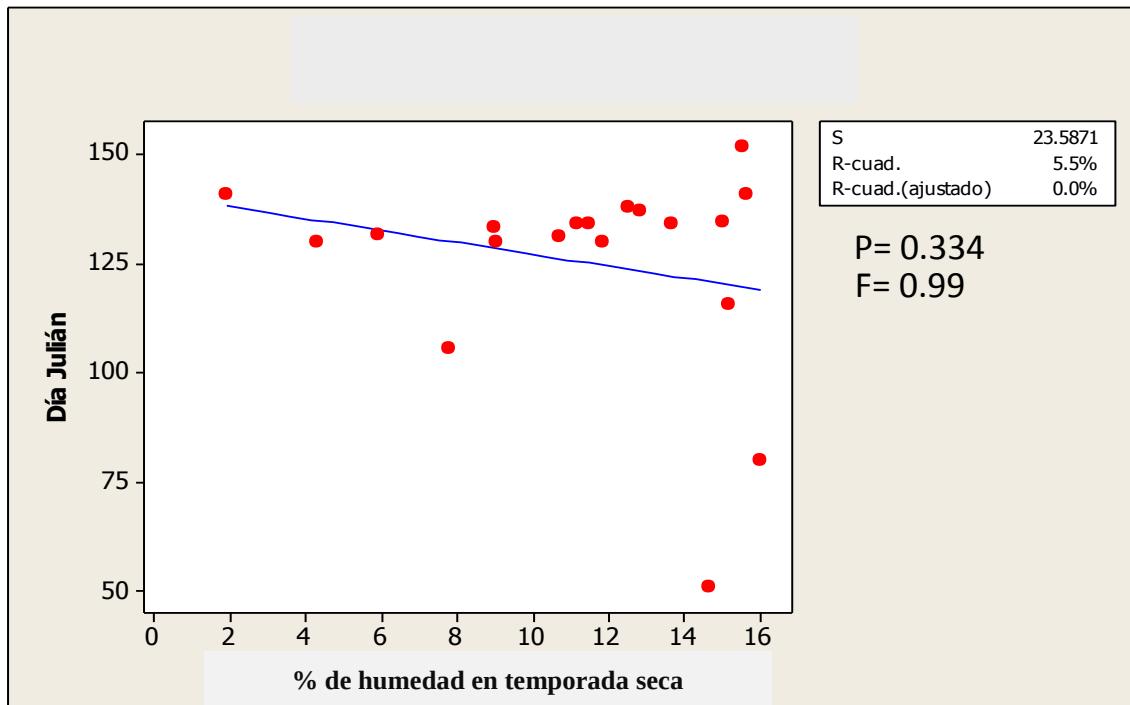


Figura 14. Relación entre la variación en el máximo de floración, representado por el día Julián, y el porcentaje de humedad de suelo en temporada seca para el coyol (*Acrocomia aculeata*). Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

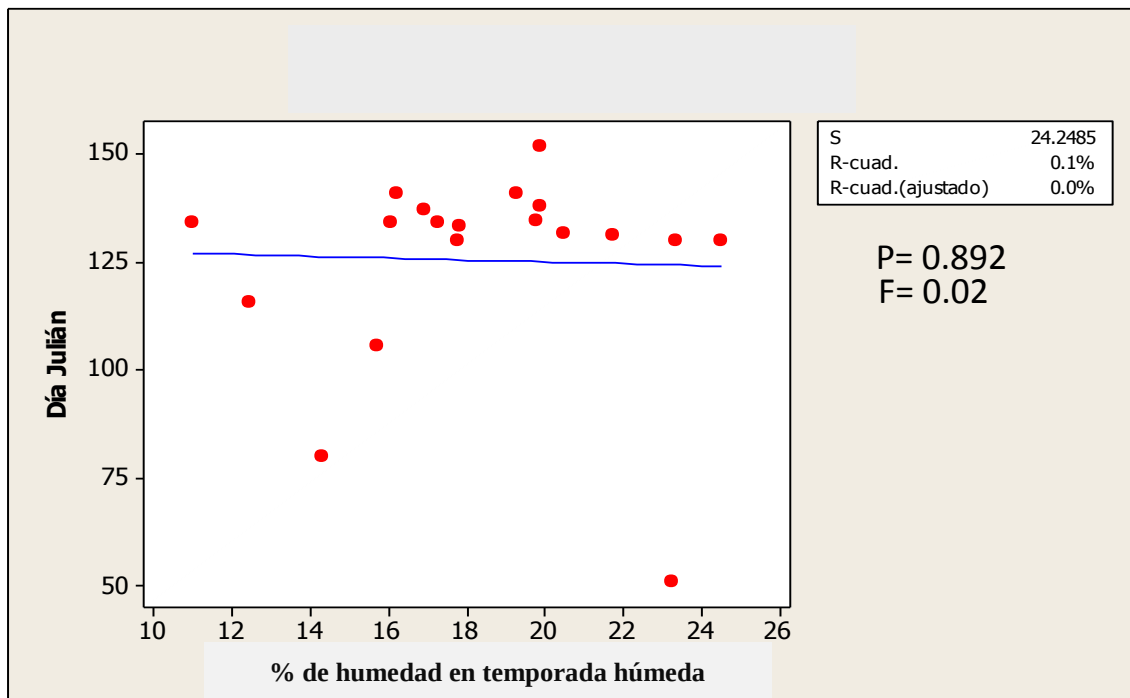


Figura 15. Relación entre la variación en el máximo de floración, representado por el día Julián, y el porcentaje de humedad de suelo en temporada húmeda de suelo para el coyol (*Acrocomia aculeata*). Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

***Roystonea regia* (palma real).** El coeficiente de regresión para porcentaje de humedad en temporada seca fue de 58.7% (Figura 16) y representa la alta relación que existe entre ambas variables. El valor P es menor al 1% (Figura 16) y permite rechazar la hipótesis nula.

El valor del coeficiente de la varianza para temporada húmeda indica que el 39.1% de la varianza es explicada por la variable de predicción (Figura 17). El análisis también da un valor p de 0.004 lo que permite confiar en la hipótesis inicial y rechazar la hipótesis nula.

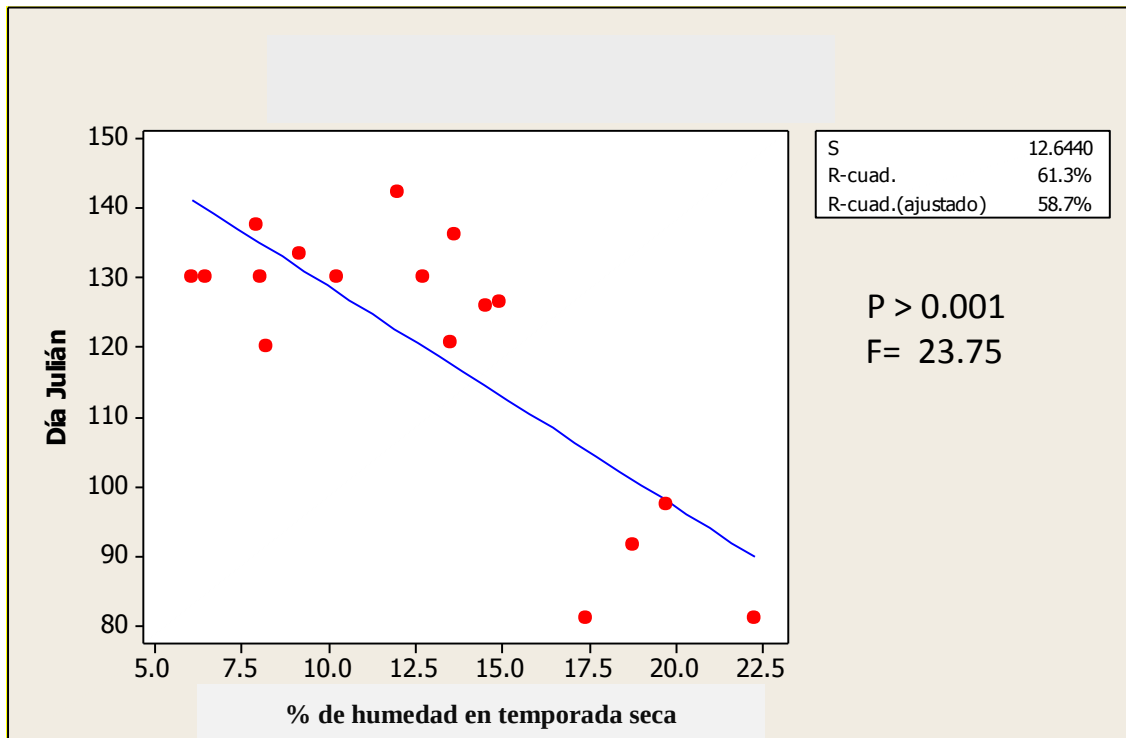


Figura 16. Relación entre la variación en el máximo de fructificación de frutos maduros, representado por el día Julián, y el porcentaje de humedad de suelo en temporada seca para la palma real (*Roystonea regia*). Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

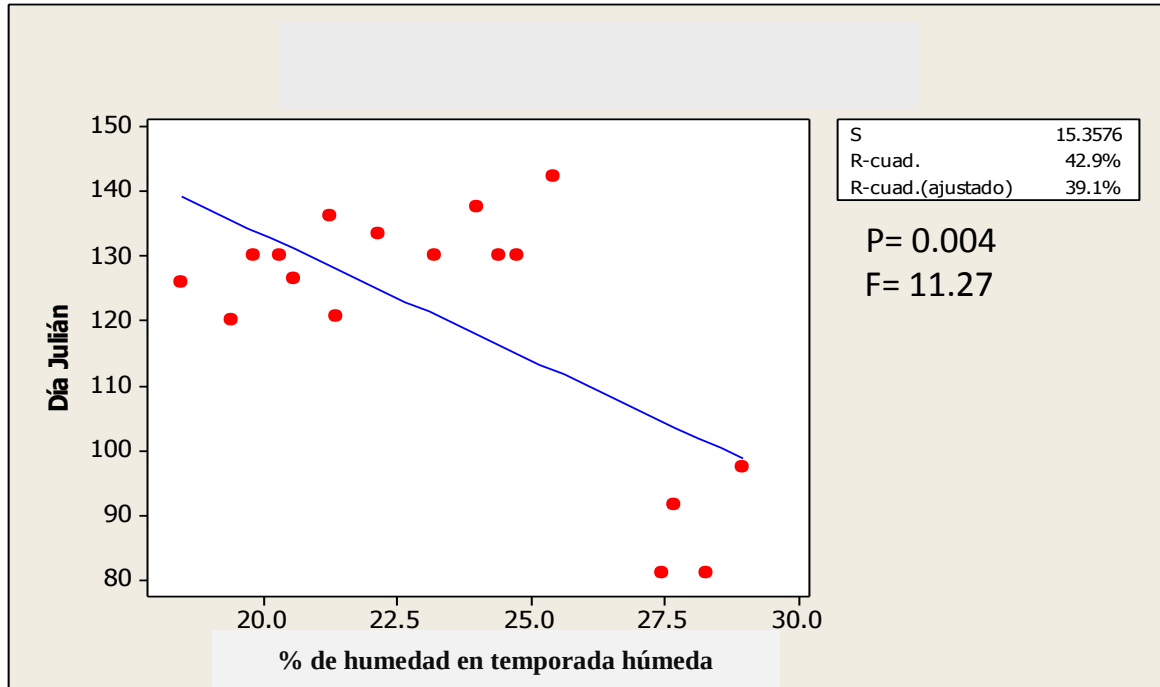


Figura 17. Relación entre la variación en frutos maduros, representado por el día Julián, y el porcentaje de humedad de suelo calculado en la temporada húmeda para la palma real, (*Roystonea regia*). Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

***Syagrus orinocensis* (palma del orinoco).** Los resultados de regresión para la relación entre el porcentaje de humedad del suelo en el tiempo seco y el máximo de frutos maduros dieron un coeficiente de regresión de 14.8% y un valor P de 0.058 (Figura 18). Ese valor indica que existe una relación casi significativa entre ambas variables. Sin embargo, la hipótesis nula no puede ser rechazada. La variable de predicción en la temporada seca parece tener mayor influencia en las variaciones de los frutos maduros que en la temporada húmeda ya que en esta última presenta un valor P de 0.76 (Figura 19).

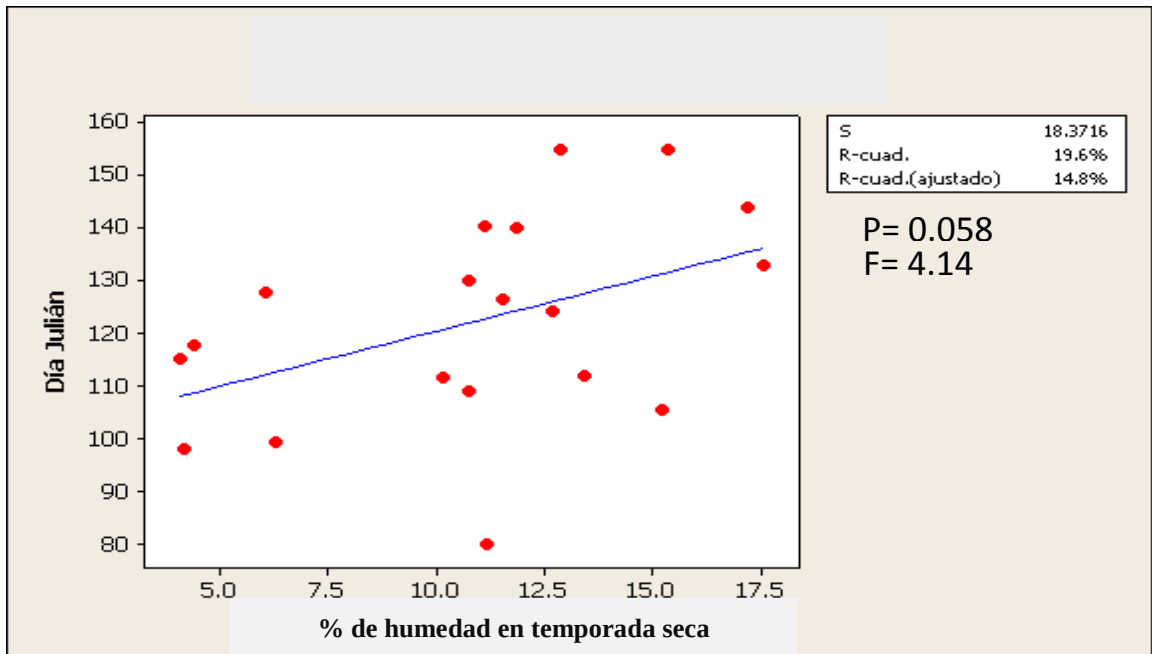


Figura 18. Relación entre la variación del máximo de frutos maduros, representado por el día Julián, y el porcentaje de humedad calculado en la temporada seca para la palma del orinoco (*Syagrus orinocensis*). Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

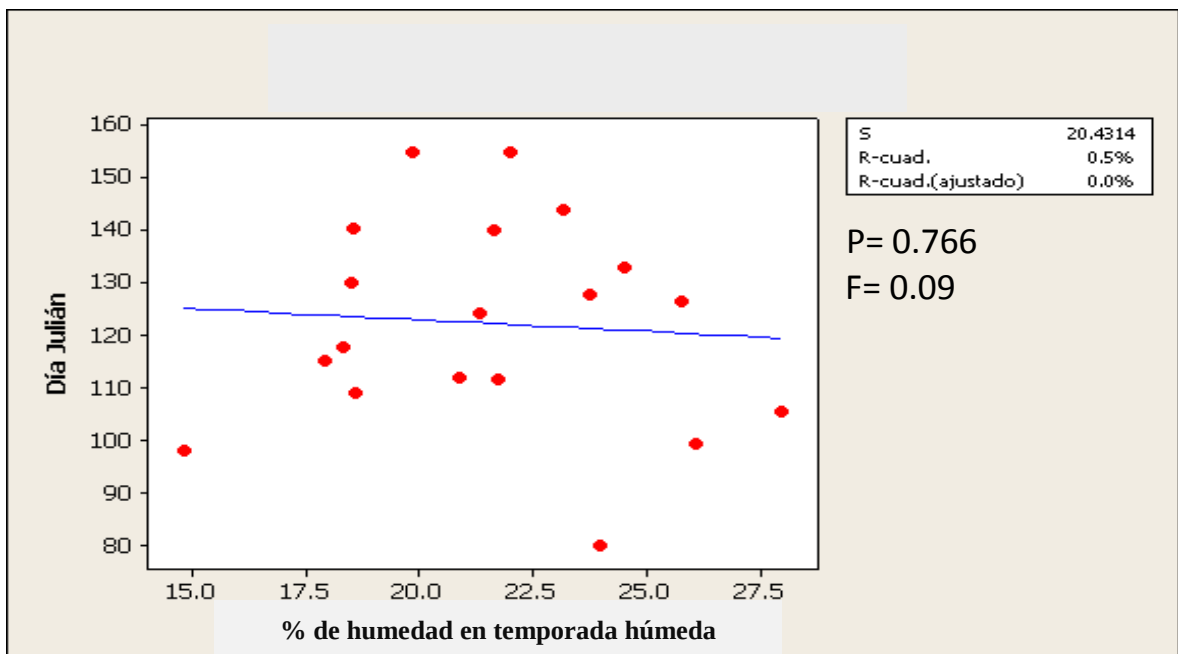


Figura 19 Relación entre la variación del máximo de frutos maduros, representado por el día Julián, y el porcentaje de humedad calculado en la temporada húmeda para la palma del orinoco (*Syagrus orinocensis*). Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

Comparación con las muestras de la colección del Herbario Paul C. Standley. En el herbario solo se encontraron ejemplares de *Acrocomia aculeata* y *Roystonea regia*. No se encontró ninguna muestra de *Syagrus orinocensis*. Para *Acrocomia aculeata* se encontraron cinco muestras en floración y dos en fructificación. Los meses en que se encontraron muestras en floración fueron mayo, agosto y septiembre encontrándose un comportamiento similar al de las especies en este estudio (Figura 20). Ambas muestras, la de la colección del Herbario Paul C. Standley y la analizada en este estudio, presentan picos de floración en mayo, aunque el pico en las muestras del herbario no necesariamente representa un pico natural (podría reflejar un sesgo del colector, por buscar ejemplares antes de iniciar las lluvias fuertes o por otra razón). Para la fructificación, las especies encontradas en la colección del Herbario Paul C. Standley presentan etapas de fructificación en mayo y septiembre coincidiendo con el estudio para mayo.

Para *Roystonea regia* se encontraron cuatro muestras en la colección del Herbario Paul C. Standley. Para la floración se encontró únicamente una muestra para febrero. Para fructificación se encontraron muestras para febrero, abril y septiembre al igual que en el estudio para abril.

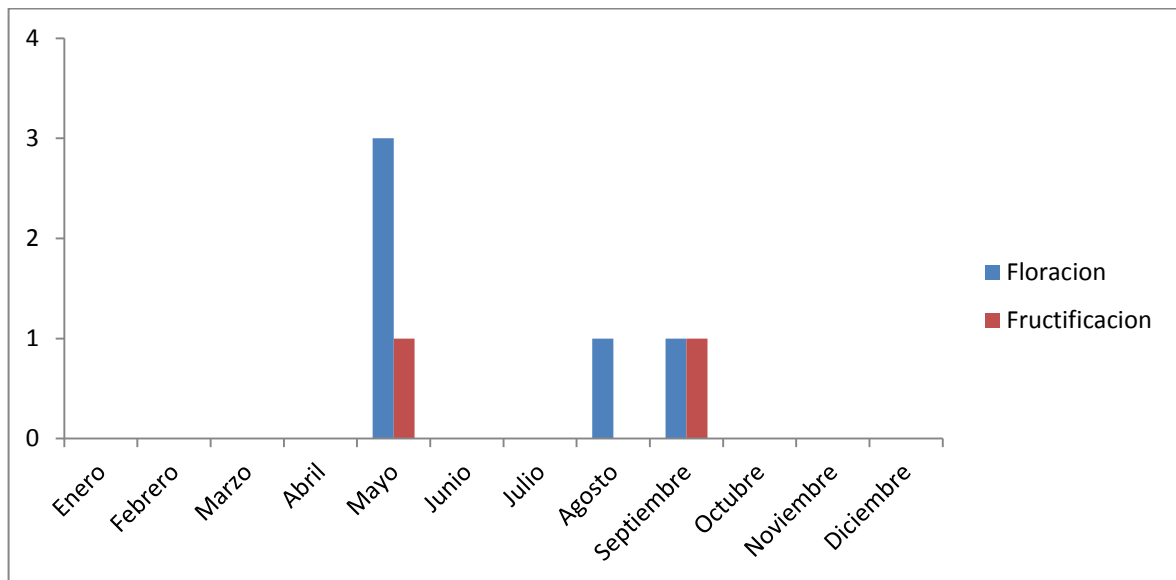


Figura 20 Floración y fructificación de los individuos de coyol (*Acrocomia aculeata*) encontrados en el Herbario Paul C. Standley. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

4. CONCLUSIONES

- La única especie en el presente estudio que parece tener relación con el porcentaje de humedad en el suelo fue la palma real (*Roystonea regia*).
- La especie de coyol (*Acrocomia aculeata*) no presentó ninguna relación significativa con el porcentaje de humedad presente en el suelo en ninguna de las dos temporadas (seca y húmeda)
- Los resultados para la palma del orinoco (*Syagrus orinocensis*) son ambiguo ya que el valor P para temporada seca dio justo en el umbral para declarar si existe una relación significativa o no.
- A pesar que el agua es una variable primordial para el desarrollo de todo organismo vivo la baja relación entre el porcentaje de humedad del suelo y la fenología de las especies para este estudio puede deberse a que el patrón fenológico de estas especies depende de la interacción de mas de un factor climático y no uno por si solo.
- También pueden existir otros factores no ambientales que determinen el patrón fenológico, por ejemplo alguna propiedad química de la planta que le brinde la capacidad de reservar agua por largos períodos sin utilizar la que siga estando presente en el suelo.

5. RECOMENDACIONES

- Dar seguimientos anuales a esta investigación sería un buen avance científico para Zamorano y el Herbario Paul C. Standley ya que en América Latina existen pocos centros educativos o herbarios que contengan una base de datos de comportamiento fenológico para las especies arbóreas.
- En futuros estudios relacionados a la fenología de las tres especies estudiadas debe considerarse otros factores climáticos. Esos datos deben ser tomados principalmente en temporada seca para dar continuidad a este estudio.
- Para futuros estudios fenológicos debería existir un periodo de investigación más prolongado ya que los resultados de la relación entre los factores climáticos y la reproducción de las plantas no suele surgir en poco tiempo. Además para determinar un patrón fenológico generalmente se necesita observaciones de varios años en las mismas fechas.

6. LITERATURA CITADA

Balick, J. 1979. Amazonian oil palms of promise: a survey. *Economic Botany*. 191 p.

Bhat, D.M. y K. Murali. 2001. Phenology of understory species of tropical moist forest of Western Ghats region of Uttara Kannada district in South India. 805 p.

Castillo, F y F. Sentis. [s.a.]. *Agrometeorología*. Mundi Prensa. Barcelona, España. 517 p.

Escobar, M. 2011. Vulnerabilidad de *Quercus* spp., a cambio climático en la región del Yeguaré, Honduras. TESIS. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. Honduras. 37 p.

GIECC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático). 2008. Cambio climático 2007. Ed. Suiza. GIECC. 104 p

Henderson, A., G. Galeano y R. Bernal. 1995. *Field Guide to the Palms of the Americas*. Princeton University Press. New Jersey, USA. 352 p.

Herbario del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). 2010. Flora de la Península de Yucatán. (en línea). México. Consultado 4 jul. 2012. Disponible en: http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/ficha_virtual.php?especie=124

Hernández, S. 2004. Estudio fenológico del arazá (*Eugenia stipitata*) en etapa de fructificación en condiciones del Valle del Yeguaré, Honduras. Tesis. El Zamorano, Honduras. 15 p.

Heuveldop, J., J. Pardo, S. Quirós y L. Espinoza. 1986. *Agroclimatología Tropical*. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 394 p.

Muñoz, F. 2009. Importancia del agua en la nutrición de los cultivos. (en línea). Cali Colombia. Consultado 25 jul. 2012. Disponible en: http://www.cenicana.org/pdf/carta_trimestral/ct2009/ct3y4_09/ct3y4_09_p16-18.pdf

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2008. Informe anual sobre desarrollo humano de las Naciones Unidas 2007/2008. La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido. USA. 36 p.

Real Academia Española (RAE). 2006. Diccionario esencial de la lengua española. Espasa Calpe. España. 1555 p.

Rodríguez, C. 2009. Fenología de *Quercus ilex* L. y *Quercus suber* L. en una dehesa del centro peninsular. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal, España. 100 p.

Torres, E. 2006. Agrometeorología. 2da edición. Editorial Trillas S.A. México. 154 p.

Watkins, K. 2007. Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido. Las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). AGS Custom Graphics. Macedonia. 386 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de Excel utilizado para el ordenamiento de los datos tomados en el campo para *Acrocomia aculeata*. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

Número de Identidad	Coordenadas		m.s.n.m	Lugar	Circunferencia (cm)	DAP (cm)
	Latitud	Longitud				
61	1548844	498523	819	Diagonal a ganado de carne por el cercado de AID	127	40.4
65	1548874	498803	812	Tesorería	103.8	33.0
76	1548041	500907	777	Aves	95.2	30.3
79	1548889	499384	797	A lado de la casa de T. Longwell	130	41.4
81	1548442	499540	788	Frente al hípico	141	44.9
82	1548247	500176	788	Frente a ordeño	130	41.4
85	1548898	499243	799	Detrás de la casa de T. Longwell	156	49.7
87	1548468	499665	790	Frente al hípico	142.5	45.4
94	1548337	498398	816	A lado de ganado de carne	128.4	40.9
95	1549068	498702	820	Cerca de lavandería	148	47.1
103	1548964	498044	848	Potrero de ganado de carne	134.0	42.7
104	1548861	497967	847	Potrero de ganado de carne	145.0	46.2
105	1548709	497869	844	Potrero de ganado de carne	133.0	42.3
106	1548722	498100	833	Potrero de ganado de carne	138.0	43.9
107	1549223	498611	815	Detrás del C. Kellogg, quebrada el gallo	140	44.6
108	1549217	498659	819	Detrás del C. Kellogg, quebrada el gallo	103	32.8
109	1549243	498634	820	Detrás del Kellogg, quebrada el gallo	166	52.8
110	1549228	498951	812	Quebrada el gallo	145	46.2
111	1549242	499181	804	Quebrada el gallo	104	33.1
113	1549356	499310	802	Quebrada el gallo	112	35.7

Anexo 2. Cuadro de Excel utilizado para el ordenamiento de los datos tomados en campo para *Syagrus orinocensis*. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012.

Número de Identidad	Coordenadas		m.s.n.m	Lugar	Circunferencia (cm)	DAP (cm)
	Latitud	Longitud				
62	1548743	498713	811	A lado de decanatura, mano izquierda.	95	30.2
63	1548812	498724	815	Al este del edificio principal.	91.03	29.0
64	1548918	498779	818	A lado de edificio de recursos humanos	80.02	25.5
66	1548790	499071	802	Auditorio de Biblioteca	103.4	32.9
67	1548860	499100	810	A lado de casa Popenoe	82	26.1
70	1548725	499056	805	Detrás del generador de biblioteca	80	25.5
72	1547882	501145	765	Acuicultura	91	29.0
77	1549439	499655	793	Planta de Poscosecha	98	31.2
92	1548578	498650	812	Detrás de AGI	93.6	29.8
96	1549003	498776	817	Cerca al túnel de lavandería	97	30.9
98	1548984	498954	812	Entrada al túnel de AGN	102	32.5
99	1549172	498928	813	Bambú auditorio	95.6	30.4
100	1549006	498851	814	Mano izq. de suministro	87.2	27.8
114	1548823	498835	828	Frente a tesorería	72	22.9
115	1548772	499130	807	Detrás de biblioteca	75	23.9
116	1549163	499583	790	Frente a Promipac	84.2	26.8
117	1549931	499067	827	Frente a la carretera panamericana	150	47.7
118	1548870	499077	800	Detrás de residencia Cabañas	92.3	29.4
119	1549442	499648	808	Frente a ornamentales	82	26.1
120	1549206	499587	802	Frente a entomología	117	37.2

Anexo 3. Cuadro de Excel utilizado para el ordenamiento de los datos tomados en campo para la especie *Roystonea regia*. Campus de la Escuela Agrícola Panamericana, 2012

Número de Identidad	Coordenadas		m.s.n.m	Lugar	Circunferencia (cm)	DAP (cm)
	Latitud	Longitud				
68	1548841	499191	800	A lado de casa del Rector	157.2	50.0
69	1548859	499232	811	A lado de casa del Rector	140.2	44.6
71	1547886	501158	760	Acuicultura	153	48.7
73	1547750	501119	760	Acuicultura	147	46.8
74	1547680	501097	766	Acuicultura	162.4	51.7
75	1547932	501210	746	Acuicultura	139	44.2
78	1549422	499634	791	Ornamentales	164.6	52.4
80	1548681	499491	791	Frente a Orgánica	139	44.2
83	1548697	499340	794	Cerca a la Escuela	181	57.6
84	1548897	499086	799	Detrás de la casa Popenoe	133	42.3
86	1548817	499521	794	Frente a entrada de Zona 2	166.2	52.9
88	1548481	499374	800	Frente a la cancha de Fútbol	173	55.1
89	1548795	499417	803	cerca a casa de Gauggel, alado de un basurero	154.8	49.3
90	1548801	499278	803	Frente a la casa de Pack	159.6	50.8
91	1548557	498667	811	Frente a la planta de Lácteos	178	56.7
93	1548909	498583	818	Cerca del jardín de Arboretum	161	51.2
97	1548993	498801	817	Detrás de suministro	157.8	50.2
101	1549117	498912	809	Parte trasera del laboratorio de química	168.0	53.5
102	1548832	493645	815	Cerca a San Martín	173.1	55.1
112	1549332	499270	800	Quebrada el gallo	100	31.8