

## ASPECTOS FENOLÓGICOS DEL DESARROLLO EN PEJIBAYE (*Bactris gasipaes* KUNTH) PARA PALMITO<sup>1</sup>

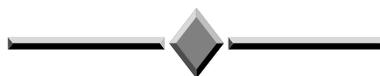
Carlos Arroyo<sup>2</sup>, Jorge Mora<sup>3</sup>

### RESUMEN

**Aspectos fenológicos del desarrollo en cuatro variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth) para palmito.** En esta investigación se obtiene información sobre aspectos de comportamiento fenológico de cuatro variedades de pejibaye para palmito en cuatro estados de desarrollo. Se inicia con la composición física del palmito foliar estableciendo que la proporción de las hojas embrionarias es superior al de las hojas maduras y que esta relación es diferente en las variedades, por lo tanto se aparta de la proporción 50/50 preponderante en palmeras adultas en general. El número de hojas embrionarias estuvo correlacionado con productividad y de igual manera mostró correlación con el peso del palmito foliar, el peso total de todas las vainas y de las láminas embrionarias útiles y el peso del “domo” (sector apical del tallo en donde se asientan las hojas embrionarias). Sin embargo, el grado de correlación entre esos parámetros difirió entre variedades. Una característica importante de este cultivo, el macollamiento, mostró correlación con precocidad y productividad. Se sugiere que las yemas axilares de las hojas juveniles (enteras) son las que dan origen a los brotes vegetativos y aquellas yemas de las hojas adultas (compuestas) dan lugar a las inflorescencias. La raíz, el tallo y el follaje mantuvieron un desarrollo equilibrado entre ellos a través de los primeros 12 meses. El diámetro del tallo y su altura mostraron correlación con el peso del palmito y la longitud del pecíolo de la hoja externa, fue de los más prácticos para predecirlo. De acuerdo con los resultados, las variables más útiles en un programa de selección incluyen: precocidad de brotación, diámetro y altura del tallo, longitud del pecíolo de la hoja de mayor edad y succulencia/dureza del palmito.

### ABSTRACT

**Phenologic aspects of the development of peach palm for heart of palm.** Four heart of palm varieties of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) in four developmental stages (3, 6, 9 and 12 months), were studied with regard to their phenological behaviour, to complement other works previously conducted. The study began with the description of the physical composition of the foliar heart of palm, which shows that the number of embryonic leaves is higher than that of the mature leaves, and that the proportion differs with the varieties. It diverges from the 50:50 ratio found in adult stems. It was found that the larger number of embryonic leaves corresponds to the varieties with highest production. Also, the weight of the foliar heart of palm is correlated to the sheath weight of the spear leaf as well as to the weights of the sheaths of all embryonic leaves, the useful embryonic leaf laminae and the weight of the “dome” (upper part of the stem where the embryonic leaves rest). The degrees of those correlations vary with the varieties. Number of shoots produced per plant at those stages, which is an agronomical important characteristic of this palm, shows a correlation with earliness and productivity. It is suggested, that axial leaf buds of juvenil whole leaves give rise to vegetative shoots and those from mature composite leaves to inflorescences. The root, stem and foliar development keep a very precise balance throughout the first 12 months. The stem diameter and height are correlated with production and length of the petiole of the older leaf, which is a practical prediction parameter to be used. According to the results obtained, the most useful parameters in a selection program of plant breeding are: earliness and number of shoots production, stem diameter and height, length of the petiole of the oldest leaf and succulence/firmness of the heart of palm.



### INTRODUCCIÓN

Existe gran diversidad genética entre las poblaciones silvestres, razas y variedades mejoradas de pejibaye,

cuyo comportamiento fenológico no ha sido estudiado comparativamente. Para efecto de producción de palmito, esta especie, que es arbórea, se cosecha cuando la planta tiene un tamaño arbustivo (con una edad

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 21 de agosto del 2003.

<sup>2</sup> Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica.

<sup>3</sup> Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

aproximada de 12 meses y aún lejos de alcanzar su madurez sexual) para obtener su ápice tierno y utilizarlo como legumbre o en otros usos culinarios. Las diferencias de comportamiento fenológico entre esas poblaciones resultan de particular interés para predecir productividad y, por lo tanto, algunas de ellas resultan de importancia en la labor de mejoramiento genético.

En la literatura, se encuentran varias investigaciones sobre el tema general. Camacho y Sylvain (1967) informaron que la poda repetida de los brotes de la cepa provoca la generación de un aumento progresivo de su número; y Blaak (1980) mostró como la eliminación del ápice meristemático de las plantas, al eliminar la dominancia apical, inducía la aparición precoz de brotes de yemas axilares. Sánchez (1981) encontró una relación positiva entre la precipitación acumulada y la longevidad de las hojas y que esta correlación es aún mayor con el número de días lluviosos.

Desde inicios de la década de 1970 ya Mora Urpí (comunicación personal) había establecido una correlación entre el diámetro del tallo y peso del palmito foliar para efectos de cosecha de acuerdo con las exigencias industriales de esa época, estableciéndose desde entonces el diámetro de 9 cm tomado en la base del tallo para satisfacer con cuarenta tallos los 5,28 kg de palmito contenidos en las 24 latas de conserva de medio kilogramo que contiene la caja estándar. Esto se determinó en la variedad primitiva Utilis-Tucurrique. Otras variedades difieren en sus rendimientos (Arroyo y Mora 2002b), pero los 9 cm de diámetro continúan utilizándose para efecto de estudios comparativos y en gran medida para cosecha comercial, aunque ahora existen, además, otras normas de calidad (Arroyo y Mora 2003).

Herrera (1989) determinó las proporciones de las partes por peso, de la biomasa aérea de una plantación de la variedad Utilis-Tucurrique establecida bajo las normas agronómicas de la época. Ferreira *et al.* (1980) determinaron la distribución de las raíces de la cepa, pero de una planta adulta, utilizando pejibaye de la población local de Manaus; López y Sancho (1990) realizaron en detalle el estudio de la distribución radical plantas palmiteras de la variedad Utilis-Tucurrique. Ramos (2002) describió el efecto de la fertilización y el riego en el desarrollo radical. Jansen (1993) elaboró un modelo para calcular el crecimiento potencial de la planta, en relación con el clima y características del cultivo, tomando en consideración la radiación solar, temperatura, área foliar y capacidad fotosintética por unidad foliar. Szott *et al.* (1993) y Ares *et al.* (2002) desarrollaron ecuaciones para estimar la biomasa aérea, utilizando la altura de la planta como el parámetro que mejor la predecía. Bovi *et al.* (1993a y 1993b) obtuvieron varias correlaciones de interés, dentro de las

cuáles se destaca el desarrollo precoz de la plántula con la productividad. Clement y Bovi (2000) proponen una estandarización de algunos parámetros utilizados en la medición del crecimiento y producción del palmito.

Arroyo *et al.* (2001) y Arroyo y Mora Urpí (2002a, 2002b y 2003) realizaron varios estudios que incluyen estimaciones de correlaciones y regresiones de una serie de parámetros e introducen algunos nuevos de relevante importancia, entre los cuáles se encuentran la hoja guía y sus partes, en relación con el peso de palmito foliar.

Pereira y Velásquez (2003) estudiaron comparativamente entre sí, la influencia del clima sobre los componentes químicos de dos variedades de pejibaye cultivadas en Costa Rica para producción de palmito; y Pereira *et al.* (2003) caracterizan dimensiones, rendimientos y dureza de las mismas variedades y el efecto de las condiciones ecológicas sobre estos parámetros.

En términos generales un número considerable de parámetros de desarrollo están correlacionados entre sí. Los estudios en este sentido contribuyen a ampliar el conocimiento teórico sobre el comportamiento del cultivo, pero se buscan con especial interés aquellos parámetros que permitan predecir la producción en forma práctica, para ser utilizadas por el agricultor y que resulten relevantes en fitomejoramiento. Estos parámetros deben ser pocos y eficientes, para ser usados en estas dos actividades.

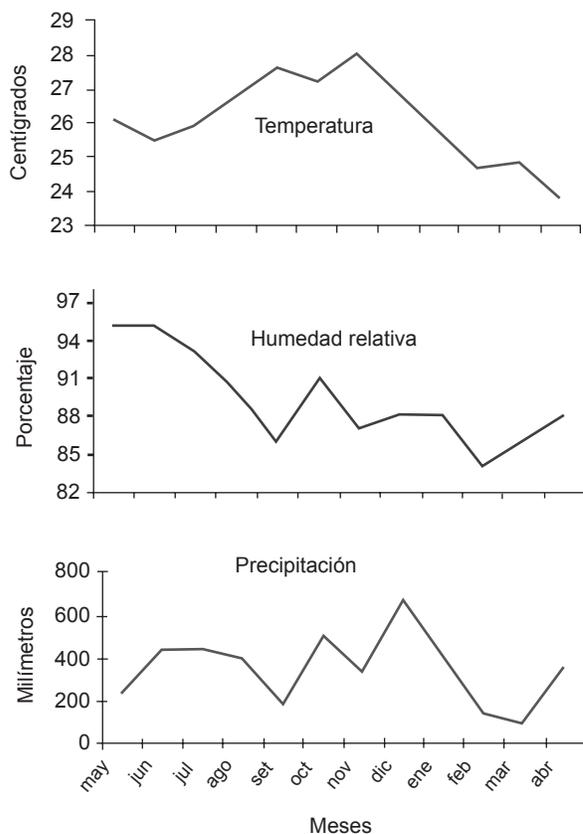
Este trabajo es un complemento al estudio comparativo de producción entre cuatro variedades (Arroyo y Mora 2002b). Incluye información adicional sobre aspectos fenológicos, abarca parámetros destructivos y no destructivos e incluye algunos no presentes en la literatura hasta el presente. Todos ellos considerados en diferentes estados de desarrollo. Además, presenta en detalle la composición física del palmito foliar de las cuatro variedades estudiadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y clima

El ensayo se realizó en el año 2001 en el área experimental de pejibaye que mantiene la Universidad de Costa Rica bajo el convenio INTA-UCR, en la Estación Experimental Los Diamantes, ubicada en Guápiles, cantón Pococí, provincia de Limón. La posición geográfica es 10° 13' latitud norte y 86° 46' longitud oeste, y la altitud es de 249 msnm. La prueba se llevó a cabo entre

los meses de mayo del 2000 a abril del 2001, con una temperatura promedio de 25,9 °C, una mínima de 23,9 °C en el mes de abril y la máxima de 28 °C en el mes de noviembre; la precipitación acumulada fue de 4065 mm, con un promedio mensual de 338 mm (Figura 1).



**Figura 1.** Datos climatológicos de temperatura, humedad relativa y precipitación para el período experimental (promedios mensuales), año 2001. Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón. 2001.

### Material experimental

Se realizó un análisis de suelo, para tener una caracterización de las propiedades físico químicas del suelo (Cuadro 1).

Para la siembra se utilizaron plántulas recién germinadas de cuatro variedades de pejibaye para palmito, tres sin espinas y una con espinas. Las variedades mejoradas son derivadas de germoplasmas provenientes de distintas zonas geográficas, Diamantes-1 desciende de la población de Guatuso situada al norte de Costa Rica; Diamantes-10 proviene de la población de Yurimaguas, localizada en el oriente de Perú; Diamantes-20 se deriva de la población de Darién, al sur de Panamá; y Utilis-Tucurrique, es una variedad primitiva de la comarca de Tucurrique, situada en la región central de Costa Rica. El diseño experimental que se utilizó para este ensayo fue un irrestricto al azar con cuatro tratamientos (variedades de pejibaye (tres sin espinas y una con espinas) y cinco repeticiones por tratamiento (variedad).

La distancia de siembra fue de 2,0 m entre hileras y 0,5 m entre plantas para una densidad de 10.000 plantas por hectárea.

### Variables a evaluar

Para la evaluación se utilizaron 25 plantas en cada estadío del desarrollo. La recolección de las plantas para su evaluación se realizó trimestralmente durante los 12 meses posteriores a la siembra. Las variables que se evaluaron por planta, fueron las siguientes:

1. Peso de la raíz (g)
2. Peso del tallo (g)
3. Peso total de las hojas (g)
4. Peso total de la planta (g)
5. Diámetro del tallo (cm)
6. Altura del tallo (cm)
7. N° de hojas maduras
8. Longitud de la vaina de la hoja de mayor edad u hoja externa de la corona (cm)
9. Longitud de la lámina de la hoja externa (cm)
10. Longitud del pecíolo de la hoja externa (cm)
11. Longitud total de la hoja externa (cm)
12. N° de brotes del primer tallo (tallos "madre")
13. N° de hojas embrionarias (evaluada a los 12 meses de edad de la planta)

En forma independiente se estudiaron los últimos dos parámetros de las variables evaluadas (lista anterior),

**Cuadro 1.** Análisis químico de suelo. Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón 2001.

pH	cmol(+)/l					mg/l								M.O.
	H <sub>2</sub> O	Ca	Mg	K	Acidez	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S	
5,2	3,66	1,57	0,51	0,22	5,81	4,7	6,6	232	24,8	1,5	0,68	4,0	9,7	

la composición física de las partes del palmito foliar y precocidad de la producción de brotes vegetativos, por el primer tallo de la cepa en formación (“tallo madre” como lo llaman los agricultores).

### Manejo

El terreno se aró y rastreó. Se aplicó un herbicida preemergente selectivo, Alaclor (Lazo®). Ocho días después de la siembra se aplicaron 30 g de fosfato diamónico por planta y en adelante, hasta los seis meses se continuó fertilizando, en forma alterna, mensual con 30 g/planta de nitrato de amonio y 30 g de la fórmula 18-5-15-6-2-2. Después de los seis meses se continuó abonando siempre en meses alternos, con los mismos fertilizantes pero utilizando 60 g/planta.

El combate de malas hierbas se realizó en forma integral utilizando control químico y físico, según se consideró necesario.

### Análisis estadístico

Las comparaciones de medias se realizaron utilizando la prueba denominada Waller-Duncan, con una significancia  $P (\leq 0,05)$  y se obtuvieron las correlaciones entre todas las variables, aunque aquí se mencionan únicamente los más pertinentes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición física del palmito foliar

Con el objetivo de darle un orden a esta presentación de resultados, se inicia con una descripción de la composición física del palmito foliar de las plantas a los 12 meses de edad y 9 cm de diámetro del tallo en su ba-

se, que es la edad y diámetro estándar en que el primer tallo de la cepa alcanza su estado de cosecha.

Tomlison (1990) indica que la mayoría de las palmeras poseen igual número de hojas adultas que de hojas embrionarias. Esto se refiere a las coronas o copas de estípites adultos. En pejibaye este principio resultó también válido. Sin embargo, en la literatura, no existe información sobre este tema en palmeras juveniles, como es el caso del pejibaye cultivado para producción de palmito. Sólo se encuentra información sobre el número de hojas adultas en plantas juveniles (Ares *et al.* 2002 y Arroyo y Mora 2003) sin incluir las hojas embrionarias (Figura 2).

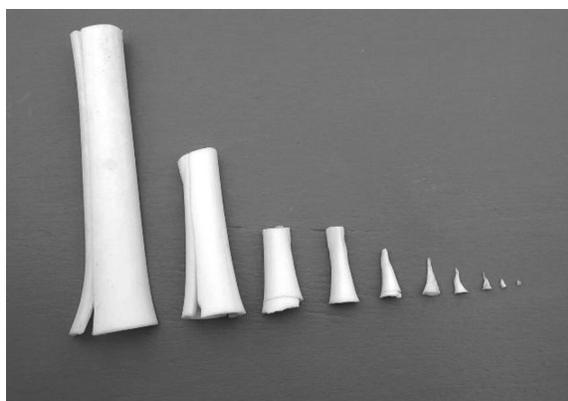


Figura 2. Vainas útiles de las hojas embrionarias. Guápiles, Pococí, Limón, 2001.

En el Cuadro 2, se muestra el número promedio de hojas embrionarias, el cual comprende la hoja guía en formación más todas aquéllas con menor desarrollo, que se encuentran en el primer tallo producido o “tallo madre”, como lo llaman los agricultores, de cuatro variedades, en el que se observan diferencias entre ellas. Las

Cuadro 2. Composición física del palmito foliar expresada por peso y porcentajes de las partes en cuatro variedades, a los 12 meses de edad. Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón. 2001.

Variedades	Hojas em- <sup>1</sup> brionarias N°	Peso <sup>2</sup> palmito foliar (g)	Peso vaina <sup>3</sup> hoja guía (g)	Peso todas <sup>4</sup> las vainas (g)	Peso <sup>5</sup> láminas (g)	Peso <sup>6</sup> domo (g)	Peso vaina <sup>7</sup> hoja guía (%)	Peso todas <sup>8</sup> las vainas (%)	Peso <sup>9</sup> láminas (%)	Peso <sup>10</sup> domo (%)	Peso <sup>11</sup> palmito foliar 100%
Diamantes-1	12,3 b*	238,9 b	115,1 b	153,3 c	60,1 b	37,4 c	48,2	63,8	25,2	15,7	104,7
Diamantes-10	12,5 ab	315,9 a	150,1 a	190,5 b	82,0 a	45,1b	47,5	60,3	26,0	14,3	100,6
Diamantes-20	12,9 a	332,7 a	147,3 a	192,9 a	77,1 a	54,2 a	44,3	58,4	23,2	16,3	97,9
Útiles-Tucurrique	11,4 c	220,3 b	116,4 b	140,8 d	63,1 b	9,3 d	52,8	63,9	28,6	4,2	96,7

\*a, b, c,d: Valores medios con letra distinta en el sentido vertical son estadísticamente diferentes, Duncan  $P < 0,05$ ,

hojas embrionarias son las que constituyen el palmito foliar. Tres variedades, semejantes en esta característica (Diamantes 1, 10 y 20), difieren significativamente ( $P \leq 0,005$ ) de la cuarta (Utilis-Tucurrique). Por otra parte, al comparar el número de hojas embrionarias del Cuadro 2, con aquel de hojas desarrolladas o adultas obtenido de plantas de las mismas poblaciones, resulta obvio que en plantas de esta edad, el número de hojas en ambos estados se aparta notoriamente de lo indicado por Tomlison (1990) para palmeras adultas. En plantas juveniles las hojas embrionarias son considerablemente más numerosas que las adultas. En Diamantes-20 esta diferencia es de 45,0% y en Utilis-Tucurrique de 34,2% a favor del número de hojas embrionarias. Este resultado indica que existe un cambio gradual durante el desarrollo juvenil de la palmera, en la proporción que se presenta entre ambos estados de las hojas, y que este cambio presenta diferentes ritmos entre variedades.

Mora (1999a) había señalado que el peso de las vainas de las hojas embrionarias representaba aproximadamente 65 a 70% del peso del palmito foliar en plantas de esta edad, y que, siendo su componente principal, era una característica central en el proceso de mejoramiento genético de este cultivo. Las columnas 7, 8, 9 y 10 del Cuadro 2 muestran en términos porcentuales del peso total del palmito foliar, la contribución de sus partes, en donde sobresale la vaina de la hoja guía por su notoria mayor participación. Los resultados de la presente investigación indican que la contribución de las vainas al peso del palmito foliar difiere con la variedad. En este caso particular fluctúa entre el 58,4% en Diamantes-20 y 63,9% en Utilis-Tucurrique.

Un aspecto que no era necesariamente previsible, es que el número de hojas embrionarias estuviera correlacionado con el peso de la vaina de la hoja guía como lo muestran los resultados (Cuadro 2). En términos generales los siguientes parámetros están todos correlacionados entre sí: número de hojas embrionarias, peso de la vaina de la hoja guía, total de los pesos de las vainas embrionarias útiles (sectores no fibrosos), total de los pesos de todas las láminas foliares embrionarias útiles (sectores no fibrosos), peso del "domo" y peso del palmito foliar.

Un tercer sector de las hojas es el pecíolo. Este no contribuye en mayor medida al peso del palmito foliar, por tres razones: a) porque hace su aparición tardíamente durante el proceso de desarrollo de la hoja; b) es el componente menor de las tres secciones que forman la hoja; y c) porque el pecíolo de la hoja guía es muy fibroso por lo que se descarta y no forma parte del palmito foliar. Referente a la aparición tardía del pecíolo durante el desarrollo de la hoja, aquellas hojas embrionarias más pequeñas del grupo no tienen pecíolo, este se hace presente únicamente en las tres hojas embriona-

rias más desarrolladas (hoja guía y dos menores). Cabe mencionar que nuestras observaciones indican que los pecíolos de las hojas juveniles (hojas enteras) son los órganos que muestran respuesta a la intensidad de la luz elongándose cuando ésta es limitada, y el grado de esta respuesta varía con el cultivar.

El sector del palmito foliar que aquí se denomina "domo" está formado por el mero ápice del tallo en donde se asientan las vainas de las hojas embrionarias y que forman parte del trozo basal del palmito foliar. Es el sector que le confiere la forma cónica a la parte inferior de esa sección. Algunas industrias separan este sector del palmito y lo envasan independientemente por su atractiva forma de domo. Este no es parte de las hojas, pero normalmente se envasa como parte del palmito foliar, aunque es de origen caulinar. Como se observa en el Cuadro 2, la contribución porcentual del domo al peso del palmito foliar es pequeña pero muestra diferencias entre variedades, en donde Utilis-Tucurrique resulta significativamente menor y Diamantes-20 es considerablemente mayor a todas ellas.

Existe una correlación positiva entre el peso del palmito foliar y el número de hojas embrionarias en las variedades Diamantes-1, 10 y 20. Este resultado es lógico ya que estas hojas contribuyen al peso del palmito; sin embargo, el grado de correlación difiere según la variedad. Así, Diamantes-20 muestra el mayor valor ( $r=0,64$ ), Diamantes-1 y 10 muestran una correlación menor ( $r=0,54$  y  $0,55$  respectivamente) y Utilis-Tucurrique no muestra correlación.

Por otra parte, la correlación entre el peso del palmito foliar y el peso del domo muestra también diferencias entre variedades. El mayor valor corresponde a Diamantes-1 ( $r=0,81$ ) y en orden descendente están Diamantes-10 ( $r=0,76$ ), Utilis-Tucurrique ( $r=0,43$ ) y Diamantes-20 que no muestra correlación entre estos dos parámetros a pesar de presentar los domos de mayor peso.

Asimismo, el número de hojas embrionarias y el peso del domo muestran un grado de correlación muy diferente entre variedades. En este caso el valor mayor lo tiene Diamantes-10 ( $r=0,75$ ), en tanto que Diamantes-1 y Utilis-Tucurrique resultan con valores idénticos e inferiores ( $r=0,43$ ) y Diamantes-20 no muestra correlación como en el caso anterior. Esta última variedad muestra en general un comportamiento muy diferente de aquel de las otras tres variedades, respecto al desarrollo de las partes del palmito foliar (Arroyo y Mora 2002b).

1. Se incluyen todas las hojas en desarrollo u hojas embrionarias, incluyendo la hoja guía.

2. Peso neto del palmito foliar (g).
3. Peso del sector útil succulento de la vaina de la hoja guía (el sector fibroso, pecíolo y lámina están eliminados) (g).
4. Peso de las vainas útiles de todas las hojas embrionarias (g).
5. Peso de tres láminas embrionarias. Queda por fuera la lámina de la hoja guía que por ser fibrosa no es útil y aquellas de las hojas muy pequeñas por su pequeño tamaño (g).
6. Se denomina “domo” aquí al sector apical del tallo que sirve de “piso” a las hojas embrionarias.
7. Porcentaje del peso del palmito foliar representado por el sector útil de la vaina de la hoja guía.
8. Porcentaje del peso del palmito foliar representado por todas las vainas de las hojas embrionarias.
9. Porcentaje del peso del palmito foliar representado por las láminas de las hojas embrionarias.
10. Porcentaje del peso del palmito foliar representado por el “domo” de las hojas embrionarias.
11. Suma de los cuatro porcentajes. Las desviaciones del 100% fueron inducidas por variaciones en la fuerza del viento sobre la balanza analítica, cuando se tomaban los pesos en el campo.

### Producción de brotes o macollamiento

El comportamiento cespitoso del pejibaye le confiere su carácter de cultivo perenne porque le permite renovarse continuamente a través de la producción de nuevos brotes. Dentro de las poblaciones de este cultivo se encuentran plantas con diferentes capacidades de macollamiento, habiéndose observado hasta el presente, plantas con un número de brotes que va desde su ausencia total hasta un máximo de 14 producidos por el primer tallo de la cepa en formación. En el inicio de este cultivo, se consideraba conveniente que las plantas produjeran un alto número de brotes porque se manejaba a libre crecimiento, pero hoy el cultivo se maneja con un número determinado de tallos por hectárea y requiere por lo tanto de poda (Mora 1999b). Lógicamente, un alto número de brotes requiere un mayor costo por esa operación y por lo tanto se persigue una producción temprana pero con número moderado de brotes.

En el Cuadro 3 se presentan los datos de macollamiento en cuatro variedades producidos por el primer estípote, durante los primeros 12 meses de desarrollo. Los brotes se contaron en lapsos de tres meses, en plantas extraídas con raíz desnuda para mayor exactitud. Y, como información complementaria, en el Cuadro 4 se observa el porcentaje de plantas por variedad que no habían producido brotes, ya que es el indicador negativo de precocidad que, además, influirá negativamente en la precocidad del inicio de la siguiente operación de

**Cuadro 3.** Promedio de brotes o “hijuelos” por planta en cuatro variedades de pejibaye, durante los primeros 12 meses de desarrollo (observaciones hechas en plantas con raíz desnuda). Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón. 2001.

Edad (meses)	Variedades			
	Utilis - Tucurrique	Diamantes-1	Diamantes-10	Diamantes-20
3	0,16 a*	0,32 a	0,32 a	0,20 a
6	1,00 b*	2,36 a	2,76 a	1,92 a
9	3,80 b	5,40 a	5,08 a	4,12 b
12	6,40 b	7,80 a	7,36 a	5,84 c

\* a,b,c= Valores medios con letra distinta en líneas horizontales son estadísticamente diferentes, Duncan ( $P \leq 0,05$ ).

cosecha. Es por lo tanto, uno de los factores indicadores de productividad inicial de las variedades.

En el Cuadro 3, se observa que a los tres meses de edad apenas se ha iniciado la brotación en muy pocas plantas, pero que a los seis meses el macollamiento, medido por número de plantas con brotes, es alto. Asimismo, se muestra que la precocidad de brotación está positivamente relacionada con mayor número de brotes presentes a los 12 meses de edad. De esta manera, resulta de especial interés en la labor de mejoramiento genético del cultivo, la evaluación del factor precocidad de brotación en la obtención de variedades más productivas.

Aquí parece haber una contradicción entre lo dicho al inicio de este tema, ya que si se selecciona por precocidad se obtiene también mayor número de brotes, lo que encarece la operación de poda. Sin embargo, vale recordar que aquí sólo se analiza el comportamiento del primer estípote. El comportamiento subsiguiente de la cepa puede diferir de aquel del primer tallo. La siguiente explicación es la hipótesis de Mora 2003 (comunicación personal) aún bajo estudio.

**Cuadro 4.** Frecuencia porcentual de plantas sin brotes en cuatro variedades de pejibaye, durante los primeros 12 meses de desarrollo (observaciones hechas en plantas con raíz desnuda). Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón. 2001.

Edad (meses)	Variedades			
	Utilis - Tucurrique	Diamantes-1	Diamantes-10	Diamantes-20
3	84	72	72	80
6	36	16	8	12
9	8	0	4	4
12	0	0	0	0

Las yemas axilares de las hojas juveniles (hojas enteras) son las únicas que pueden diferenciarse en yemas vegetativas; aquellas de las hojas adultas (hojas divididas o compuestas) lo harán en yemas florales. Esto ocurre obviamente porque debe ocurrir un cambio en el equilibrio hormonal. Ahora bien, el número de hojas juveniles -muy semejante entre variedades en el primer tallo- difieren en los brotes subsiguientes. La diferenciación de hoja juvenil a hoja adulta en esos brotes es más rápida en las tres variedades Diamantes que en Utilis-Tucurrique, disminuyendo en ellas su número y por lo tanto reduciendo sus capacidades de producción de brotes por tallo. De esta manera, en variedades cuyo número de hojas juveniles es menor -en este caso en tallos de la "segunda generación"- la producción de brotes por estípote es menor y por lo tanto puede no requerir de una poda intensa, como se esperaría si continuara comportándose de igual manera como lo hizo el primer tallo.

Los Cuadros 3 y 4, muestran que las variedades Diamantes-1 y Diamantes-10 son las más precoces en la iniciación de brotes y las que alcanzan el mayor número a los 12 meses. También debe notarse que, aunque a los 12 meses todas las plantas de las cuatro variedades han producido brotes en este caso, las tres variedades Diamantes y especialmente Diamantes-1, completan esta brotación antes que Utilis-Tucurrique.

Cabe mencionar, como un dato complementario, que las modas de los números de brotes producidos por las cuatro variedades, Utilis-Tucurrique, Diamantes-1,

Diamantes-10 y Diamantes-20 a los seis meses fue uno, cuatro, ocho y dos respectivamente; y a los 12 meses éstas fueron seis, diez, ocho y cinco. En esta estadística, Utilis-Tucurrique y Diamantes-20, además de ser las menos precoces, son semejantes entre sí, en tanto que Diamantes-1 y Diamantes-10 difieren de las primeras, y son a su vez semejantes entre sí.

### Comportamiento referente al peso de las partes de la planta (Cuadros 5, 6, 7 y 8)

Se comparan aquí los pesos húmedos de las partes o secciones de las plantas de cuatro variedades, en cuatro distintos estados de desarrollo (3, 6, 9 y 12 meses), para estudiar las diferencias de comportamiento. Cuando se discutió la composición física del palmito foliar, se hizo utilizando únicamente los sectores aprovechables industrialmente de sus componentes. Aquí, por otra parte, se toman los pesos húmedos brutos de la biomasa de las partes bajo consideración, como también de la planta (Figura 3).

### Peso de la raíz, tallo y follaje

Los Cuadros 5, 6, 7 y 8, muestran que el peso de la raíz, estípote y follaje mantienen un equilibrio entre sí a través de los 12 meses de desarrollo independientemente de la variedad, pero muestran diferencias de crecimiento estadísticamente significativas entre variedades.

**Cuadro 5.** Valores promedio de las variables estudiadas en cuatro variedades de pejibaye, tres meses después de la siembra. Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón. 2001.

Variables	Variedades			
	Diamantes-1	Diamantes-10	Diamantes-20	Utilis-Tucurrique
Peso de la raíz (g)	10,94 ab*	12,62 a	13,02 a	8,28 b
Peso del tallo (g)	15,41 a	19,77 a	15,18 a	9,39 b
Peso total de las hojas (g)	14,65 ab	15,72 a	13,27 bc	11,17 b
Peso total de la planta (g)	41,00 ab	48,11 a	41,47 ab	28,84 b
Diámetro del tallo (cm)	1,15 ab	1,30 a	1,16 ab	1,045 b
Altura del tallo (cm)	14,08 ab	15,80 a	14,53 a	12,29 b
Nº de hojas	6,28 ab	6,44 a	5,68 c	5,92 bc
Longitud vaina de la hoja externa o de mayor edad (cm)	10,05 ab	11,33 a	9,97 ab	8,84 b
Longitud de la lámina de la hoja externa (cm)	24,40 ab	21,85 a	21,18 a	18,32 b
Longitud del peciolo de la hoja externa (cm)	2,52 b	2,66 b	3,47 a	2,64 b
Longitud total de la hoja externa (cm)	36,97 a	35,84 ab	34,62 ab	29,80 b

\*a,b,c: Valores medios con letra distinta en sentido horizontal son estadísticamente diferentes, Ducan ( $P \leq 0,05$ )

**Cuadro 6.** Valores promedio de las variables estudiadas en cuatro variedades de pejibaye, seis meses después de la siembra. Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón. 2001.

Variables	Variedades			
	Diamantes-1	Diamantes-10	Diamantes-20	Utilis-Tucurrique
Peso de la raíz (g)	132,57 b	181,80 a*	107,24 b	116,73 b
Peso del tallo (g)	167,53 b	231,87 a	147,83 bc	114,52 c
Peso total de las hojas (g)	128,20 b	156,54 a	109,83 bc	94,31 c
Peso total de la planta (g)	428,30 b	570,21 a	364,90 c	325,56 c
Diámetro del tallo (cm)	3,17 b	3,57 a	3,04 bc	2,70 c
Altura del tallo (cm)	36,08 b	42,16 a	34,74 b	27,09 c
Nº de hojas	7,96 bc	8,72 a	7,64 c	8,56 ab
Longitud vaina de la hoja externa o de mayor edad (cm)	35,94 b	42,72 a	31,86 bc	29,75 c
Longitud de la lámina de la hoja externa (cm)	59,04 a	59,78 a	53,21 b	48,31 b
Longitud del pecíolo de la hoja externa (cm)	7,08 ab	8,60 a	7,26 ab	6,80 b
Longitud total de la hoja externa (cm)	102,06 a	111,10 a	92,33 ab	84,86 b

\* a,b,c: Valores medios con letra distinta en sentido horizontal son estadísticamente diferentes, Duncan P<0,05.

Diamantes-10 muestra clara superioridad sobre todas las demás y Utilis-Tucurrique es consistentemente inferior, aunque ésta última no muestra diferencia estadísticamente significativa con Diamantes-20.

El comportamiento de las partes confirma que la planta joven es una unidad de desarrollo equilibrado entre sus órganos. Por lo tanto, el peso total de la planta refleja el mismo comportamiento que las partes, como efectivamente se observa en dichos cuadros (peso

**Cuadro 7.** Valores promedio de las variables estudiadas en cuatro variedades de pejibaye, nueve meses después de la siembra. Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón. 2001.

Variables	Variedades			
	Diamantes-1	Diamantes-10	Diamantes-20	Utilis-Tucurrique
Peso de la raíz (g)	790,8 ab	914,5 a	656,8 b	688,1 b
Peso del tallo (g)	742,1 b	993,7 a	618,8 bc	511,7 c
Peso total de las hojas (g)	449,38 b	553,75 a	388,14 bc	308,40 c
Peso total de la planta (g)	1982,28 b	2461,95 a	1663,74 c	1508,20 c
Diámetro del tallo (cm)	6,98 a	7,38 a	6,27 b	5,98 b
Altura del tallo (cm)	52,40 b	63,2 a	53,30 b	43,44 c
Nº de hojas	7,2 a	7,04 a	6,8 ab	6,52 b
Longitud vaina de la hoja externa o de mayor edad (cm)	57,93 b	70,00 a	59,36 b	48,17 c
Longitud de la lámina de la hoja externa (cm)	87,67 b	101,92 a	85,51 b	74,10 c
Longitud del pecíolo de la hoja externa (cm)	10,72 b	14,00 a	11,03 b	8,80 c
Longitud total de la hoja externa (cm)	156,32 b	185,92 a	155,90 b	131,07 c

\* a,b,c: Valores medios con letra distinta en sentido horizontal son estadísticamente diferentes, Duncan P<0,05.

**Cuadro 8.** Valores promedio de las variables estudiadas en cuatro variedades de pejibaye, 12 meses después de la siembra. Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón. 2001.

Variables	Variedades			
	Diamantes-1	Diamantes-10	Diamantes-20	Utilis-Tucurrique
Peso de la raíz (g)	2.982,7 a*	2.855,9 a	2.532,4 ab	1.916,9 b
Peso del tallo (g)	4.063,5 b	5.337,2 a	3.603,1 bc	2.803,0 c
Peso total de las hojas (g)	1.875,9 b	2.204,1 a	1.641,7 bc	1.464,9 c
Peso total de la planta (g)	8.922,10 b	10.397,20 a	7.777,20 c	6.184,80 c
Diámetro del tallo (cm)	10,92 a	11,23 a	10,79 a	9,96 b
Altura del tallo (cm)	134,46 b	152,30 a	133,34 b	117,51 c
Nº de hojas	6,84 b	7,28 ab	7,12 ab	7,52 a
Longitud vaina de la hoja externa o de mayor edad (cm)	121,98 b	146,94 a	119,63 b	103,94 c
Longitud de la lámina de la hoja externa (cm)	167,80 a	178,22 a	171,40 a	142,04 b
Longitud del pecíolo de la hoja externa (cm)	20,11 a	22,70 a	20,50 a	15,89 b
Longitud total de la hoja externa (cm)	309,89 ab	347,86 a	311,53 ab	261,87 c

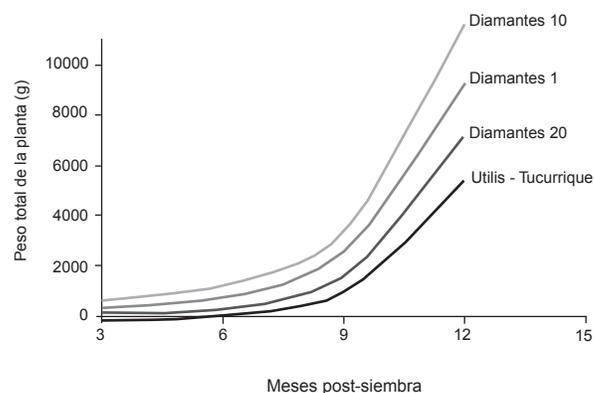
\* a,b,c: Valores medios con letra distinta en sentido horizontal son estadísticamente diferentes, Duncan  $P < 0,05$ .

de la raíz, tallo y hojas). Esos tres parámetros tienen interés teórico pero no práctico, por cuanto su separación de la planta la afecta seriamente o le produce la muerte; en tanto que el peso total de la planta si es manejable si se utiliza en un programa de selección, ya que no produce mayor estrés si la planta se manipula cuando es aún pequeña (seis meses parece la edad apropiada).

Es de interés resaltar varios aspectos referentes al comportamiento de estas variedades en relación con estos parámetros. Las variedades Diamantes-1, 10 y Utilis-Tucurrique se comportan de acuerdo con lo esperado, según corresponde con la productividad de estas variedades reportado por estos mismos autores (Arroyo y Mora 2002a), pero Diamantes -20 no lo hace.

Diamantes-20, después de Diamantes-10, es la más productiva; sin embargo, medida por estos parámetros le correspondería el tercer lugar muy cercano del cuarto si consideramos que estos parámetros son determinantes de productividad. La posible razón de esta aparente incongruencia es debida a la ausencia en este estudio de otro parámetro posiblemente de gran importancia, la succulencia de los tejidos (menor contenido de fibra y mayor suavidad). Esto explicaría por qué a pesar del menor peso de su biomasa, el aprovechamiento del material que forma el palmito foliar es mayor en Diamantes-20 que en otras variedades (este parámetro influye aún en mayor grado en el peso del palmito cau-

linar). Por su parte, referente al peso total de la planta, Diamantes-1 muestra consistentemente un mayor desarrollo que Diamantes-20, que aunque no es estadísticamente significativo al inicio del desarrollo (tres meses) si lo es al avanzar en edad (Figura 3). El hecho de que Diamantes-1 ocupe un distante tercer lugar en cuanto a rendimiento, a pesar de producir mayor biomasa por tallo que Diamantes-20, es explicable por igual razón, en este caso, por su menor succulencia o mayor dureza, según se quiera expresar.



**Figura 3.** Desarrollo total de la planta estimado por su peso, en cuatro variedades de pejibaye, medido cada tres meses hasta los 12 meses después de la siembra. Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón. 2001.

**Cuadro 9.** Resumen del desarrollo del diámetro del tallo en cuatro variedades de pejibaye para palmito, expresado en cm. Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón. 2001.

Variedades	Edad del muestreo			
	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
Diamantes-1	1,15 ab*	3,17 b	6,98 a	10,92 a
Diamantes-10	1,30 a	3,57 a	7,38 a	11,23 a
Diamantes-20	1,16 ab	3,04 bc	6,27 b	10,79 a
Utilis-Tucurrique	1,05 b	2,70 c	5,98 b	9,96 b

\* a,b,c: Valores medios con letra distinta en sentido vertical son estadísticamente diferentes, Duncan  $P < 0,05$ .

### Diámetro y altura del tallo y número de hojas desarrolladas (Cuadros 9 y 10)

Referente al diámetro del tallo tomado en el campo, altura del mismo y número de hojas, reconocidos por su correlación con productividad (Ares *et al.* 2002, Arroyo *et al.* 2001, Arroyo y Mora 2002a, Szott *et al.* 1991), se puede observar que a la edad de tres meses, solamente si la diferencia potencial de productividad entre variedades es muy marcada (caso de Diamantes-10) se obtiene significancia estadística. Sin embargo a la edad de seis meses las diferencias se van tornando más marcadas; en donde Diamantes-10 continúa mostrándose superior y Utilis-Tucurrique es claramente inferior, excepto en el número de hojas. Estos resultados muestran que el número de hojas desarrolladas no es un buen discriminante de diferencias intervarietales del potencial de productividad, algo que sí hace el número de hojas embrionarias, como se mostró anteriormente. A los 12 meses de edad Diamantes-10, sin duda la mejor productora de las cuatro variedades, no muestra superioridad en este aspecto sobre Utilis-Tucurrique que es considerablemente inferior. Debe tenerse presente que el número de hojas no es

**Cuadro 10.** Resumen del desarrollo de la altura del tallo en cuatro variedades de pejibaye para palmito, expresado en cm. Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón. 2001.

Variedades	Edad del muestreo			
	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
Diamantes-1	14,08 ab	36,08 b	52,40 b	134,46 b
Diamantes-10	15,80 a	42,16 a	63,20 a	152,30 a
Diamantes-20	14,53 a	34,74 b	53,30 b	133,34 b
Utilis-Tucurrique	12,29 b	27,09 c	43,44 c	117,51 c

\* a,b,c: Valores medios con letra distinta en sentido vertical son estadísticamente diferentes, Duncan  $P < 0,05$ .

una medida tan exacta como área foliar. Diámetro del tallo y altura de la planta si han resultado consistentemente correlacionadas con rendimiento (Ares *et al.* 2002, Mora y Arroyo 1999, Szott *et al.* 1991).

### Longitudes de las partes de la hoja externa (hoja de mayor edad)

Debido a que la hoja de mayor edad queda en una posición expuesta y fácil de medir, se consideró que podría utilizarse también para predecir productividad. Los resultados indican con claridad, que efectivamente es así y que se observan diferencias entre variedades a partir de los seis meses de edad. Los parámetros longitud de la lámina, del pecíolo, de la vaina y total de la hoja, son buenos indicadores de rendimiento del palmito foliar, como se observa en los Cuadros 5, 6, 7 y 8. De especial interés es la longitud del pecíolo, el cual es tan útil en este sentido como lo son el diámetro del tallo y su altura. A continuación se reúnen los datos correspondientes a estos tres descriptores para observarlos con mayor claridad.

Los Cuadros 9,10 y 11, son un resumen que muestran diferencias entre variedades, en el desarrollo del diámetro y altura del estípote y longitud del pecíolo de la hoja de mayor edad. A los tres meses de edad las diferencias en el grosor ya indican con claridad la superioridad de Diamantes-10 y la inferioridad de Utilis-Tucurrique, ambas mantienen esta condición hasta los 12 meses. En tanto que Diamantes-1 y 20 se comportan muy semejantes entre sí. Este resultado indica que una selección por vigor puede realizarse a los tres meses si las condiciones culturales son uniformes, aunque en el caso de la longitud del pecíolo de la hoja externa es más obvio a partir de los seis meses.

**Cuadro 11.** Resumen del desarrollo de la longitud del pecíolo de la hoja externa en cuatro variedades de pejibaye para palmito, expresado en cm. Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón. 2001.

Variedades	Edad del muestreo			
	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
Diamantes-1	2,52 b	7,08 ab	10,72 b	20,11 a
Diamantes-10	2,66 b	8,60 a	14,00 a	22,70 a
Diamantes-20	3,47 a	7,26 ab	11,03 b	20,50 a
Utilis-Tucurrique	2,64 b	6,80 b	8,80 c	15,89 b

\* a,b,c: Valores medios con letra distinta en sentido vertical son estadísticamente diferentes, Duncan  $P < 0,05$ .

En términos generales se encuentra que la proporción entre hojas embrionarias y desarrolladas o adultas a los 12 meses de edad del estípote, es diferente de aquel encontrado en el tallo adulto y donde el número de hojas embrionarias es superior al de hojas desarrolladas. Esa proporción difiere entre variedades, constituyéndose en un indicador de rendimiento productivo de éstas.

Asimismo, existe un estrecho equilibrio en el desarrollo de las partes de la planta en su estado juvenil (raíz, tallo, follaje), así como entre las partes de la hoja (vainas, pecíolo y lámina). La altura y grosor del tallo están estrechamente relacionados con rendimiento, pero un factor no considerado hasta el presente –suculencia/dureza– debe ser utilizado conjuntamente con uno de ellos para mejor predicción. La longitud de la hoja externa o de sus partes –pecíolo para mayor simplicidad– es también útil para predecir rendimiento, en forma semejante al uso de diámetro o altura del tallo. De igual manera, precocidad en la aparición y número de brotes están correlacionados entre sí y con la productividad inicial de la cepa. En un programa de mejoramiento genético del pejibaye para producción de palmito, resulta conveniente utilizar más de uno de los parámetros relacionados con productividad para mayor certeza de obtener los mejores resultados.

## LITERATURA CITADA

- ARES, A.; BONICHE, J.; QUESADA, J.P.; YOST, R.S.; MOLINA, E.; SMYTH, T.J. 2002. Estimación de biomasa por métodos alométricos, nutrimentos y carbono en plantaciones de palmito en Costa Rica. *In: Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) (ed.). Taller internacional sobre diseño de herramientas para toma de decisiones en el manejo integrado de nutrimentos del suelo. Guápiles, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. p. 2-18.*
- ARROYO, C.; MORA, J. 2003. Relación entre el desarrollo de la hoja guía y el peso del palmito foliar, en pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth). *Agronomía Mesoamericana para publicación* 14(2): 157-164.
- ARROYO, C.; MORA, J. 2002a. Efecto de la poda en el trasplante del almácigo de pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth). *Agronomía Mesoamericana* 13(2) 135-140.
- ARROYO, C.; MORA, J. 2002b. Producción comparativa de palmito entre cuatro variedades de pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth). *Agronomía Mesoamericana* 13(2) 135-140.
- ARROYO, C.; MORA, J.; SOTO, M. H. 2001. Fertilización de almácigos de pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth). *Agronomía Mesoamericana* 12(2). p.153-159.
- BLAAK, G. 1980. Vegetative propagation of pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth). *Turrialba* 30(3): 258-261.
- BOVI, M.L.A.; GODOY, G.; CAMARGO, S.B.; SPIERING, S.H. 1993a. Caracteres indirectos na seleção de pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth) inermes. *In: Mora-Urpí J; Szott, L; Murillo, M; Patiño, V.M. (eds.). IV Congreso internacional sobre biología, agronomía e industrialización del pijuayo. Iquitos, Perú. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. p. 163-176.*
- BOVI, M.L.A.; GODOY, G.; SPIERING, S.H.; CAMARGO, S.B. 1993b. Seleção precoce em pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth) para produção de palmito. *In: Mora J; Szott, L; Murillo, M; Patiño, V.M. (eds.). IV Congreso internacional sobre biología, agronomía e industrialización del pijuayo. Iquitos, Perú. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. p. 177-195.*
- CAMACHO, E.; SYLVAIN, P. 1967. Pejibaye (*Guilielma gasipaes*). *In: Informe técnico. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 12 p.*
- CLEMENT, C.R.; BOVI, M.L.A. 2000. Padrenização de medidas de crecimiento e produção em experimentos de pupunheiras para palmito. *Acta Amazónica* 30(3): 349-362.
- FERREIRA, S.; CLEMENT, C.R.; RANZANI, G. 1980. Contribuição para o conhecimento de sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth. = *Guilielma gasipaes* H.B.K. Baily) I solo latossolo amarelo, textura media. *Acta Amazónica* 10(2):245-249.
- HERRERA, W. 1989. Fertilización del pejibaye para palmito. *Boletín Informativo de Pejibaye (Guilielma)*. Universidad de Costa Rica 1(2):4-10.
- JANSEN, D. 1991. Simulation of growth and production of palmito (*Bactris gasipaes* H.B.K.). *In: Mora, J; Szott, L; Murillo, M; Patiño, V.M. (eds.). IV Congreso internacional sobre biología, agronomía e industrialización del pijuayo. Iquitos, Perú. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. p 199-207.*
- LOPEZ, A.; SANCHO, H. 1990. Observaciones sobre la distribución radical del pejibaye (*Bactris gasipaes* HBK) para palmito en un andosol. *ASBANA* 14 (34): 9-14.
- MORA, J. 2003. Comunicación personal. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.
- MORA, J. 1999a. Morfología. *In: J. Mora; J. Gainza (eds.). Palmito de pejibaye (Bactris gasipaes Kunth) su cultivo e industrialización. San José, Costa Rica, Editorial Universidad de Costa Rica. p.32-38.*
- MORA, J. 1999b. Poda. *In: J. Mora; J. Gainza (eds.). Palmito de pejibaye (Bactris gasipaes Kunth) su cultivo e industrialización. San José, Costa Rica, Editorial Universidad de Costa Rica. p. 114-117.*

- MORA, J.; ARROYO, C. 1999. Cosecha. *In:* J. Mora; J. Gainza (eds.). Palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth) su cultivo e industrialización. San José, Costa Rica, Editorial Universidad de Costa Rica. p.118-122.
- PEREIRA, J.D.; VELÁSQUEZ, C.; LOIS, M. 2003. Caracterización de los componentes químicos y del color del palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) producido en Costa Rica. Enviado a REVITECA para publicación.
- PEREIRA, J.D.; VELÁSQUEZ, C. 2003. Caracterización de las dimensiones, rendimientos y fuerza de corte del palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) producido en Costa Rica. Enviado a REVITECA para publicación.
- RAMOS, A. 2002. Análise do desenvolvimento vegetativo e produtividade da palmeira pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) sobre níveis de irrigação e adubação nitrogenada. Tesis Escuela Superior de Agricultura. Luiz de Queiroz. Piracicaba. Brasil. 113 p.
- SÁNCHEZ, N. F. 1981. Aspectos fenológicos del pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Tesis Ing. Agr. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 73 p.
- SZOTT, L. T.; AREVALO, L.; PÉREZ, J. 1991. Allometric relationships in pijuayo. *In:* Mora, J.; Szott, L; Muriillo, M; Patiño, V.M. (eds). IV Congreso internacional sobre biología, agronomía e industrialización del pijuayo. Iquitos, Perú. San José, Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica. p. 91-115.
- TOMLISON, P.B. 1990. The structural biology of palms. Oxford University Press, New York. 477 p.