

ACUMULACIÓN DE BIOMASA Y NUTRIMENTOS EN PLANTACIONES DE PALMITO EN GUÁPILES, COSTA RICA¹

Eloy Molina²*, Alfredo Alvarado*, Jimmy Boniche*, Thomas J. Smyth**

Palabras clave: *Bactris gasipaes*, palmito, nutrimentos, biomasa, suelos.

Keywords: *Bactris gasipaes*, heart-of-palm, nutrients, biomass, soils.

RESUMEN

Se cuantificó la producción de biomasa y nutrimentos en 2 plantaciones de pejibaye para palmito (*Bactris gasipaes* Kunth) de 4 y 8 años, mediante la estimación mensual del peso seco de palmitos cosechados y sus residuos (hojas, cáscaras, rebrotes), durante un período de 52 semanas consecutivas en Guápiles, Costa Rica. Adicionalmente, se determinó la extracción de N, P, K, Ca y Mg en todos los componentes de la planta en cada muestreo mensual. También se realizó un muestreo destructivo al final de las 52 semanas para estimar la biomasa aérea y remanente y su contenido de nutrimentos.

A pesar de que hubo diferencias estacionales en la producción de palmitos y rebrotes durante el año, ambas plantaciones presentaron rendimientos acumulativos de número de palmitos y producción de biomasa muy similares al final de los 12 meses. Con base en el promedio de las 2 plantaciones, la producción de materia seca cosechada fue de 13,1 t ha⁻¹, y sólo el 11% fue removido del campo, con la producción de 11214 palmitos y sus cáscaras. Al comparar la biomasa en la vegetación remanente con lo cosechado en forma acumulada se encontró que el

ABSTRACT

Biomass and nutrient accumulation from heart-of-palm production in mature peach palm plantations of Guápiles, Costa Rica. Harvested offshoots for commercial heart-of-palm and pruned excess offshoots were measured at 4-week intervals across 52 consecutive weeks in 4 and 8 year stands at Guápiles, Costa Rica in order to characterize annual accumulations of above-ground biomass, N, P, K, Ca and Mg that are harvested, exported, and recycled in mature plantations of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) managed for heart-of-palm production. Measurements in each peach palm stand were taken in six 20 m² plots. The standing biomass of developing offshoots in equilibrium with the commercially harvested offshoots was estimated by destructively sampling all plants after the final offshoot harvest at 52 weeks. Despite seasonal differences in the number of offshoots that were either harvested or pruned to maintain a constant population of developing stems, both stands had similar cumulative numbers of harvested offshoots and biomass across the 12 months as well as developing offshoot biomass. Based on averages across both stands, 13.1 t ha⁻¹ of offshoot dry

1/ Recibido para publicación el 18 de marzo del 2002.

2/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: eamolina@cariari.ucr.ac.cr

* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

** Human Resources Development Program. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina. USA.

promedio de materia seca cosechada en las 52 semanas excedió el del crecimiento en desarrollo por un factor de 1,9 en la plantación de 4 años y de 2,7 en la de 8 años. La proporción de nutrimentos asociados a la biomasa remanente, con relación a los asociados con el material cosechado en forma acumulativa en las 2 plantaciones, durante las 52 semanas, varió desde un 36% para el Ca hasta un 55% para el P. El follaje (foliolos, raquis y peciolos) representó el 73% del valor de 11,5 t ha⁻¹ de residuos totales depositados en el campo durante el año. Se estableció una correlación lineal que predice que por cada palmito cosechado se corta 1,04 kg de materia seca en ambas plantaciones. Asimismo, se encontró una relación lineal para las 2 plantaciones entre los nutrimentos acumulados y el peso seco total de los residuos cosechados, que permite predecir que la concentración promedio de nutrimentos en los rebrotes cosechados es de 1,4% de N; 0,27% de P; 1,6% de K; 0,37% de Ca y 0,21% de Mg.

matter was harvested during the year with only 11% removed from the field as 11214 hearts-of-palm and protective stem sheaths. Dry matter for the cumulative annual harvests exceeded that of the standing vegetation of developing offshoots by a factor of 1.9 in the 4 year stand and 2.7 in the 8 year stand. The proportion of nutrients in the standing biomass of developing offshoots, relative to that for all offshoots harvested during the 12 month period, ranged from 36% for Ca to 55% for P. Foliage (leaflets, rachis and petioles) comprised 73% of the 11.5 t ha⁻¹ of residues left in the field as mulch during the year. A linear relation between offshoot dry matter and the number of heart-of-palm for individual harvests in both stands provided an estimate of 1.04 kg of offshoot dry matter for each commercial heart-of-palm. Likewise, linear relations between dry matter and the combined nutrient uptake of harvested offshoot components predicted mean nutrient concentrations in the harvested offshoots of 1.40% N, 0.27% P; 1.60% K; 0.37% Ca and 0.21% Mg.

INTRODUCCIÓN

El reciclaje de nutrimentos juega un papel esencial en la nutrición de muchas especies perennes (Deenik *et al.* 2000). La producción de biomasa en zonas tropicales muy húmedas, generalmente es muy abundante y estable durante el año, lo cual puede contribuir en el reciclaje de nutrimentos a través de deposición del follaje y de residuos de cosecha. En cultivos que producen gran cantidad de biomasa y deshechos, tales deposiciones constituyen una fuente importante de nutrimentos y carbón orgánico que deben ser tomados en consideración en los programas de fertilización.

El pejibaye para palmito produce gran cantidad de residuos durante las labores de cosecha del palmito. Las hojas, los tallos y la mayor parte de las cáscaras del palmito son separadas del tallo cosechado y dejadas sobre la superficie del suelo como una cobertura. Adicionalmente, el exceso de rebrotes es cortado con cierta fre-

cuencia para mantener una población estable de tallos en la cepa. Se estima que una plantación de palmito de más de 2 años produce entre 8000 y 10000 palmitos ha⁻¹ año⁻¹.

Uno de los pocos estudios para investigar la acumulación de biomasa y de nutrimentos exportados como cosecha, y de los residuos dejados en el campo en una plantación madura de palmito de 3200 plantas ha⁻¹ en Guápiles, Costa Rica, fue el realizado por Herrera (1989). Basado en plantas cosechadas a un determinado tiempo y la proyección de cosechar 3 palmitos planta⁻¹ año⁻¹, el autor estimó que la cantidad de materia seca que queda en el campo como residuos fue de 19,5 t ha⁻¹, mientras que tan solo el 8,5% fue exportado del mismo como materia seca. Se estimó que el palmito y los subproductos removidos anualmente del campo contenían una proporción de nutrimentos en la biomasa cosechada de: 5,3% de N; 12,85% de P; 12,5% de K; 7,3% de Ca y 9,1% de Mg. La extracción de N, P y K en el palmito cosechado

fue de 28; 4,8 y 31 kg ha⁻¹, respectivamente. Un estudio realizado en Brasil determinó una extracción de 32,3; 6,4 y 45,2 kg ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente, con base en una producción de biomasa de 2,6 t ha⁻¹ (Bovi 1998).

La capacidad de extracción de nutrimentos del palmito es alta, principalmente en N y K. El orden de extracción de nutrimentos en un estudio realizado en Brasil fue de K>N>P>Ca>Mg>Fe>Zn>Mn>B>Cu (Cravo *et al.* 1996), en tanto que en Costa Rica se encontró que fue de K>N>Ca>P>Mg>S>Mn>Zn>Fe>B>Cu (Herrera 1989).

Existe poca información acerca de la distribución estacional del rendimiento de palmito, aunque es conocido que su rendimiento se reduce significativamente durante la estación menos lluviosa o en períodos de sequía (Calvo y Mora 1999). Más aún, el no poder contabilizar la biomasa y el contenido de nutrimentos tanto de la vegetación remanente después de la cosecha como del material podado como hijos durante todo el año, puede conducir a subestimar el contenido total y la distribución de materia seca de los diferentes componentes de la planta. En este contexto, se planteó el presente trabajo con el objetivo de caracterizar la fluctuación estacional de la acumulación de biomasa y nutrimentos cosechados, reciclados o remanentes como biomasa viva en 2 plantaciones maduras de palmito en Guápiles, Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la plantación

El estudio comprendió 2 plantaciones de palmito ubicadas en la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Costa Rica. La estación se encuentra a 294 msnm y recibe un promedio anual de 4577 mm de precipitación con una temperatura media 24,4°C (período 1964-98). Las plantaciones de palmito escogidas fueron de la variedad con espinas Utilis-Tucurrique, con edades de 4 y 8 años al inicio del experimento y una densidad de 4833 plantas ha⁻¹ espaciadas a 2 m entre hileras y 1 m entre plantas. El suelo de la plantación de 4 años clasificó como Aquandic Dystrudepts (franco grueso, mixto, isohipetérmico), mientras que el de

la plantación de 8 años clasificó como Typic Haludands (ceniciento, amorfo, isohipetérmico). Algunas propiedades químicas seleccionadas de muestras tomadas al inicio y al final del experimento en ambos suelos se incluyen en el cuadro 1; es notorio que el Andisol contiene menos P disponible y Al intercambiable pero más materia orgánica que el Inceptisol.

Experimentos, muestreos y métodos de análisis

Se seleccionó 6 parcelas en cada una de las plantaciones de 4 y 8 años para estimar la acumulación de biomasa y nutrimentos en los palmitos cosechados por 12 meses consecutivos. Cada parcela consistió en una fila de 10 m de largo, distanciadas entre sí en la misma plantación. El 2 de mayo de 1999 se aplicó fertilizante al voleo de una mezcla física conteniendo 18% de N, 5% de P₂O₅, 15% de K₂O, 6% de MgO, 0,6% de B y 7% de S en un área de 2 m entre hileras. Posteriormente, se hizo otras 5 aplicaciones del mismo fertilizante cada 8 semanas. De esta manera, la aplicación total por año de fertilizante adicionado consistió en 155 kg ha⁻¹ de N como urea y fosfato diamónico, 19 kg ha⁻¹ de P como fosfato diamónico, 108 kg ha⁻¹ de K como KCl y sulfato de potasio y magnesio, 31 kg ha⁻¹ de Mg como sulfato de potasio y magnesio, 5 kg B ha⁻¹ como bórax y 63 kg ha⁻¹ de S como sulfato de potasio y magnesio.

La cosecha de palmito se inició el 6 de mayo de 1999 y continuó a intervalos de 4 semanas hasta el 4 de mayo del 2000, para un total de 14 cosechas en un período de 364 días. La cosecha de palmito en las plantas remanentes se realizó 1 a 2 días después de la cosecha de las parcelas experimentales. En cada muestreo se cosechó y contó todos los palmitos por parcela cuyo diámetro fuera mayor a 9 cm a una altura de 5 cm sobre el suelo. El material cortado en el proceso de cosecha se separó en pecíolos, raquis, foliolos y tallos. Los tallos a su vez se separaron en 3 componentes: a) cáscaras externas, b) la segunda cáscara del palmito y c) palmito a una cáscara, de los cuales los 2 últimos componentes son el único material que sale del campo para su procesamiento en la planta empacadora. Cada uno de los componentes

Cuadro 1. Principales propiedades químicas en muestras de suelos tomadas a 0-5 y 5-20 cm de profundidad en las plantaciones de palmito de 4 y 8 años al inicio y al final del experimento.

Suelo	Edad planta (años)	Profundidad suelo (cm)	Fecha muestreo	pH H ₂ O	Intercambiables				Olsen Modificado				M.O.
					Ca	Mg	K	Al	P	Cu	Zn	Mn	
					cmol(+) l ⁻¹				mg l ⁻¹				
Inceptisol	4	0-5	03/06/1999	5,0	2,83	0,64	0,23	0,76	25	7	2,0	6	4,1
			09/03/2000	5,2	2,23	0,58	0,21	0,32	31	5	1,2	6	3,8
		0-20	03/06/1999	5,1	3,11	0,61	0,21	0,58	17	7	2,1	6	3,6
			09/03/2000	5,3	2,15	0,46	0,19	0,23	21	5	1,0	6	3,5
Andisol	8	0-5	03/06/1999	4,8	3,12	0,56	0,19	0,51	8	9	1,6	10	12,1
			09/03/2000	4,9	2,19	0,51	0,15	0,50	11	8	1,5	16	12,5
		0-20	03/06/1999	5,0	4,11	0,55	0,13	0,40	5	9	1,2	9	11,3
			09/03/2000	5,1	3,00	0,45	0,14	0,21	7	8	1,1	15	11,1

cosechados se pesó en fresco en el campo y del mismo se separó muestras para su análisis en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Foliar del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, las cuales fueron secadas en un horno de aire forzado por 48 h a 65°C, pesadas y molidas para su posterior análisis de N, P, K, Ca y Mg. La cosecha de los hijos en exceso o mal ubicados (deshija) se realizó según fuera necesario en cada fecha de muestreo y fueron analizados como un solo componente, siguiendo el mismo procedimiento descrito.

Después de cosechar el palmito en la última fecha, se realizó un muestreo destructivo para cosechar todo el material vivo remanente en cada parcela y estimar la biomasa aérea y su contenido de nutrientes. Cuando los tallos tenían más de 4 cm de diámetro, también se procedió a la separación de sus componentes, los cuales fueron tratados de la misma manera que en el caso anteriormente descrito.

Las muestras molidas fueron digeridas por combustión húmeda con HNO₃ y HClO₄ para determinar el contenido de P, K, Ca y Mg. El P se determinó por espectrofotometría formando el complejo fosfomolibdico y utilizando cloruro estañoso como reductor (Chapman y Pratt 1973). El K, Ca y Mg fueron determinadas por espectrofotometría de absorción atómica. Para la determinación de N, muestras de tejido fueron digeridas por el método

modificado de Kjeldhal y el NH₄ se determinó por espectrofotometría de luz ultravioleta.

El pH del suelo se midió en una suspensión suelo: agua 1:2,5, el Al, Ca y Mg intercambiables se extrajeron con una solución de KCl 1 M y el K, P, Cu, Mn y Zn fueron extraídos con una solución Olsen Modificada (Díaz-Romeu y Hunter 1978). Todos los nutrientes en solución, excepto el P, fueron determinados por espectrofotometría de absorción atómica. El P en los extractos se determinó colorimétricamente por el método de Murphy y Riley (1962). La materia orgánica del suelo se determinó por el método de Walkley y Black (Allison 1965).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución de la biomasa en los diferentes componentes de palmito cosechados

El número acumulativo y el peso seco de los componentes del palmito cosechado durante el período de 52 semanas de las 2 plantaciones se presentan en el cuadro 2. El promedio del número de palmitos cosechados en las 6 parcelas fue de 10813 ha⁻¹ en la parcela de 4 años y de 11616 ha⁻¹ en la parcela de 8 años, valores similares al promedio anual de 10000 palmitos ha⁻¹ cosechados en Costa Rica en plantaciones de 5000 plantas ha⁻¹ de la variedad Utilis-Tucurrique (Mora-Urpí 1999).

Cuadro 2. Número total de palmitos cosechados y peso seco de los componentes de los residuos de cosecha y rebrotes cosechados en plantaciones de palmito de 4 y 8 años. Los valores representan el promedio de 6 repeticiones para cada edad y los números entre paréntesis la desviación estándar.

Edad plantación (años)	Palmitos (N° ha ⁻¹)	Residuos de cosecha			Cosecha				Total
		Foliolos	Raquis	Pecíolos	Cáscaras del palmito Externas	Cáscaras del palmito Internas	Palmito	Residuos rebrotes	
kg peso seco ha ⁻¹									
4	10813 (1824)	4557 (1023)	1747 (503)	1949 (389)	2163 (544)	820 (267)	715 (197)	154 (77)	12104 (2825)
8	11616 (2233)	4838 (1223)	2089 (605)	1867 (492)	3395 (1130)	758 (228)	558 (118)	677 (372)	14182 (3354)

Dentro de los componentes cosechados, la cantidad exportada de la finca fue del 13% del total de materia seca en la plantación de 4 años y del 9% en la de 8 años.

Aún cuando el número de palmitos cosechados en ambas plantaciones fue similar, su cosecha durante el año, al igual que el número de rebrotes podados, fue diferente (Figura 1). El 45% de los palmitos en la parcela de 8 años se cosechó durante el primer muestreo (semana 0) mientras que un máximo de 20% se cosechó durante la semana 12 en la parcela de 4 años. El mayor número de rebrotes cosechados en la parcela de 4 años se cortó durante las semanas 20 y 24 mientras que este máximo se obtuvo durante las cortas de las semanas 4, 16, 20, 24, 32 y 36 en la parcela de 8 años. El hecho de que la parcela de 8 años estuviera sin cosechar antes de iniciar el experimento fue lo que contribuyó a la gran producción de palmitos durante la primera corta, pero la mayor frecuencia de podas de hijuelos, sugiere que el número de los mismos ocurrió con mayor frecuencia que en la parcela más joven.

Se encontró una relación lineal entre el número de palmitos cosechados y el peso seco del material cosechado al combinar todas las fechas de muestreo de las parcelas de las 2 edades, excluyendo el primer muestreo de la parcela de 8 años (Figura 2). La pendiente de la regresión lineal predice que por cada palmito cosechado se corta 1,04 kg de materia seca. La inclusión del valor de biomasa del

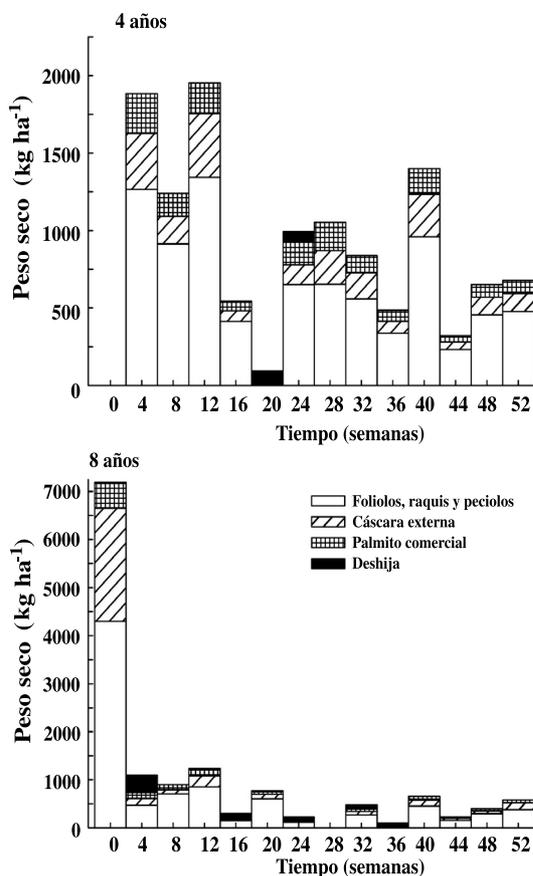


Fig. 1. Distribución de materia seca en los diferentes componentes cosechados (incluye los hijuelos) en plantaciones de palmito de 4 y 8 años de edad muestreadas a intervalos de 4 semanas en un período de 52 semanas.

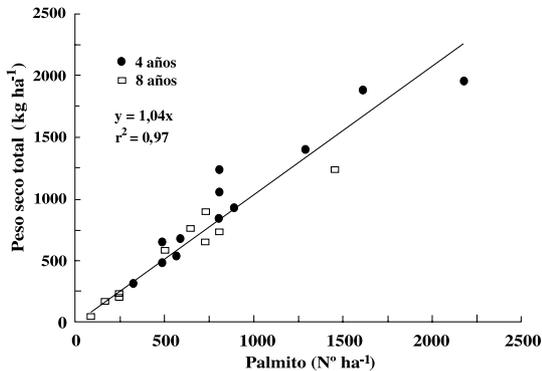


Fig. 2. Total de biomasa aérea seca en función del número de palmitos cosechados en plantaciones de 4 y 8 años durante 52 semanas. Se excluyeron los datos de la semana 0 en la plantación de 8 años.

primer muestreo de la parcela de 8 años, aumenta la pendiente del modelo lineal a 1,24 ($r^2=0,98$).

El peso seco promedio por cada palmito cosechado con 2 cáscaras (palmito+cáscara interna) durante todos los muestreos y para las 2 edades fue de 0,13 kg con una desviación estándar de 0,04. Basados en estos estimados, el 88% de 1,04 kg de materia seca cosechado con cada planta de palmito permanece en el campo como residuos de cosecha y cobertura. Estos resultados coinciden con los de Herrera (1989) obtenidos en una plantación de 3200 plantas ha^{-1} en Costa Rica, quién determinó que el promedio de peso seco de los materiales cosechados que permanecía en el campo por cada palmito cosechado era de 0,18 kg, de manera que el 92% del material cosechado permanecía en el campo.

Absorción de nutrientes y su distribución en los componentes cosechados de la planta

La acumulación de N, P, K, Ca y Mg en los palmitos cosechados y en el material de deshecho durante 52 semanas se presenta en el cuadro 3. La absorción total promedio de todas las parcelas se mantuvo en el orden $K>N>Ca>P>Mg$, coincidiendo con los resultados encontrados por Cravo *et al.* (1996). La proporción de nutrientes exportados de la finca en los palmitos cosechados con 2 cáscaras promedio en las 2 plantaciones fue: 16% del P, K y Mg, el 13% del N y el

12% del Ca. De los residuos que permanecen en el campo el follaje (raquis, foliolos y pecíolos) contenía la mayor parte de los nutrientes, los cuales en promedio para las 2 plantaciones oscilaron entre 59% para K y P y un 74% para N.

Se encontró una relación lineal para las 2 plantaciones entre los nutrientes acumulados y el peso seco total de los residuos cosechados en todas las épocas de cosecha, excepto para la semana 0 en la plantación de 8 años. En la figura 3 se muestra la acumulación de N y en el cuadro 4 se incluye las ecuaciones de regresión para todos los elementos estudiados. La pendiente de la línea de regresión (kg nutriente kg^{-1} materia seca) representa un estimado del promedio de la concentración de nutrientes en el peso seco de los rebrotes y corresponde al 1,4% de N; 0,27% de P; 1,6% de K; 0,37% de Ca y 0,21% de Mg.

Dado que la adición de residuos de cosecha a través de las 52 semanas es constante (Figuras 1 y 2) tal cual indican las ecuaciones de regresión lineal, es posible calcular la cantidad de nutrientes en el material cosechado con sólo conocer el número de palmitos cosechados en la plantación. Sin embargo, esta predicción de la cantidad de nutrientes absorbida puede variar para otras variedades de palmito u otros criterios de diámetro de corta.

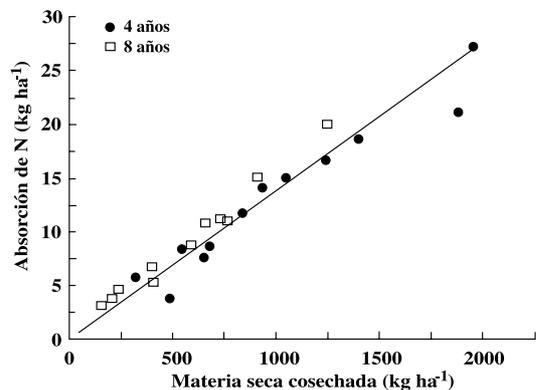


Fig. 3. Absorción de nitrógeno por los palmitos cosechados en función de la biomasa aérea seca en plantaciones de 4 y 8 años durante un período de 52 semanas. La ecuación de regresión lineal se encuentra en el Cuadro 4.

Cuadro 3. Total acumulado de nutrientes en componentes de los residuos de cosecha y rebrotes cosechados en plantaciones de palmito de 4 y 8 años. Los valores representan el promedio de 6 repeticiones para cada edad.

Edad plantación (años)	Nutri- mento	Residuos de cosecha				Cosecha		Residuos de rebrotes	Total
		Follaje			Cáscaras del palmito Externas	Cáscaras del palmito Internas	Palmito		
		Foliosos	Raquis	Pecíolos					
kg ha ⁻¹									
4	N	105,2	8,9	7,2	14,3	4,9	18,2	2,6	161,3
	P	11,5	5,5	5,1	6,6	2,2	4,2	0,4	35,5
	K	62,2	32,8	34,1	40	13,6	24,4	3,3	210,4
	Ca	20,3	4,5	5,1	8,1	2,5	3	0,5	44
	Mg	11,3	2,2	2,9	4,4	1,4	3,1	0,3	25,6
8	N	115,2	13,6	8,6	23,4	4,9	15,7	10,9	192,3
	P	11,3	5,2	3,6	9,9	1,9	3,4	1,5	36,8
	K	53,1	25,6	19,8	39,1	8,8	15,3	10,6	172,3
	Ca	22,1	5,2	4,5	11,7	2,7	2,6	2,3	51,1
	Mg	12,5	3,1	2	7	1,4	2,6	1,3	29,9

Cuadro 4. Ecuaciones de regresión lineal para estimar la acumulación de nutrientes (y en kg ha⁻¹) en el material cosechado para la producción de palmito en función de la materia seca cosechada (x en kg ha⁻¹). Promedio de 14 muestreos realizados en un período de 52 semanas y en plantaciones de 4 y 8 años en Costa Rica.

Nutri- mento	Ecuación*	r ²
N	y=0,0140x	0,98
P	y=0,0027x	0,98
Ca	y=0,0037x	0,98
Mg	y=0,0021x	0,99
K	y=0,0160x	0,96

*Todos los coeficientes de regresión son significativos a $p < 0,001$; se excluyó los datos de la semana 0 para la parcela de 8 años.

Materia seca y nutrientes acumulados en la biomasa remanente en el campo

Una porción de la biomasa de la cepa de palmito en cualquier momento en el tiempo consiste en un crecimiento vegetativo de diferentes edades con un diámetro de tallo inferior al requerido para cosecha. En plantaciones maduras, en las cuales el número de rebrotes se mantiene constante, este tipo de biomasa debería permanecer constante a través del año. Al final de las 52 semanas, esta biomasa se midió al cosechar por medios destructivos todo el material remanente en 6 parcelas de 20 m² y en cada tipo de plantación (Cuadro 5). El follaje (foliosos, raquis y pecíolos) de los rebrotes de >4 cm de diámetro representó el 54% del total de biomasa remanente como promedio de ambas plantaciones, mientras que el crecimiento joven con

diámetro <4 cm representó el 28%. Al comparar la biomasa en la vegetación remanente con lo cosechado en forma acumulada (Cuadro 2) se observa que el promedio de materia seca cosechada en el período de 52 semanas en ambas plantaciones excede el del crecimiento en desarrollo por un factor de 2,2.

La acumulación y la distribución de los nutrientes en los diferentes componentes de la vegetación en crecimiento se muestra en el cuadro 6. La contribución relativa del promedio total absorbido de nutrientes, combinando las 2 plantaciones estudiadas es similar al encontrado para el material cosechado durante el período de estudio (Cuadro 3) y sigue la secuencia $K > N > P = Ca > Mg$. La proporción de nutrientes asociados a la biomasa remanente con relación a los asociados con el material cosechado en forma acumulativa en

Cuadro 5. Peso seco de los diferentes componentes de la biomasa remanente después del período de cosecha en plantaciones de palmito de 4 y 8 años al final del experimento. Los valores representan el promedio de 6 repeticiones para cada edad y los números entre paréntesis la desviación estándar.

Edad plantación (años)	Follaje			Cáscaras de palmito		Palmito	Otros materiales*	Total
	Foliolos	Raquis	Pecíolos	Externas	Internas			
kg ha ⁻¹								
4	1992 (5112)	688 (121)	496 (180)	720 (255)	290 (83)	244 (28)	2077 (684)	6506 (1391)
8	2061 (703)	552 (177)	569 (158)	334 (134)	272 (64)	303 (53)	1161 (1194)	5252 (1265)

* Residuos con tallos de menos de 4 cm de diámetro que no habían desarrollado lo suficiente como para separar sus componentes.

Cuadro 6. Nutrimientos acumulados en los diferentes componentes de la biomasa remanente después del período de cosecha en plantaciones de palmito de 4 y 8 años al final del experimento. Los valores representan el promedio de 6 repeticiones para cada edad y los números entre paréntesis la desviación estándar.

Edad plantación (años)	Nutrimiento.	Follaje			Cáscaras del palmito		Palmito	Otros materiales*	Total
		Foliolos	Raquis	Pecíolos	Externas	Internas			
kg/ha									
4	N	28,9 (7,0)	2,6 (0,4)	0,5 (0,4)	4,0 (1,1)	0,7 (0,3)	5,9 (1,6)	19,3 (5,4)	61,9 (7,0)
	P	5,4 (1,4)	2,0 (0,7)	1,3 (0,6)	2,7 (0,7)	0,8 (0,1)	1,5 (0,2)	7,3 (2,1)	20,9 (4,5)
	K	25,3 (8,7)	10,8 (2,6)	7,6 (3,8)	13,7 (3,3)	3,9 (1,2)	7,0 (1,1)	48,3 (14,1)	116,6 (24,3)
	Ca	4,8 (1,9)	0,8 (0,3)	0,8 (0,3)	2,8 (0,9)	0,9 (0,3)	0,9 (0,1)	4,3 (1,9)	15,2 (4,8)
	Mg	3,6 (1,2)	0,8 (0,2)	0,5 (0,1)	1,9 (0,4)	0,5 (0,1)	0,9 (0,1)	3,9 (0,9)	12,0 (2,3)
	8	N	54,7 (26,9)	3,4 (1,2)	1,3 (0,4)	2,4 (1,6)	1,2 (0,6)	0,7 (0,2)	19,0 (20,6)
P		7,4 (2,7)	2,1 (0,4)	2,0 (0,5)	1,2 (0,5)	1,0 (0,3)	1,0 (0,2)	3,9 (3,9)	18,5 (4,4)
K		24,7 (10,1)	7,6 (2,6)	7,0 (2,3)	5,1 (2,5)	3,6 (1,9)	3,7 (0,7)	15,5 (14,8)	67,1 (18,8)
Ca		8,5 (3,6)	0,9 (0,5)	1,6 (0,4)	1,4 (0,6)	1,0 (0,3)	0,9 (0,1)	4,6 (5,0)	18,9 (4,5)
Mg		5,1 (1,6)	0,8 (0,2)	0,8 (0,3)	0,8 (0,4)	0,6 (0,2)	0,4 (0,1)	2,8 (3,1)	11,2 (3,0)

* Residuos con tallos de menos de 4 cm de diámetro que no habían desarrollado lo suficiente como para separar sus componentes.

las 2 plantaciones durante las 52 semanas del estudio varió desde un 36% para el Ca hasta un 55% para el P.

La diferencia en el K disponible en el suelo de la plantación de 8 años, el cual fue consisten-

temente menor durante todos los muestreos realizados, podría explicar su menor acumulación en la biomasa remanente de estas parcelas con relación a las de la plantación de 4 años (Cuadro 1). Las concentraciones de K en el tejido colectado de la

biomasa remanente en la plantación de 8 años fue siempre baja con valores de 0,20% en el raquis, de 1,62% en el palmito y de 0,95% en los rebrotes con diámetro inferior a 4 cm. Se requiere ensayos de campo con niveles de K adicionales para evaluar la respuesta del palmito a este elemento y determinar hasta que punto las recomendaciones actuales deben ser modificadas.

Los residuos de cosecha dejados en el campo contienen más del 80% de los nutrimentos absorbidos, cantidad 2 veces mayor que el remanente de biomasa en el mismo campo. En un trabajo realizado en este proyecto, Soto *et al.* (2001) estimaron los nutrimentos liberados en forma acumulativa en 1 año, provenientes del follaje colectado durante 48 semanas, utilizando modelos desarrollados por ellos en estudios de descomposición y liberación de nutrimentos de residuos de cosecha en una plantación comercial de 16 años. El estimado de nutrimentos liberados del follaje correspondió o excedió el 50% de lo acumulado en el presente trabajo y sugiere que el reciclaje de nutrimentos es un componente importante en la estrategia de manejo de la fertilización de plantaciones de palmito.

CONCLUSIONES

A pesar de las marcadas diferencias en la distribución estacional de la producción de biomasa entre las 2 plantaciones de palmito estudiadas durante 1 año, el número acumulado de palmitos cosechados y el peso seco de la biomasa remanente en desarrollo fueron similares entre las plantaciones de 4 y 8 años. La relación lineal encontrada entre el número de palmitos y el peso de la materia seca cosechada, así como la relativamente constante concentración de los nutrimentos en ambas plantaciones, permite calcular la absorción de nutrimentos en la biomasa cosechada en función del número de palmitos cosechados. Los residuos de cosecha dejados en el campo contienen más del 80% de los nutrimentos absorbidos, cantidad 2 veces mayor que el remanente de biomasa en el mismo campo.

La absorción total promedio de nutrimentos de todas las parcelas se mantuvo en el orden

$K > N > Ca > P > Mg$. La proporción de nutrimentos exportados de la finca en los palmitos cosechados con 2 cáscaras promedió en las 2 plantaciones el 16% del P, K y Mg, el 13% del N y el 12% del Ca. De los residuos que permanecen en el campo el follaje (raquis, foliolos y pecíolos) contenía la mayor parte de los nutrimentos, los cuales en promedio para las 2 plantaciones oscilaron entre 59% para K y P y un 74% para N.

Cerca del 90% de la biomasa y nutrimentos extraídos por el palmito en el lapso de 1 año son retornados nuevamente al suelo, lo que demuestra la gran capacidad de reciclaje de carbono orgánico y nutrimentos que posee esta planta.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación forma parte del Proyecto Ayudas para la Toma de Decisiones en el Manejo de Nutrimentos del Suelo del Programa de Colaboración de Manejo de Suelos financiado por la donación LAG-G-00-97-00002-00 de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos de América. Los autores desean agradecer la colaboración en el trabajo de campo de los Ingenieros Antonio Bogantes y José L. Rivera, y demás personal de la Estación Experimental Los Diamantes del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

LITERATURA CITADA

- ALLISON L.E. 1965. Organic carbon. *In: Methods of soil analysis, Part 2.* Ed. by C.A. Black. Madison, WI. Amer. Soc. p. 1367-1378.
- BOVI M.L.A. 1998. Palmito pupunha: Informações básicas para cultivo, Boletim Técnico 173, Instituto Agrônomo Campinas, Brasil.
- CALVO L.R., MORA J.M. 1999. Prácticas de riego en el cultivo de palmito. *In: Palmito de Pejibaye (Bactris gasipaes Kunth): su Cultivo e Industrialización.* Ed. por J. Mora-Urpí y J.G. Echeverría, San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica. p. 95-98.
- CRAVO M.S., MORAES C.R.A., CRUZ L.A.A. 1996. Extração de nutrientes por palmito de pupunha. Resúmen XXII Reuniao Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Manaus, Brasil. p. 624-625.

- DEENIK, J., ARES, A., YOST, R.S. 2000. Fertilization response and nutrient diagnosis in peach palm (*Bactris gasipaes*): a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56:195-207.
- CHAPMAN, H.D., PRATT, P.F. 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. México, Editorial Trillas. 195 p.
- DIAZ-ROMEU R., HUNTER A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 68.
- HERRERA W. 1989. Fertilización del pejobaye para palmito. Serie técnica pejobaye, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, Boletín Informativo 1(2):5-10.
- MORA-URPI J. 1999. Bases para evaluar comercialmente futuras innovaciones en el cultivo. *In: Palmito de Pejobaye (Bactris gasipaes Kunth): su cultivo e industrialización*. Ed. por J. Mora-Urpí y J.G. Echeverría. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica. p. 48-50.
- MURPHY J., RILEY J.R. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27. p. 31-36.
- SOTO G., LUNA-OREA P., WAGGER M.J., SMYTH T.J., ALVARADO A. 2001. Foliage residue decomposition and nutrient release on a heart-of-palm plantations in Costa Rica. *Field Crops Res.* (En revisión).
-