

RESPUESTA DEL PEJIBAYE PARA PALMITO (*BACTRIS GASIPAES*) AL NITRÓGENO EN ANDISOLES DE COSTA RICA¹

Eloy Molina^{2/*}, Alfredo Alvarado*, Thomas J. Smyth**, Jimmy Boniche*, Danilo Alpízar*,
Deanna Osmond**

Palabras clave: *Bactris gasipaes*, palmito, nitrógeno, Andisoles, fertilización.

Keywords: *Bactris gasipaes*, heart-of-palm, nitrogen, Andisols, fertilization.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la fertilización con 0, 50, 100, 200 y 400 kg ha⁻¹ de N en plantaciones de palmito, fraccionados bimensualmente y utilizando como fuente nitrato de amonio. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones en un suelo Andic Dystrudept de la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Pococí, Limón. La parcela experimental fue de 80 m² con 4 hileras de 10 m largo, 2 m entre hileras y 1 m entre plantas. Se utilizó la raza Tucurrique con espinas en una plantación de 4 años de edad, podada totalmente y sujeta a libre crecimiento durante 2 años antes de iniciar el ensayo. El período de estudio fue de 1 año con cosechas mensuales para evaluar: el número de palmitos ha⁻¹, el peso medio del palmito cosechado, la altura, el diámetro basal y el número de hojas promedio de las plantas cosechadas. Se estudió el efecto de la fertilización sobre la disponibilidad de los nutrientes en el suelo y el contenido de los mismos en las hojas 3 y 5. Se encontró diferencias significativas entre tratamientos sólo para el número de palmitos ha⁻¹ y su peso medio. Hubo correlaciones significativas y positivas entre el rendimiento y el crecimiento, excepto para el número de hojas, que correlacionó solamente con el diámetro basal.

ABSTRACT

Response of heart-of-palm from peach palm (*Bactris gasipaes*) to nitrogen in Costa Rican Andisols. The effect of bimonthly fractionated N fertilization on heart-of-palm plantations was evaluated using an ammonium nitrate source at levels of 0, 50, 100, 200 and 400 kg ha⁻¹ of N. A complete randomized block design was used, with 3 replicates, on an Andic Dystrudept of the Experimental Station Los Diamantes, Guápiles, Pococi, Limón. The experimental plot was 80 m² with 4 rows 10 m long, 2 m between rows, and 1 m between plants. The Tucurrique spiny variety was used in a 4 year-old plantation, totally pruned and allowed to free growth during 2 years before beginning the trial. The study period was 1 year with monthly reaping in order to evaluate: number of heart-of-palm ha⁻¹, average weight of heart-of-palm reaped, height, basal diameter, and average number of leaves of the plants reaped. The effect of fertilization on nutrient availability in the soil was studied, as was their content in leaves 3 and 5. Significant differences between treatments were found only for the number of heart-of-palm ha⁻¹ and their average weight. There were significant positive correlations between yield

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.

La aplicación de niveles altos de N causó aumentos en la acidez del suelo, en la saturación de acidez, en los contenidos de Mn, Fe y menos pronunciados en los contenidos de P y Zn y disminuciones en el pH y los contenidos de materia orgánica, Ca y Mg del suelo. A nivel foliar se encontró un mayor contenido de N en la hoja 3 que en la hoja 5, el Ca y el Mg disminuyeron al incrementarse los niveles de N. Se encontró correlaciones positivas entre el contenido de N y el de P, indiferentemente del número de la hoja analizada. Se estableció el nivel crítico de N foliar en 2,88% para la hoja 3 y en 2,37% para la hoja 5, valores asociados a rendimientos relativos de 73 y 80% palmitos ha⁻¹, respectivamente. La aplicación de 150 kg ha⁻¹ de N permitió alcanzar los niveles críticos de N, tanto en la hoja 3 como en la hoja 5, pero se recomienda aplicar la dosis de 200 kg ha⁻¹ de N en plantaciones comerciales de palmito en condiciones semejantes a las del presente experimento.

INTRODUCCIÓN

El N es el elemento que más afecta el crecimiento y productividad del pejibaye para palmito, tanto a nivel de invernadero (Kato *et al.* 1997, Nogueira *et al.* 1997, Pacheco 1998) como en plantación (Jongschaap 1993, Roeland 1994, Deenik *et al.* 2000). La respuesta de plántulas en vivero y recién transplantadas a la aplicación de N-P-K, en Brasil, es mayor en cuanto al incremento en el crecimiento, en la acumulación de biomasa aérea y en la eficiencia en el uso del fertilizante, que la encontrada para otras especies leñosas tropicales (Arkcoll 1982, Gomes *et al.* 1987, Kato 1997, Wolf 1997). A nivel de plantación, la aplicación de N aumenta el número y el peso de los palmitos cosechados y no necesariamente hace variar los niveles foliares de N (Guzmán 1985, Pérez *et al.* 1987, Pérez *et al.* 1993). Cuando se agrega N se observa una respuesta cuadrática en el crecimiento de las plantas adultas de palmito y en plantas pequeñas un efecto significativo sobre el índice de área foliar, la altura de la planta, el número de hijos, el diámetro basal, el peso seco total y el peso seco de los tallos (Jongschaap 1993).

and growth, except for the number of leaves, which correlated only with the basal diameter. The application of high levels of N caused increases in soil acidity, acidity saturation, Mn and Fe contents, and decreases in pH and Ca, Mg and organic matter content in the soil. At a foliar level, a higher N content in leaf 3 than in leaf 5 was found, and Ca and Mg decreased as N levels increased. Positive correlations were found between N and P contents for all leaves analyzed. Critical N foliar levels of 2.88% for leaf 3, and 2.37% for leaf 5, were established, and these values were associated with relative yields of 73 and 80% of heart-of-palm ha⁻¹, respectively. The application of 150 kg ha⁻¹ of N allowed to reach the critical levels of N for leaf 3 as well as leaf 5; however, an application of 200 kg ha⁻¹ of N is being recommended for commercial heart-of-palm plantations in conditions similar to the present experiment.

Los niveles de respuesta óptima al N por el cultivo de palmito se encuentran en el orden de 180 a 370 kg ha⁻¹ año⁻¹ de N (Guzmán 1985, Pérez *et al.* 1987). Bajo ciertas condiciones, la aplicación de 400 kg ha⁻¹ año⁻¹ de N durante 6 años consecutivos redujo el pH del suelo de 5,5 a 4,5, con un incremento de la acidez intercambiable de 0,5 a 2 cmol 100 g⁻¹ de suelo y una disminución significativa de los niveles de Ca, Mg y K intercambiables (Herrera 1989). El N es el elemento removido en mayor cantidad por el cultivo y se ha comprobado que tiene el mayor efecto en el rendimiento y productividad del palmito, seguido por K>Ca>Mg>P>Mn>Fe>Zn>Cu (Molina 2000).

En suelos formados a partir de aluviones volcánicos de Costa Rica (Udepts), Montagnini y Sancho (1990) observaron que la cantidad de N total disminuye conforme se profundiza en el perfil. También determinaron que en los primeros 15 cm de profundidad la tasa potencial neta de nitrificación varía entre 0,88 y 4,75 mg de NO₃ kg⁻¹ día⁻¹ y una mineralización neta entre 0,49 y 5,01 mg de NO₃+NH₄ kg⁻¹ día⁻¹. En Andisoles se puede presentar pérdidas importantes de N por lixiviación debido a su alta porosidad y elevada

conductividad hidráulica, aunque se ha demostrado que el nitrato se mueve en forma lenta, evidenciando procesos de fijación o retención en los coloides no cristalinos (González *et al.* 1985, Pacheco *et al.* 1986, Ryan *et al.* 2001). Varios autores (Pacheco *et al.* 1986, González *et al.* 1985, Deenik *et al.* 2000) encontraron que en Andisoles la lixiviación de nitratos está íntimamente ligada con la precipitación pluvial y con el fraccionamiento de la aplicación de fertilizantes. Además, observaron movimiento de nitratos a más de 90 cm de profundidad en el segundo mes después de aplicar 300 kg ha⁻¹ de N sin fraccionar y el lixiviado con cationes en el orden Mg>Ca>K.

La mayoría de la biomasa de una plantación de palmito se recicla en el ecosistema, por lo que la cantidad de nutrimentos que sale del campo se reduce a valores que oscilan entre 6,9-28 kg ha⁻¹ año⁻¹ de N en Andisoles (Herrera 1989, Jongshaap 1993) y de 27,1 kg ha⁻¹ año⁻¹ de N en Oxisoles (Cravo *et al.* 1996).

La concentración foliar de N varía entre 2,20-2,76% en hojas jóvenes, entre 2,07-3,25% en hojas viejas y entre 2,50-4% en la tercera hoja (La Torraca *et al.* 1984, Falcao *et al.* 1994, Mora *et al.* 1997, Molina 2000). En el cultivo de palmito la concentración de N en el follaje es mayor en los tejidos jóvenes, decrece con la edad, y al parecer no varía mucho en respuesta a la fertilización nitrogenada en plantaciones establecidas (Deenik *et al.* 2000). Ferrufino (2000) recomienda tomar un número de 10, 20 y 30 submuestras de tejido foliar por cada muestra compuesta si la superficie de una plantación homogénea es <1; 1-4,9 y >5 ha, respectivamente.

En plantas de invernadero, Nogueira *et al.* (1997) observaron síntomas de deficiencia de N como clorosis generalizada de las hojas cuando se aplicó 42 mg l⁻¹ de N o menos en la solución nutritiva, lo cual correspondió a niveles foliares de N inferiores al 1,5%. Otros autores (La Torraca *et al.* 1984, Falcao *et al.* 1996, Mora *et al.* 1997, Bovi 1997, Molina 2000), mencionan que las plantas deficientes en N presentan los siguientes síntomas: 1) en general poco desarrollo; 2) las hojas más viejas con una coloración verde claro con tendencia al amarillamiento (clorosis); 3) en casos severos todas las hojas se amarillean,

pudiendo darse el caso de necrosis o muerte de tejidos y los síntomas son más acentuados en los márgenes de las hojas más viejas; 4) los tallos principales son pequeños y delgados y los hijos son débiles y de escaso crecimiento; 5) ocurre una reducción severa en la productividad por cepa; 6) se da una mayor susceptibilidad al estrés hídrico; 7) se obtiene palmitos con alto contenido de fibra y de mayor coloración amarilla después del procesamiento. Es importante recordar que los síntomas se pueden confundir con problemas de mal drenaje, sequía o por ataque de diversos patógenos en el follaje y la raíz.

La dosis de fertilizante recomendada por diversos autores en Andisoles (ASBANA 1981, Mora *et al.* 1984, ANAI 1986, Herrera 1989, Vargas 1995, Molina 2000) oscila entre 250-300 kg ha⁻¹ de N. Sin embargo, en plantaciones de alta densidad (por ejemplo 10000 cepas ha⁻¹) la dosis de N podría incrementarse a 400-500 kg ha⁻¹ de N. Se recomienda hacer la fertilización en 6 ciclos anuales y a unos 40-50 cm desde la base de la planta; en plantaciones jóvenes se recomienda a unos 20-30 cm de distancia. Algunas fuentes recomendadas son el nitrato de amonio, DAP, 18-5-15-6-0,7; urea, 26-0-26, 18-3-10-8-0,4, Nitramón, Magnesamón, etc.

En Ultisoles y Oxisoles de Brasil, López (1997) encontró máximos de rendimiento al aplicar entre 325 y 460 kg ha⁻¹ de N para las variables diámetro del tallo y altura de la planta. Encontró además, un efecto cuadrático en ambas variables, de tal manera que éstas aumentaron y luego disminuyeron a altas dosis (400 o más kg ha⁻¹ de N). Bovi (1997) recomienda hacer aplicaciones comerciales de N 6 meses después del trasplante en cantidades de 110 a 160 kg ha⁻¹ de N cuando se espera una productividad de 1 ó 2 t ha⁻¹ de materia fresca cosechada, de 180 a 230 kg ha⁻¹ de N para cosechar de 2 a 3 t ha⁻¹ de materia fresca y de 110 a 300 kg ha⁻¹ de N cuando se espera cosechar 3 ó 4 t ha⁻¹ de materia fresca; además, recomienda aplicar el fertilizante en las entrelíneas, en por lo menos 5 ciclos anuales y a partir del cuarto año reducir la dosis de N en un 30%.

Dada la importancia que tiene el N en el crecimiento y productividad del pejobaye para palmito, los objetivos del presente trabajo fueron:

mejorar la tecnología de la fertilización nitrogenada en plantaciones de pejibaye para palmito y evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento del palmito y algunas variables de biomasa de la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Los Diamantes, Pococí, Limón, latitud 10° 15' y longitud 83° 46'. La estación se encuentra a 249 msnm y recibe como promedio anual 4561 mm de lluvia, distribuyéndose el 70% de ésta en los meses de junio a diciembre. La humedad relativa durante los meses menos lluviosos (febrero y marzo) alcanza un valor medio diario de 84% y se incrementa hasta aproximadamente un 90% durante los meses más lluviosos (junio a diciembre). La temperatura media mensual presenta una oscilación entre la máxima y la mínima de aproximadamente 9°C durante el año. La temperatura máxima media anual es de 29°C, la mínima media anual es de 20°C y la media es de 24,5°C (Instituto Meteorológico Nacional 1992). El experimento se implementó en un suelo de origen volcánico (Andisol) de fertilidad media, moderadamente ácido y de textura franco arenoso, clasificado como Andic Dystrudept, en una plantación de pejibaye con espinas (raza Turrique) de 4 años de edad, la cual fue totalmente podada y dejada en regeneración libre para iniciar el presente ensayo. La distancia de siembra fue de 2x1 m, con una densidad teórica de 5000 plantas ha⁻¹.

El experimento consistió en la aplicación fraccionada de 5 dosis de N, complementada con un plan de fertilización base. Las fuentes del fertilizante nitrogenado fueron nitrato de amonio (Nutrán) y urea. Las dosis del fertilizante comparadas fueron de 0, 50, 100, 200 y 400 kg ha⁻¹ de N como nitrato de amonio y 100 kg ha⁻¹ de N como urea. Se estableció un tratamiento adicional sin N, con eliminación de residuos de cosecha. Las aplicaciones se realizaron en la banda de fertilización, es decir a unos 40-50 cm del centro de la cepa. Cada dosis de N se fraccionó en 6 apli-

caciones bimensuales. Además, se realizó una fertilización base con 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 120 kg ha⁻¹ de K₂O, 60 kg ha⁻¹ de MgO y 73 kg ha⁻¹ de S, utilizando una mezcla física de cloruro de potasio, triple superfosfato y sulfomag, en proporciones de 21, 15 y 64%, respectivamente.

La cosecha de palmito se realizó cada mes, midiéndose además la altura del tallo a la cosecha (considerando el que presenta más de 20 cm de circunferencia a 5 cm de altura desde la base del tallo, o más de 80 cm de altura hasta el punto de salida de la hoja guía, o que la hoja guía tenga 2 pecíolos contiguos con el tercer pecíolo suficientemente bajo o separado de los anteriores o que el tallo guarde suficiente robusticidad a lo largo del estipe). Del estipe o tallo cosechado se contó el número de hojas, la altura desde la base del tallo hasta el punto de salida de la hoja guía, la circunferencia del tallo a 5 cm de altura desde la base y el peso del palmito de 60 cm de largo conteniendo 2 vainas.

Se tomó una muestra inicial de suelo y foliar de la plantación para conocer su estado nutricional y establecer posibles cambios en la fertilización base. Posteriormente, los muestreos de suelo se realizaron cada 5 meses (a 20 cm de profundidad en la banda de fertilización) y los muestreos foliares cada 4 meses (foliolos centrales de las hojas 3 y 5 por separado) tomados de plantas desarrolladas o cercanas al punto óptimo de cosecha, 15 días después de cada aplicación de N. Todas las muestras por tratamiento consistieron de 6 submuestras para el análisis foliar y 8 submuestras para el análisis de suelo. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. En las parcelas con tratamientos 0 (con residuos), 200 y 400 kg ha⁻¹ de N, se colocó lisímetros en 2 de las repeticiones, a profundidades de 0-5 cm, 5-20 cm y 20-40 cm para análisis de N-NH₄ y N-NO₃, a los 7, 25, 45 y 60 días después de cada aplicación de N.

El diseño experimental empleado fue el de bloques completos al azar con 3 repeticiones. La unidad experimental consistió de parcelas de 80 m² con 4 hileras de 10 m de longitud y dispuestas a 2 m entre hileras y 1 m entre plantas.

El área experimental total fue de 1792 m² y el área útil experimental total de 600 m².

Los tratamientos fueron:

- T1: 0 kg ha⁻¹ de N con residuos de cosecha.
- T2: 50 kg ha⁻¹ de N como nitrato de amonio, con residuos de cosecha.
- T3: 100 kg ha⁻¹ de N como nitrato de amonio, con residuos de cosecha.
- T4: 200 kg ha⁻¹ de N como nitrato de amonio, con residuos de cosecha.
- T5: 400 kg ha⁻¹ de N como nitrato de amonio, con residuos de cosecha.
- T6: 100 kg ha⁻¹ de N como urea, con residuos de cosecha.
- T7: 0 kg ha⁻¹ de N sin residuos de cosecha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de suelo muestra que la fertilidad es moderadamente baja (Cuadro 1), con un pH ácido, contenidos medios de Ca, Mg y K, y

acidez intercambiable ligeramente alta. Otros elementos como el Zn y S se encuentran bajos y el P presenta un nivel adecuado. Estos suelos volcánicos de origen aluvial presentan texturas livianas y son muy permeables y porosos, que en conjunto con la alta precipitación pluvial, que predomina en la región, fomenta la lixiviación de nutrientes, lo cual justifica el fraccionamiento de la fertilización nitrogenada. Antes que la industria de palmito en Costa Rica entrara en crisis de precios, era muy común que los productores utilizaran 6-8 ciclos de aplicación anual de fertilizantes (Molina 2000).

Los resultados de las variables de rendimiento y crecimiento del palmito para un período de cosecha de 1 año se presentan en el cuadro 2. Desde el punto de vista económico la variable de rendimiento más importante es el número de palmitos acumulados, debido a que éstos se le pagan al productor por unidad cosechada. Se observa un incremento de palmitos cosechados con el aumento de la dosis de N, aunque el análisis estadístico no mostró diferencias significativas

Cuadro 1. Análisis químico de suelo del área en estudio al inicio del experimento.

pH Agua	Ca	Mg	K	Acidez	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
	cmol(+) l ⁻¹					mg l ⁻¹						
5,02	4,14	1,05	0,25	0,97	6,42	25	5	184	9	1,15	1,0	4,64

Materia Orgánica= 4,3; textura= franco arenoso (66,5% de arena y 8% de arcilla),

Cuadro 2. Respuesta del pejobaye para palmito a la aplicación de niveles crecientes de N (los datos representan el valor acumulado o el promedio/cosecha mensual, estimados durante 52 semanas consecutivas),

Variable	Dosis de N (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)						
	0+R	50	100	200	400	100 (U)	0 - R
N° palmitos promedio 120 m ⁻² mes ⁻¹	11,1	13,6	12,9	15,0	15,1	13,3	10,5
Peso palmito fresco (g)	784,8	883,0	886,9	886,1	907,2	861,1	828,9
N° palmitos acumulados 120 m ⁻² año ⁻¹	133	163	155	180	181	160	126
N° palmitos acumulados ha ⁻¹ año ⁻¹	11083	13583	12916	15001	15084	13333	10499
Peso palmito acumulado (kg 120 m ⁻² año ⁻¹)	104,4	143,9	137,3	159,5	175,9	137,4	104,4
Altura promedio planta ⁻¹ (cm)	101,7	106,0	103,5	105,1	107,3	103,6	103,1
Diámetro promedio tallo ⁻¹ (cm)	7,4	7,6	7,7	7,8	7,8	7,7	7,6
N° hojas promedio planta ⁻¹	6,0	6,1	6,1	6,1	5,8	5,8	5,9

U= Urea como fuente de N; 0-R= Testigo absoluto (sin deposición de residuos); 0+R= Testigo+deposición de residuos.

Cuadro 4. Valores promedio del número de palmitos cosechados en cada fecha y en forma acumulativa en función de los niveles de N aplicados y el manejo de los residuos (datos del primer año).

N aplicado	Residuo	Períodos de cosecha (semanas después de la primera aplicación de N)											
		3	7	12	16	20	24	29	33	37	41	48	52
		Número de palmitos cosechados ha ⁻¹ para cada fecha											
0	si	333	1083	750	1833	1083	167	667	1000	750	1000	667	1750
0	no	917	667	500	1500	583	583	333	583	1083	833	1500	1417
50	si	1417	1167	750	1750	1000	833	750	1333	833	917	750	2083
100	si	1417	1083	500	1667	583	750	1083	917	1083	1083	667	2083
200	si	1500	1250	917	1667	1750	1250	917	1417	500	833	667	2333
400	si	1583	1333	1167	1833	1167	1000	833	667	917	917	917	2750
100 ^a	si	1917	1167	1083	1333	1250	250	667	1000	1083	917	583	2083
DMS _{0,05} Trat. x Tiempo		NS											
		Número acumulativo de palmitos cosechados ha ⁻¹ hasta la fecha en cada columna											
0	si	333	1416	2166	3999	5082	5249	5916	6916	7666	8666	9333	11083
0	no	917	1584	2084	3584	4167	4750	5083	5666	6749	7582	9082	10499
50	Si	1417	2584	3334	5084	6084	6917	7667	9000	9833	10750	11500	13583
100	si	1417	2500	3000	4667	5250	6000	7083	8000	9033	10176	10833	12916
200	si	1500	2750	3667	5334	7084	8334	9251	10668	11168	12001	12668	15001
400	si	1583	2916	4083	5916	7083	8083	8916	9583	10500	11417	12334	15084
100 ^a	si	1917	3084	4167	5500	6750	7000	7667	8667	9750	10667	11250	13333
DMS _{0,05} Trat. x Tiempo		1153											

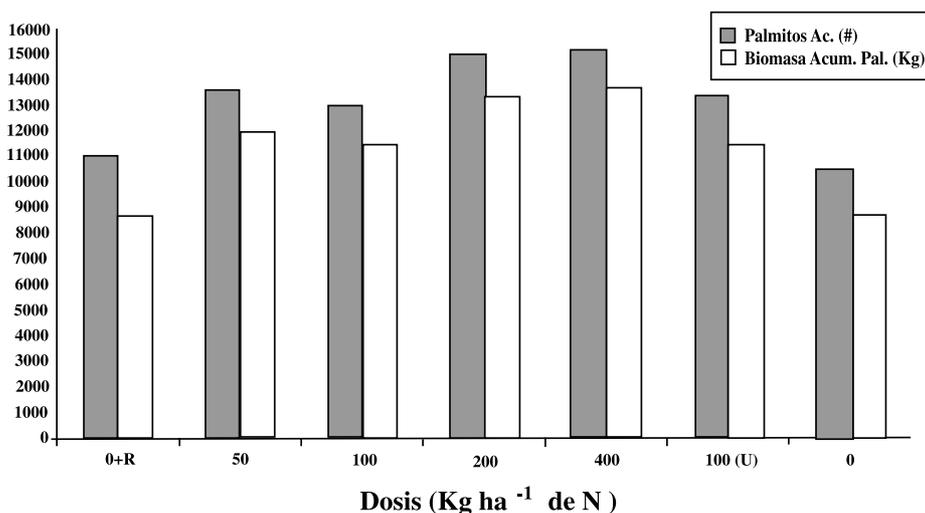
100^a= Fuente de N como Urea.

Fig. 1. Efecto de la fertilización nitrogenada en el número de palmitos y su biomasa acumulada por hectárea (datos de 12 cosechas mensuales del primer año de evaluación).

que el peñibaye para palmito responde muy bien a la fertilización nitrogenada, con un ámbito de aplicación de 180-370 kg ha⁻¹ de N (Pérez *et al.*

1987, Bovi 1997). Las recomendaciones de fertilización nitrogenada en Costa Rica oscilan en el orden de 200-300 kg ha⁻¹ (Molina 2000).

Cuadro 5. Variación de las principales propiedades químicas del suelo durante el período de estudio.

Variable de suelo	Dosis de N ha ⁻¹	Fechas de muestreo				
		03-05-00	05-10-00	07-03-01	16-07-01	Promedio
pH agua	0	5,1	4,7	5,2	4,7	4,9
	200	4,9	4,4	5,0	4,4	4,7
	400	5,0	4,1	4,7	4,3	4,5
Ca cmol(+) l ⁻¹	0	4,8	4,2	4,2	3,2	4,1
	200	4,5	3,8	4,2	2,2	3,7
	400	4,2	3,1	3,3	1,8	3,1
Mg cmol(+) l ⁻¹	0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,3
	200	1,1	1,1	1,6	0,9	1,2
	400	1,1	0,8	1,0	0,6	0,9
K cmol(+) l ⁻¹	0	0,3	0,2	0,4	0,5	0,4
	200	0,2	0,3	0,6	0,4	0,4
	400	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3
Bases (Ca, Mg, K) cmol(+) l ⁻¹	0	6,2	5,6	6,1	5,1	5,7
	200	5,9	5,2	6,4	3,4	5,2
	400	5,6	4,2	4,7	2,7	4,3
Acidez cmol(+) l ⁻¹	0	0,8	0,7	0,5	0,6	0,6
	200	1,2	1,3	0,7	1,4	1,2
	400	1,1	2,0	1,0	3,2	1,8
CICE cmol(+) l ⁻¹	0	7,0	6,3	6,5	5,7	6,4
	200	7,1	6,5	7,1	4,8	6,4
	400	6,6	6,1	5,7	5,9	6,1
Saturación de acidez %	0	11	11	8	10	9
	200	17	20	10	29	19
	400	17	33	18	54	28

Dosis muy altas de N se asocian con frecuencia a cambios en la fertilidad del suelo. En el cuadro 5 se presenta una comparación de la fertilidad del suelo al inicio del ensayo y 1 año después en función de los tratamientos de N. Con el incremento en la dosis de N hubo una disminución en los contenidos de Ca y Mg y en el pH del suelo. La acidez intercambiable y la saturación de acidez se incrementaron con el tiempo y la dosis de N, siendo el efecto más marcado con la dosis de 400 kg ha⁻¹ de N 1 año después de iniciado el ensayo, en el que se presentó un valor de acidez intercambiable de 3,2 cmol(+) l⁻¹ y una saturación de acidez de 54%. Estos resultados comprueban que aplicaciones de dosis tan altas como

400 kg ha⁻¹ de N pueden resultar perjudiciales para la fertilidad del suelo a mediano plazo, debido al riesgo de incrementar la acidificación y lixiviación de cationes, tal y como lo ha reportado Herrera (1989) en un estudio similar realizado con palmito en un Andisol de la zona Atlántica.

La lixiviación de N nítrico y amoniacal también fue afectada por la dosis de N (Cuadro 6). Las pérdidas de N a través del perfil del suelo se incrementaron con la cantidad de N aplicado, siendo más altas con la dosis de 400 kg ha⁻¹ de N. La lixiviación de N es más alta a los 7 días después de aplicado el N, pero en el tratamiento de 400 kg ha⁻¹, el N lixiviado mantiene valores altos hasta 45 días después de la aplicación. Los resultados muestran que la

Cuadro 6. Contenido de N lixiviado (mg l^{-1} de $\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) en el perfil del suelo con diferentes niveles de N aplicado.

Tratamiento (kg N ha ⁻¹)	Profundidad (cm)	Días después de la aplicación de N			
		7	25	45	60
Mg l ⁻¹					
0	5	3,16	1,27	0,94	1,27
	20	1,09	0,69	0,61	1,43
	40	0,60	0,68	1,00	3,08
200	5	65,53	26,27	8,73	2,05
	20	6,94	12,00	10,23	4,57
	40	3,72	5,97	4,05	2,96
400	5	71,33	65,62	39,43	15,72
	20	22,11	27,12	13,85	5,45
	40	10,68	19,57	17,14	8,47

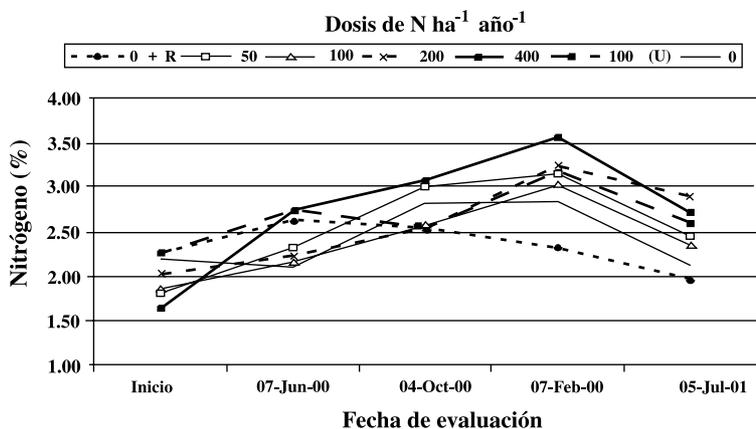


Fig. 2. Contenido foliar de N en la hoja 3 del pejiyabe para palmito en respuesta a la aplicación de N.

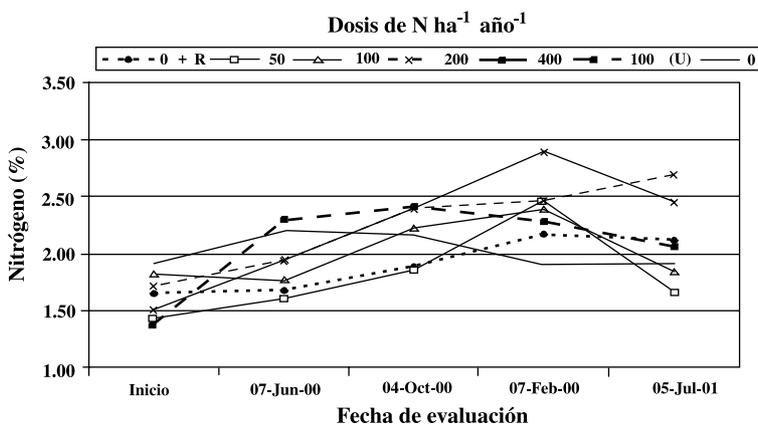


Fig. 3. Contenido foliar de N en la hoja 5 del pejiyabe para palmito en respuesta a la aplicación de N.

aplicación de niveles altos de N en suelos derivados de cenizas volcánicas y en regiones de alta precipitación pluvial, contaminan aguas subterráneas de manera significativa.

La concentración de N foliar fue superior en la hoja 3 (Figuras 2 y 3), probablemente debido a que el N es un elemento móvil en la planta y su contenido foliar disminuye con la edad del tejido. Estos resultados coinciden con otros reportes de la literatura (La Torraca *et al.* 1984, Falcao *et al.* 1994, Mora *et al.* 1997, Molina 2000). La concentración de N foliar en la hoja 3 (Figura 2) se incrementó con el tiempo, alcanzando los valores más altos en la época más seca del año (febrero), probablemente debido a que el elemento se concentra más durante los meses de escasa humedad, cuando se reduce el crecimiento y la elongación foliar. En los últimos 2 muestreos, realizados el 7 de febrero y el 5 de julio del 2001, las dosis más altas de N (200 y 400 kg ha⁻¹) y el tratamiento de 100 kg ha⁻¹ de N con urea, presentaron los contenidos más altos de N foliar en la hoja 3, por encima del valor de 2,5% que es considerado como el nivel mínimo de suficiencia. Por el contrario, los tratamientos sin N mostraron las concentraciones más bajas de N foliar, con valores inferiores a 2,15% en la última fecha de muestreo realizada. Los contenidos de N en la hoja 5 fueron inferiores y no se presentó una relación tan directa entre dosis de N aplicada y nivel del elemento en la hoja como en el caso de la hoja 3, siendo la excepción los tratamientos de 200 y 400 kg ha⁻¹ de N, que mostraron los valores más altos de N foliar en el último muestreo de julio. Para el análisis foliar, se ha establecido como norma general, el muestreo de la hoja que mejor representa el estado nutricional de la planta, que es aquella recién madura, cuyo crecimiento ha terminado pero que todavía no está en proceso de senescencia. Para el caso del palmito, se ha sugerido el muestreo de la tercera hoja de arriba hacia abajo en el estípite cosechero, tomando los foliolos de la sección central de la misma y descartando el raquis (Molina 2000). Los resultados del presente estudio parecen respaldar este procedimiento de muestreo, debido a que se presenta una mayor consistencia entre la dosis de N aplicada y el contenido de N foliar encontrado en la hoja 3.

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares de este estudio, luego del primer año de evaluación, permiten concluir que el pejibaye para palmito responde a la fertilización nitrogenada en dosis de 200 kg ha⁻¹. Las dosis de N mayores a 200 kg ha⁻¹ no mejoran el rendimiento del palmito y tienden a causar efectos negativos en el suelo y el ambiente. La aplicación de N afectó en forma negativa la fertilidad del suelo después de un año, causando un incremento de la acidez y una disminución en los contenidos de Ca y Mg. El aumento en la dosis de N también promueve la lixiviación de N-NO₃ y N-NH₄ a través del perfil del suelo.

El contenido de N foliar aumentó con la dosis de N y presentó variaciones en el tiempo, siendo sus valores más altos durante la época más seca del año. La hoja 3 parece ser la que mejor representa el estado del N en el follaje al compararla con la hoja 5.

LITERATURA CITADA

- ANAI. 1986. El pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Proyecto agroforestal ANAI, Serie de boletines técnicos para el agricultor, Boletín técnico N°3. Talamanca. 29 p.
- ARES A., BONICHE J., MOLINA E., YOST R.S. 2001. Biomass, nutrient and carbon stores in *Bactris gasipaes* Kunth agroecosystems for heart-of-palm production in Costa Rica (en prensa).
- ARKCOLL D. 1982. Algumas considerações adicionais sobre adubação na Amazonia. Curso de Atualização de Fertilidade do Solo-Amazonia Occidental. Manaus, Brasil.
- ASBANA. 1981. IV reporte anual. Octubre de 1980–Setiembre de 1981. San José, Costa Rica.
- BOVI M.L.A. 1997. Recomendações de adubação e calagem para o estado de Sao Paulo. Boletín técnico 100, Instituto Agronómico. Campinas, Brasil. p. 240-242.
- BOVI M.L.A. 1998. Palmito pupunha: informações básicas para cultivo. Boletín técnico 173, Instituto Agronómico. Campinas, Brasil. 50 p.
- BRICEÑO J., PACHECO R. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. San José, Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 137 p.

- CLEMENT C.R. 1989. The potential use of pejibaye palm in agroforestry systems. *Agrofor. Syst.* 7:201-212.
- CRAVO M.S., MORAES C.R., CRUZ L.A. 1996. Extração de nutrientes por palmito de pupunha. *In: XXII Reuniao Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutricao de Plantas, Sociedade Brasileira do Ciencia do Solo.* 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.
- FALCAO N.P.S., RIBEIRO G.A., FERRAZ J. 1997. Teores de nutrientes em folhas de pupunhas em diferentes estados fisiológicos. *In: XXVI Congresso Brasileiro do Ciencia do Solo, Sociedade Brasileira do Ciencia do Solo.* Río de Janeiro, Brasil. p. 1143-1144.
- FALCAO N.P.S., SILVA J.R.A., CLEMENT C.R. 1996. Caracterização de sintomatologias de carencias nutricionais em mudas de pupunha cultivadas em solução nutritiva. *In: XXII Reuniao Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutricao de Plantas, Sociedade Brasileira do Ciencia do Solo.* Manaus, Brasil. p. 100.
- FERREIRA S., CLEMENT C., RANZANI G., COSTA S. 1995. Contribuição ao conhecimento do sistema radicular da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth, Palmae). II. Solo Latossolo amarelo, textura argilosa. *Acta Amazônica.* 25(3/4): 161-170.
- FERRUFINO A. 2000. Guía para la toma de muestras para análisis de tejidos en banano, piña, palmito, pimienta y maracuyá. Cochabamba, Bolivia. DAI-Proyecto Concade-NC State Un. p. 8-11.
- GOMES J.B.M., MENEZES J.M.T., FILHO P.V. 1987. Efeito de níveis de adubação e espaçamento na produção de palmito de pupunheira em solo de baixa fertilidade na região de Ouro Preto d'Oeste Ro. *Documentos* 19, Anais Palmito, I Encontro Nacional de Pesquisadores, Curitiba, Brasil. p. 261-266.
- GONZALEZ M., PACHECO R., BRICEÑO J. 1985. Efecto de la urea y del nitrato de amonio sobre la movilidad del nitrato, potasio, calcio y magnesio en un Dystrandept de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 9(2):241-251.
- GUZMAN P. 1985. Nutrición y fertilización del pejibaye (Respuesta del pejibaye para palmito a la aplicación de N-P-K). Sétimo informe de labores de diversificación agrícola, ASBANA, Costa Rica. p. 41-46.
- HERRERA W. 1989. Fertilización del pejibaye para palmito. Serie técnica Pejibaye. *Boletín Informativo* 1(2):5-10.
- INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL. 1992. Descripción preliminar del clima de Los Diamantes. Departamento de Agrometeorología. San José, Costa Rica. 23 p.
- JONGSCHAAP R. 1993. Palmito (*Bactris gasipaes* H.B.K) growth and management in the humid lowlands of the Atlantic Zone of Costa Rica. Phase 2, Report N°60 (field report N°107). CATIE/AUW/MAG. San José, Costa Rica. 52 p.
- KATO A., MULLER C., MATOS A., KAWAJE O., MENEZES A. 1997. Influencia da adubação química NPK no crescimento e na produção de matéria seca de mudas de pupunheiras (*Bactris gasipaes* H.B.K) cultivadas no estado do Pará. *In: XXVI Congresso Brasileiro do Ciencia do Solo.* Río de Janeiro, Brasil.
- LA TORRACA S., HAAG H., DECHEN A. 1984. Nutrición mineral de frutíferas tropicales, síntomas de carencias nutricionales en pupunha. *Piracicaba* 76(1):53-56.
- LOPEZ E. 1997. Respostas da pupunheira ao NPK na produção de palmito no sul da Bahia. *In: XXVI Congresso Brasileiro do Ciencia do Solo.* Río de Janeiro, Brasil.
- LOPEZ A., SANCHO H. 1990. Observaciones sobre la distribución radical del pejibaye (*Bactris gasipaes* HBK) para palmito en un Andisol. *ASBANA* 14(34):9-15.
- MOLINA E. 2000. Manual de suelos y nutrición de pejibaye para palmito. Centro Invest. Agron/Univ. Costa Rica y Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 42 p.
- MONTAGNINI F., SANCHO F. 1990. Influencia de 6 especies de árboles nativos sobre la fertilidad del suelo en una plantación experimental en la llanura del Atlántico de Costa Rica. *Yvyraré (Argentina)* 1(1):29-49.
- MORA J., WEBER J., CLEMENT C. 1997. Peach palm, *Bactris gasipaes* Kunth. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 20. Rome, Italy. IPGRI. 84 p.
- PACHECO R.G., CARDOSO A.A., MARTINEZ H.P. 1998. Influencia de diferentes relações $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ no crescimento de plantulas de pupunha (*Bactris gasipaes* HBK) em solução nutritiva. *Agrotropica* 10(1):13-20.

- PACHECO R., GONZALEZ M., BRICEÑO J. 1986. Efecto del fraccionamiento de la fertilización nitrogenada en la lixiviación de nitrato, potasio, calcio y magnesio en un Andept de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 10(1/2):129-138.
- PEREZ J.M., DAVEY C.B., MCCOLLUM R.E., PASHNASHI B., BENITES J.R. 1987. Peach palm as a soil management option on Ultisols. *Tropsoils Technical Report*. North Carolina State University. Raleigh, North Carolina. p. 26-27.
- PEREZ J.M., SZOTT L.K.T., MCCOLLUM R.E., AREVALO L. 1993. Effect of fertilization on early growth of pijuayo (*Bactris gasipaes* H.K.B.) on an Amazon Ultisol. *In: IV Congreso Internacional sobre Biología, Agronomía e Industrialización del Pijuayo*. Ed. Por J. Mora-Urpí, L.T. Szott, M. Murillo, V.M. Patiño. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. p. 209-223.
- RYAN M.C., GRAHAM G.R., RUDOLPH D.L. 2001. Contrasting nitrate adsorption in Andisols of two coffee plantations in Costa Rica. *J. Environ. Qual.* 30:1848-1852.
- ROELAND R. 1994. Palmito (*Bactris gasipaes* H.B.K) cultivation in the Atlantic and Northern Zone of Costa Rica. Phase 2, Report N° 86 (field report N°132). CATIE/AUW/MAG. San José, Costa Rica. 59 p.
- SOTO G., LUNA P., WAGGER M., SMYTH J. 2002. Residue decomposition and nutrient release on a heart-of-palm plantation in Costa Rica. (En prensa).
- TEIXEIRA N.T., STEPHANO R., TORRACA J., MACIEL C., BOVI M., SERAFINI F. 1995. Extração de nutrientes no período de formação de mudas de pupunha (*Guilielma speciosa*). *In: Resumos de XXV Congresso Brasileiro de Ciencia do Solo*. Viçosa. p. 1245-1246.
- VARGAS A. 1990. Respuesta del pejibaye para fruta a dosis crecientes de N, P y K en la Región Atlántica de Costa Rica. Informe anual CORBANA. p. 142-143.
- VILLACHICA H.L. 1996. Cultivo del pijuayo (*Bactris gasipaes* Kunth) para palmito en la Amazonia. Secretaría Pro-Tempore, Tratado de Cooperación Amazónica, No.43, Lima, Perú.
- WOLF M.A. 1997. Accumulation of biomass and nutrients in the aboveground organs of four local tree species in monoculture and polyculture systems in central Amazonia. Thesis Diplomarbeit Universitat Bayreuth. Alemania. 299 p.