



Agronomía Costarricense
ISSN: 0377-9424
rac.cia@ucr.ac.cr
Universidad de Costa Rica
Costa Rica

Boniche, Jimmy; Alvarado, Alfredo; Molina, Eloy; Ares, Adrián; Smyth, Thomas J.
Respuesta del pejibaye para palmito a la fertilización con fósforo en la zona norte de Costa Rica
Agronomía Costarricense, vol. 32, núm. 1, enero-junio, 2008, pp. 31-54
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43632105>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

RESPUESTA DEL PEJIBAYE PARA PALMITO A LA FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO EN LA ZONA NORTE DE COSTA RICA

Jimmy Boniche*, Alfredo Alvarado¹**, Eloy Molina**, Adrián Ares***, Thomas J. Smyth****

Palabras clave: *Bactris gasipaes*, palmito, fósforo, fertilización, soluciones extractoras.

Keywords: *Bactris gasipaes*, heart-of-palm, fertilization, phosphorus, extracting solutions.

Recibido: 26/11/07

Aceptado: 20/03/08

RESUMEN

Para estudiar el efecto de la fertilización con P y mejorar la tecnología de su aplicación en plantaciones comerciales de pejibaye (*Bactris gasipaes*) para palmito, en un suelo clasificado como Fluvaquentic Dystrudepts, se evaluó 0, 9, 18, 33, 48 y 108 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ sobre el crecimiento y rendimiento de palmito durante el primer año, y el doble de estas cantidades durante los 24 meses siguientes. Se determinó la disponibilidad de nutrimentos en el suelo a 2 profundidades, así como la concentración de estos en las hojas y pecíolos 3 y 5, y en las raíces. La fertilización con P no afectó en forma importante el crecimiento de las plantas o la producción de palmitos. El número de rebrotes se incrementó, pero el efecto de regresión cuadrática no fue significativo. Tampoco se afectó la concentración de otros nutrimentos en el suelo. Las soluciones extractoras Olsen modificado y Mehlich-3, se relacionaron positivamente con las cantidades de P aplicadas, aunque la solución Olsen modificada extrajo cantidades mayores. La cantidad de P disponible a 0-5 cm de profundidad, así como la correlación entre ambas soluciones extractoras, fue mayor que en el estrato de 5-20 cm. Al muestrear las hojas 3 y 5, los pecíolos, las raíces gruesas y la materia seca, se encontró que los pecíolos se asociaron en forma importante con las cantidades aplicadas de P. Las adiciones de P, aumentaron linealmente las concentraciones de Ca, K, y Mg en los pecíolos. Se recomienda

ABSTRACT

Response of heart-of-palm plantations (*Bactris gasipaes*) to phosphorus fertilization in the Northern Zone of Costa Rica. Levels of 0, 9, 18, 33, 48, and 108 kg.ha⁻¹ of P₂O₅ were applied to a soil classified as Fluvaquentic Dystrudepts, to estimate their effect on the growth and yield of heart-of-palm during the first year after planting, and twice those amounts were added during the following 24 months. Soil nutrient availability at 2 depths, and nutrient concentration in the leaves, petioles 3 and 5, and roots, were also measured. P additions to the crop did not affect plant growth, crop yield, or the concentration of other nutrients in the soil solution. However, P additions increased the number of suckers, although the quadratic regression effect was not significant. When comparing P extracting solutions, it was found that both Modified Olsen and Mehlich-3 extracted increasing amounts of P accordingly to rates of P added, but somewhat larger amounts were extracted by the Modified Olsen solution. Available P at 0-5 cm depth was higher than that extracted at 5-20 cm depth; also, in the topsoil the extracting P methodologies showed the best correlation. Of the tissues sampled (leaves 3 and 5, petioles, large roots, and dry matter) only petiole P concentration correlated with the rates of P added to the soil. Added P linearly increased petiole concentration of Ca, K, and Mg. It is recommended not to apply P fertilizer

¹ Autor para correspondencia. Correo electrónico: alfredoal@cariari.ucr.ac.cr

* Abonos del Pacífico (Abopac)

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

*** Universidad Estatal de Hawaii—EE.UU.

**** Universidad Estatal de Carolina del Norte—EE.UU.

aplicar P al suelo en plantaciones establecidas de 10000 plantas.ha⁻¹ en una dosis de mantenimiento máxima de 30 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de P₂O₅; muestrear los pecíolos como órganos indicadores, realizar el muestreo de suelos preferiblemente de 0-5 cm de profundidad y utilizar la solución extractora de Olsen modificado en el análisis de suelos.

in old plantations; however 30 kg.ha⁻¹.year⁻¹ of P₂O₅ at planting should be added when densities are 10 000 plants.ha⁻¹. To monitor P in heart-of-palm plantations, it is better to sample the petiole tissue, take soil samples at 0-5 cm depth, and conduct laboratory analyses using Modified Olsen extracting solution.

INTRODUCCIÓN

Los ensayos de fertilización de palmito en campo, han mostrado poco efecto a la aplicación de P sobre el crecimiento y la producción (Deenik *et al.* 2000); aunque en la etapa de plántulas (almácigos) sí se ha observado respuesta al P sobre el crecimiento (Rodríguez *et al.* 1993, Bovi *et al.* 1994, Clement y Habte 1994, Pacheco *et al.* 1996). En este sentido, la información sobre los requerimientos nutricionales de palmito en vivero y cultivo en general, y de P en particular, todavía es limitada, y más aún el conocimiento sobre los métodos de diagnóstico de deficiencias nutritivas (Deenik *et al.* 2000).

En un experimento de 48 meses de fertilización con N, P y K, conducido por Guzmán (1985) en Costa Rica, no se encontró efecto significativo en el rendimiento de palmito por la aplicación de P y K, con niveles de P en el suelo alrededor de 6 µg.g⁻¹. En un estudio similar, realizado por Pérez *et al.* (1987) en pejíbaye para fruta, no hubo efecto significativo de la aplicación de P en el rendimiento luego de 72 meses de evaluación, con niveles de P en el suelo alrededor de 3,5 µg.g⁻¹. En Costa Rica, Zamora y Flores (1984) no encontraron respuesta al P sobre la producción de palmitos en el campo, con niveles de P en el suelo de alrededor de 7 mg.kg⁻¹ de P.

Pese a estos resultados negativos, López (1997) reportó en Brasil la respuesta de tipo lineal en el diámetro y en la altura de la planta de palmito, en el número de palmitos cosechados y en la cantidad de crema obtenida cuando se aplicaron de 0 a 200 kg.ha⁻¹ de P₂O₅; además, observó un efecto sinergista del P con el N y el K. Con la adición de

P, en Costa Rica se encontró: A) un incremento del diámetro del tallo e interacción PxK en la materia seca (MS) acumulada en el tallo (Jongschaap 1993); B) una interacción PxK en el número de rebrotes (Roeland 1994); y C) un aumento del contenido de P en pecíolos y en el tallo, así como mejoras en la absorción de N (Tonjes 1994).

En plantaciones de palmito, la concentración adecuada de P en la hoja 3 varía entre 0,15 y 0,30% (Vargas 1994, Ferrufino 2000, Molina 2000), y Mora-Urpí *et al.* (1997) la establecen entre 0,17 a 0,2% para la hoja 4. Los síntomas visuales de deficiencia de P rara vez se observan en el campo. Estos deberían consistir en la paralización del crecimiento y la reducción del volumen de raíces; la reducción en el tamaño de hojas viejas y nuevas; la menor resistencia al ataque de plagas y enfermedades; un amarillamiento seguido de necrosis y secamiento de puntas en las hojas viejas, y en las hojas más nuevas una coloración verde opaco (La Torraca *et al.* 1984, Falcao *et al.* 1996, Molina 2000).

Existen recomendaciones de aplicación de P para el cultivo del palmito, generadas en Brasil, Costa Rica, Perú, Colombia y Bolivia. En Brasil, se sugiere aplicar para la etapa de plántula entre 80-220 g.m⁻³ de sustrato (Kato *et al.* 1997 y Bovi 1998). En Costa Rica, Molina (2000) sugiere la aplicación de 300 kg.ha⁻¹ de 10-30-10 (90 kg.ha⁻¹. año⁻¹ de P₂O₅). Para el establecimiento de las plantas en el campo, en Brasil las recomendaciones varían entre 31-62 kg.ha⁻¹ de P (Bovi 1997, 1998). Los mismos autores sugieren aplicaciones de 0-35 kg.ha⁻¹ de P en la fase de producción de palmito en campo.

En producción en campo, el Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios de Bolivia (1990) recomienda 144 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ durante el primer año, distribuidos en 3 aplicaciones. PRONATA (1998) en Colombia, recomienda cerca de 200 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de P₂O₅ en plantaciones para palmito con densidades cercanas a las 4000 plantas.ha⁻¹. Roths Schuh (1983) en Nicaragua, sugiere aplicar 45-180 g.planta⁻¹ de P₂O₅ en edades de 0-36 meses o más, fraccionados en 3 aplicaciones en el año. Kulchetski *et al.* (2001) en Brasil, sugirieron, para plantaciones donde hay precipitaciones mayores a 1800 mm.año⁻¹, dosis de 40-80 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ dependiendo de la productividad esperada (2-4 t.ha⁻¹ de palmito fresco) Villachica (1996) en Perú, recomienda de 20 a 40 kg.ha⁻¹ año⁻¹ de P₂O₅.

En Costa Rica, han sido sugeridas dosis de 48 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de P₂O₅, distribuidas en 3 ó 4 aplicaciones al año (Banco Nacional de Costa Rica-Universidad de Costa Rica 1982). Vargas (1995), sugiere 80 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ distribuidos en 12 ciclos durante el año. Herrera (1989), sugiere aplicar 20 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de P₂O₅, la Asociación Bananera Nacional (1981) 200 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de P₂O₅, Mora-Urpí (1984) 100 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de P₂O₅ y ANAI (1986) 240 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ en 4 aplicaciones durante el año para plantaciones de 4000 plantas.ha⁻¹. En resumen, la dosis del elemento recomendada por diversos autores en Costa Rica, oscila entre 20 y 240 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de P₂O₅ aunque el rango que parece mejor aceptado es 50-100 kg de P₂O₅ ha⁻¹ año⁻¹ (Molina 2000).

Cabalceta y Cordero (1994), empleando sorgo como planta indicadora en Ultisoles de Costa Rica, determinaron el nivel crítico de P en el suelo es 6 mg.kg⁻¹ con la solución extractora Olsen-Modificada y de 3 mg.kg⁻¹ con la solución Mehlich 3. Sin embargo, las recomendaciones de P basadas en el contenido de P disponible en el suelo, se deben de enmarcar en el conocimiento de al menos 3 factores: A) el nivel de P óptimo para el cultivo en particular; B) el contenido de P disponible en el suelo y; C) la cantidad de P que debe ser agregada para elevar el nivel en el suelo a un grado óptimo (Kamprath y Watson 1980),

conocido como factor o coeficiente buffer de P en el suelo.

Los objetivos de este trabajo fueron determinar la respuesta del palmito a la aplicación de P, establecer niveles críticos de P en el suelo y la planta, y evaluar la utilidad del valor de P en el suelo extraído por distintos métodos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en una plantación ubicada en Caño Negro de San Carlos, aproximadamente 5 km al este de Boca Arenal y entre 60-70 msnm. Se presenta en la hoja cartográfica Tres Amigos del Instituto Geográfico Nacional en escala 1:50000 entre las coordenadas planas 279000-280000 N y 492500-493500 O.

Según los registros climáticos (Figuras 1 y 2) de la Estación Meteorológica de Santa Clara de San Carlos (Instituto Meteorológico Nacional 1992), el área de estudio recibe como promedio anual 3170 mm de lluvia y la temperatura media anual es de 25,5°C. Los registros de brillo solar tienen una relación directa e inversa con los de precipitación, en donde el promedio anual corresponde a 4,7 h.día⁻¹ de sol, la humedad relativa media anual es de 83%, la evaporación promedio diaria es 5,3 mm durante el año y el viento de la zona tiene dirección predominantemente sur y su velocidad media anual es de 5,5 km.h⁻¹. El sitio se encuentra en una zona de vida identificada como bosque húmedo tropical (bh-T), según Bolaños y Watson (1993).

El suelo de la plantación fue clasificado como Fluvaquentic Dystrudepts, según la metodología de USDA (1999), y la capacidad de uso de las tierras como unidad de manejo V e2 s124 d12, cuyas limitantes son: el grado de erosión ligero; poca profundidad efectiva; textura fina en la superficie y subsuelo (A-AL/A); fertilidad química media por acidez; drenaje lento y riesgo de anegamiento moderado, según la metodología del MAG y MIRENEM (1995). El suelo se seleccionó debido a que presentó contenidos bajos de P intercambiable y alta fijación. Al inicio del experimento, el suelo contenía 4,5% de MO, pH de

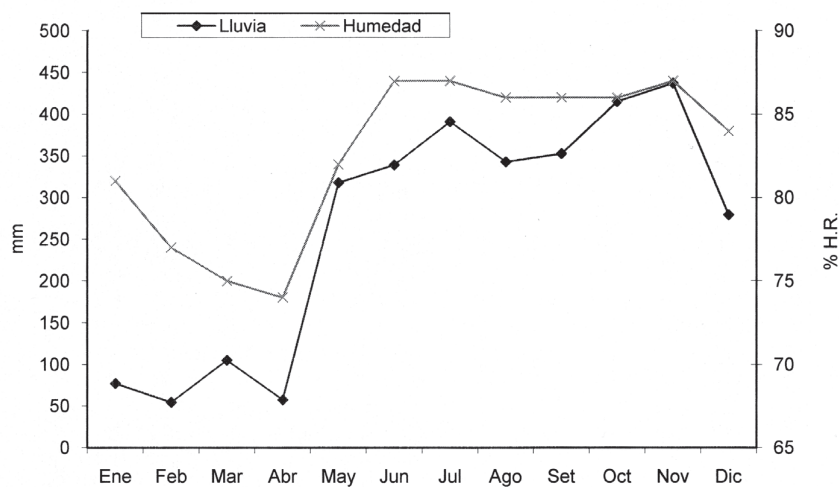


Fig. 1. Precipitación pluvial y humedad relativa en Santa Clara de San Carlos. Estación Meteorológica de Santa Clara (datos promedio de 1973 a 1986).

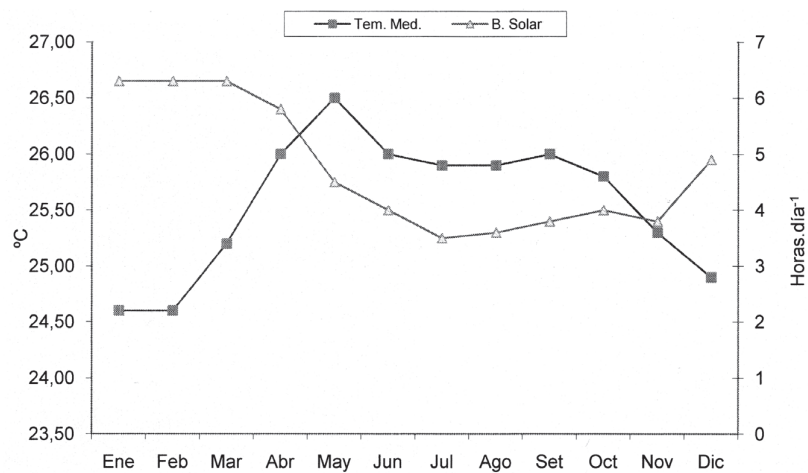


Fig. 2. Temperatura media y brillo solar mensual en Santa Clara de San Carlos. Estación Meteorológica de Santa Clara (datos promedio de 1973 a 1986).

4,3, 2,2 mg.kg⁻¹ de P y acidez, Ca, Mg y K de 3,2, 8,7, 2,7 y 0,2 cmol(+).l⁻¹, respectivamente. Según el análisis foliar (hoja 3), antes de comenzar el experimento la plantación se encontraba en buen estado nutricional excepto en el contenido de P (0,13-0,15%), el cual se encontraba ligeramente bajo según Molina (2000).

La plantación consistió de plantas de la raza "Tucurrique" (con espinas) sembradas 2 m entre hileras y 0,5 m entre plantas, para una densidad de 10000 plantas.ha⁻¹. El ensayo tuvo una duración de 36 meses, desde junio de 1999 hasta julio de 2002. La edad de la plantación al inicio fue de 38 meses.

El plan de fertilización anual base consistió de la aplicación de 250 kg.ha⁻¹ de N como nitrato de amonio o urea y fosfato diamónico, 150 kg.ha⁻¹ de K₂O como cloruro de potasio y sulfato de potasio y magnesio, 43 kg.ha⁻¹ de MgO como sulfato de potasio y magnesio, 10 kg.ha⁻¹ de B como bórax y 69 kg.ha⁻¹ de S como sulfato de potasio y magnesio. Este fertilizante fue aplicado al voleo, fraccionado en 6 aplicaciones al año y en la banda de fertilización. Al momento de iniciar la aplicación de los fertilizantes, se realizó una primera cosecha con el objetivo de homogeneizar el estado de crecimiento de las plantas, y un muestreo de suelos y foliares con lo cual se identificó su estado nutricional.

Las cosechas y mediciones se realizaron en forma mensual. El tallo en estado óptimo de cosecha fue el que presentó más de 7 cm de diámetro medido a 5 cm de altura; más de 80 cm de altura hasta el punto de salida de la hoja guía; y el más robusto.

En total se realizaron 12 muestreos de suelos y foliares (uno cada 3 meses), 1 mes después de las fertilizaciones. El muestreo de suelos se realizó en la banda de fertilización y de 0-5 y 5-20 cm de profundidad. En el muestreo foliar se tomaron los folíolos centrales de las hojas 3 y 5 de plantas desarrolladas o cercanas al punto óptimo de cosecha. En este sentido, la identificación de las hojas fue basípeta tomando como hoja

número 1 la más joven. Si la hoja guía ("candela") presentó más del 50% de apertura de sus folíolos, se consideró como hoja 1. Para el muestreo de suelos se tomaron 4 submuestras dentro de cada tratamiento para cada repetición; mientras que en el muestreo foliar cada muestra fue compuesta de 8 submuestras dentro de cada tratamiento para cada repetición.

Adicionalmente se realizaron 2 muestreos de las raíces superficiales (primeros 20 cm), uno en julio del 2000 y otro en noviembre del 2001; así como un muestreo de pecíolos de las hojas 3 y 5 en octubre del 2001. En ambos casos la cantidad de submuestras fue la misma que para los muestreos foliares. Para el análisis de suelos se determinó el pH, Ca, Mg, K, Acidez, P (en Olsen-M y Mehlich-3), Fe, Cu, Zn, Mn. En el análisis foliar se determinó el contenido de N, Ca, Mg, K, P, Fe, Cu, Zn y Mn. Los análisis fueron realizados según las metodologías de Briceño y Pacheco (1984) y Henríquez *et al.* (1995) en el Laboratorio de Suelos y Foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, compuesto por 6 tratamientos y 4 repeticiones. La unidad experimental consistió de parcelas de 4 hileras de plantas de 10 m de longitud (80 m²). Cada una de estas parcelas fue separada dentro del bloque por 2 m de borde. Entre bloques se estableció una hilera de borde así como en los extremos del ensayo. El área útil fueron las 2 hileras centrales de cada unidad experimental, lo que equivale a 40 m² por repetición (160 m² para 4 repeticiones). En resumen, el área total fue de 3108 m² y el área útil de 960 m².

La cantidad de P a aplicar se determinó mediante el cálculo del coeficiente buffer descrito por Kamprath y Watson (1980), con el cual se estimó la cantidad de fertilizante necesaria para elevar el P disponible en el suelo a 5, 10 y 20 mg.kg⁻¹ (condición del suelo), asumiendo una eficiencia de 25 y 75% en la absorción de P (demanda del cultivo).

De este modo, los tratamientos fueron en kg.ha^{-1} de P_2O_5 :

Tratamiento	Año 1	Año 2	Año 3
1	0	0	0
2	8,9	17,9	17,9
3	17,9	35,8	35,8
4	33	66	66
5	48	96	96
6	108	215	215

Durante el primer año, el P se aplicó como fosfato diamónico (18-46-0) en la banda de fertilización y en 2 aplicaciones espaciadas cada 6 meses. Durante el segundo y tercer año se modificó la dosis de P, duplicando las cantidades aplicadas en el primer año pero utilizando triple superfosfato (0-46-0) como fuente.

Las variables a analizar fueron las siguientes:

- Número de hojas verdaderas (más del 50% de apertura de los folíolos).
- Altura de la base del tallo al punto de salida de la hoja guía o "candela".
- Circunferencia del tallo a 5 cm de altura desde la base.
- Número de palmitos (60 cm de largo con 2 vainas o "cáscaras").
- Peso de los palmitos cosechados.
- Biomasa acumulada de los palmitos cosechados.
- Concentración de elementos en el suelo a 2 profundidades (0-5 y de 5-20 cm) y bajo 2 métodos analíticos (Olsen-M y Mehlich-3).
- Concentración de elementos en las hojas 3 y 5.
- Número de rebrotes.

En el análisis estadístico se empleó el programa SAS, versión 6,11 (1997). Se realizaron análisis de regresión y de varianza en el tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la aplicación de niveles de P sobre el crecimiento y la producción de palmito

Las adiciones de P al suelo no afectaron el crecimiento de las plantas, el número de hojas o la producción de palmitos y su peso (Cuadro 1). Tales resultados fueron consistentes, aún examinando únicamente el tercer año de producción. No obstante, se presentó una tendencia consistente (sin respaldo estadístico) de que cuando se adicionó P, la producción de palmitos fue mayor que cuando no se aplicó el elemento.

La falta de respuesta concuerda con lo reportado por varios autores (Zamora y Flores 1984, Guzmán 1985, Pérez *et al.* 1987, Bovi 1998) y lo mencionado por Deenick *et al.* (2000) para plantaciones establecidas en Costa Rica y Perú. Otras investigaciones enfocadas a la fase inicial de las plantaciones, sí han encontrado respuesta al elemento (Rodríguez *et al.* 1993, Bovi *et al.* 1994, Clement y Habte 1994, Pacheco *et al.* 1996).

Es probable que la escasa respuesta al P se deba a que la plantación contaba inicialmente con un sistema radical desarrollado de 42 meses de edad y por tanto con una menor demanda del elemento que una plantación en su fase inicial. Bajo estas condiciones, el extenso volumen radical que desarrolla una cepa de palmito puede explorar un mayor volumen de suelo y por ende absorber más P (Ares *et al.* 2002); la asociación del sistema radical con micorrizas y bacterias diazotróficas (Carvalho *et al.* 1997), explican en parte la falta de una respuesta clara a la aplicación de P en suelos con contenidos bajos de este. La relación simbiótica que existe entre las raíces del palmito y las micorrizas vesículo-arbusculares (VAM por sus siglas en inglés) es bien conocida (Janos 1977, Clement y Habte 1994, Sudo *et al.* 1996). Bajo estas consideraciones, no se recomienda la aplicación de P en condiciones semejantes a este experimento, salvo una dosis de mantenimiento máxima de $30 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de P_2O_5 lo cual constituye la cantidad de P_2O_5 exportada en el palmito

Cuadro 1. Efecto de la adición de P como fertilizante sobre el crecimiento y rendimiento del palmito durante de 36 meses.

Dosis de P ₂ O ₅ en kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹	Variables				
	Altura (cm)	Diámetro basal (cm)	Núm. Hojas	Peso medio palmito (g)	Palmitos (número.ha ⁻¹ .año ⁻¹)
0	122	9,2	5,6	921	14358
18	123	9,0	5,6	902	15167
36	123	9,1	5,5	925	15858
66	121	9,1	5,6	919	14808
96	123	9,1	5,5	950	15417
215	123	9,2	5,6	934	15742
Andeva	sd	sd	sd	sd	sd
Regresión	sa	sa	sa	sa	sa

sd: sin diferencias significativas (p<0,05); sa: sin ajuste lineal o cuadrático (p<0,05)

Nota: Por conveniencia, en los tratamientos se presenta únicamente la cantidad de P₂O₅ aplicada en el año 2 y 3, aunque en realidad las variables expuestas están en función del P₂O₅ aplicado a través de todo el período de estudio. En adelante, tanto en cuadros como figuras, la conveniencia será igual.

a 2 cáscaras (16% de lo absorbido total) para una plantación de 10000 plantas.ha⁻¹ según cálculos de Molina *et al.* (2002).

Se encontró que las variables de crecimiento y producción fluctuaron a través del año (promedio de 36 meses), cambios que no se pudieron atribuir a las dosis de P comparadas (Cuadro 2 y Figura 3); sin embargo, de acuerdo a Vargas (2000) y Kulchetski *et al.* (2001) estos cambios pueden asociarse a variaciones del clima a través del año (Figuras 1 y 2)

Aunque con una baja probabilidad (p<0,07), la adición de P al suelo aumentó el número de hijos por cepa (Cuadro 3 y Figura 4), lo que concuerda con lo encontrado por Roeland (1994). Según Mojica (1994) y Bertsch (1995), esto obedece a que el P mejora los suplementos energéticos, estructurales y síntesis protéica en los procesos embriogénicos. Si se considera que los tratamientos con mayor cantidad de hijos pudieron retrasar el crecimiento del tallo principal por factores de competencia (Vargas 2000),

se puede explicar en parte la escasa respuesta en crecimiento y producción observada, dado que la plantación en 36 meses no sufrió deshija.

Efecto de la aplicación de niveles de P sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo en plantaciones de palmito

La cantidad de P disponible en el suelo aumentó al aplicar el elemento en forma más marcada y variable en los estratos superiores del mismo. El P extraído con Olsen-modificado, fue mayor que el extraído con Mehlich-3 (Cuadros 4 y 6 y Figuras 5 y 6 y 9). Se encontró además que al aplicar 66 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ más, la cantidad extraída del elemento, especialmente de 0-5 cm de profundidad, aumentó en mayor magnitud que con dosis por debajo de dicho nivel (Figuras 5 y 6).

Esto es un indicativo de la capacidad de fijación del elemento en el suelo, y sugiere que en estas condiciones, para elevar realmente el P disponible se necesita aplicar más de 66 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. En Olsen modificado, al aplicar tal nivel

Cuadro 2. Resumen del análisis estadístico de la variación anual (promedio de 36 meses) de las variables de crecimiento y rendimiento del palmito.

Dosis de P_2O_5 en $kg.ha^{-1}.año^{-1}$	Variables				
	Altura (cm)	Diámetro basal (cm)	Núm. Hojas	Peso medio palmito (g)	Palmitos (número. $ha^{-1}.año^{-1}$)
0	**	**	**	**	**
18	**	**	**	**	*
36	**	**	**	**	**
66	**	**	**	**	**
96	**	**	**	**	**
215	**	**	**	**	**

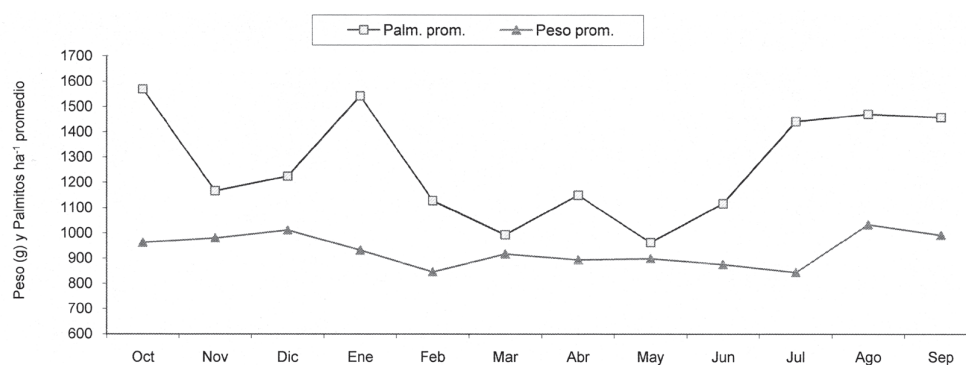
*: Diferencias significativas ($p \leq 0,05$); **: Diferencias altamente significativas ($p < 0,01$).

Fig. 3. Variación anual del peso y número de palmitos cosechados (promedio mensual de 36 meses).

Cuadro 3. Promedio de 24 meses del efecto de las aplicaciones de P como fertilizante sobre el número de hijos por cepa.

Dosis de P_2O_5 en $kg.ha^{-1}.año^{-1}$	Nº de hijos.cepas ⁻¹ **	C. V. (%)
0	3,98	6
18	3,95	3
36	4,15	5
66	4,21	6
96	4,11	9
215	3,91	6

*: Regresión lineal significativa ($p < 0,07$); **: Regresión cuadrática significativa ($p < 0,07$)

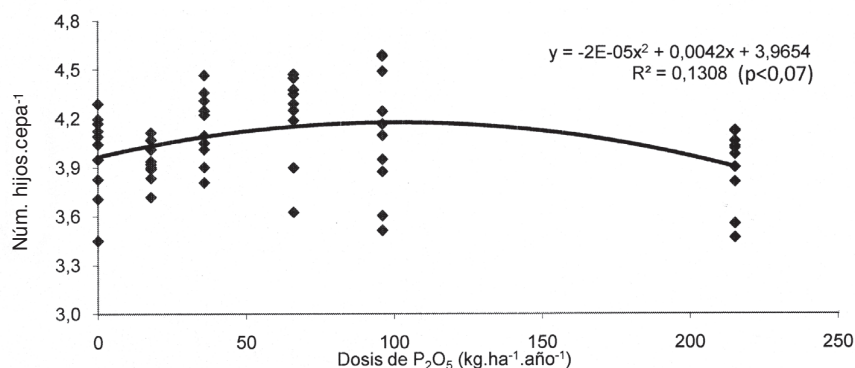


Fig. 4. Efecto de las adiciones de P sobre el número de hijos por cepa, promedio de 24 meses de estudio.

Cuadro 4. Efecto de la fertilización con P en la disponibilidad de nutrientes en 2 profundidades del suelo, durante 36 meses.

Elementos		Dosis de P ₂ O ₅ en kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹ (0-5 cm)						Dosis de P ₂ O ₅ en kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹ (5-20 cm)					
		0	18	36	66	96	215	0	18	36	66	96	215
pH	agua	4,5	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	4,6	4,6	4,5	5,5	4,6	4,6
Ca		6,9	6,2	6,0	6,0	6,3	6,9	8,0	6,5	6,2	6,4	6,8	7,1
Mg		2,6	2,4	2,3	2,3	2,4	2,3	2,8	2,4	2,4	2,3	2,4	2,5
K	cmol(+) l ⁻¹	0,5	0,53	0,49	0,49	0,53	0,56	0,3	1,00	0,26	0,27	0,31	0,29
Acidez		3,9	4,2	4,5	4,2	3,6	2,9	3,2	4,1	4,9	4,4	3,7	2,9
S. A.	%	29	33	34	33	29	24	22	31	35	33	28	23
P-Ols.		6,1	6,0	7,4	9,2	11,6	21,2	5,1	4,7	5,4	5,8	6,2	8,1
P-M3		4,4	3,8	5,1	6,2	8,4	19,0	3,1	2,8	3,5	3,6	3,9	5,7
Cu	mg.kg ⁻¹	13	13	12	12	12	12	14	14	15	14	14	14
Fe		329	315	371	345	315	302	283	286	339	309	392	290
Mn		94	77	73	78	79	100	59	58	55	68	60	68
Zn		2,8	2,7	2,8	2,6	2,6	2,7	3,1	3,0	3,2	2,8	3,0	3,1

de P la cantidad extraíble fue alrededor de 10 mg.kg⁻¹ en el estrato superior del suelo; mientras que en Mehlich-3, y en el mismo estrato, fue cerca de las 6 mg.kg⁻¹ (Cuadro 4).

El P disponible se acumuló en mayor cantidad en el estrato superior, debido seguramente a la baja movilidad del elemento en el suelo y a la interacción con la fracción orgánica del 4,5% acumulada superficialmente en el sitio por la adición de residuos (Fassbender y Bornemisza

1994, Mojica 1994). La solución Olsen modificada, extrajo mayor cantidad de P debido a que esta extrae principalmente las formas ligadas a óxidos e hidróxidos de Al y Fe por medio de la hidrólisis con OH⁻ (Maida 1978); mientras que la solución de ácido débil Mehlich-3, extrae principalmente las formas de Al al atacar los fosfatos con fluoruro (Chang y Jackson 1957). En este tipo de suelos los fosfatos inorgánicos dominantes son los de Fe y Al, en donde los de Fe predominan y presentan

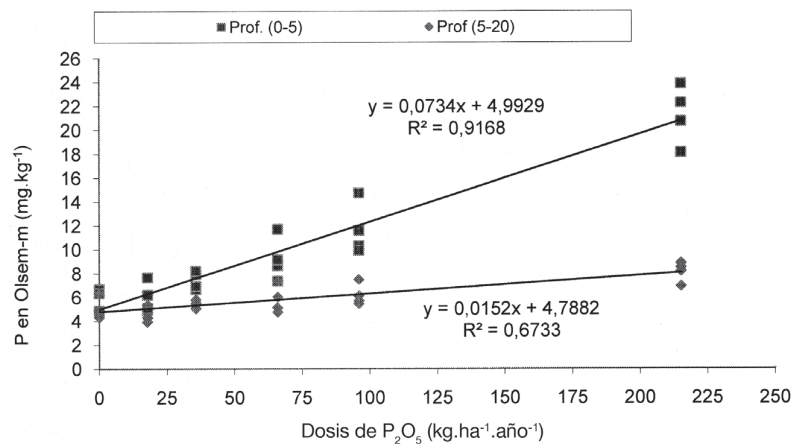


Fig. 5. Efecto de la fertilización con P durante 36 meses en la cantidad extraída de P en el suelo mediante la solución Olsen-modificado ($p < 0,05$)

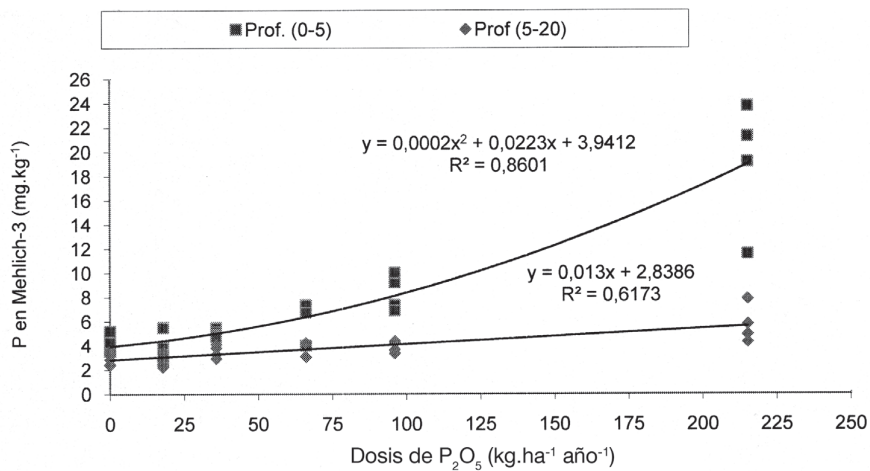


Fig. 6. Efecto de la fertilización con P durante 36 meses en la cantidad extraída de P en el suelo mediante la solución Mehlich-3 ($p < 0,05$).

mayor solubilidad que los de Al (Fassbender y Bornemisza 1994).

Cabalceta y Cordero (1994), encontraron resultados similares en Ultisoles de Costa Rica en cuanto a las cantidades extraídas con Olsen modificado y Mehlich-3; mientras que Mojica

(1994), menciona que las soluciones ligeramente ácidas como Mehlich-3, presentan lecturas bajas en suelos arcillosos y sujetos a la fertilización fosforada.

En las figuras 7 y 8 se observa que el P extraído entre ambas soluciones correlacionó

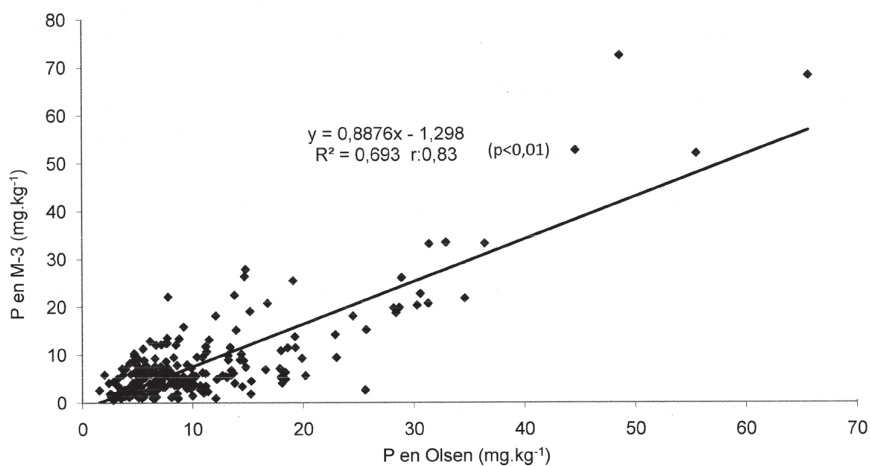


Fig. 7. Correlación entre el P extraído con Olsen modificado y Mehlich-3 a una profundidad de 0-5 cm (los datos corresponden a los muestreos de todos los tratamientos durante 36 meses de estudio).

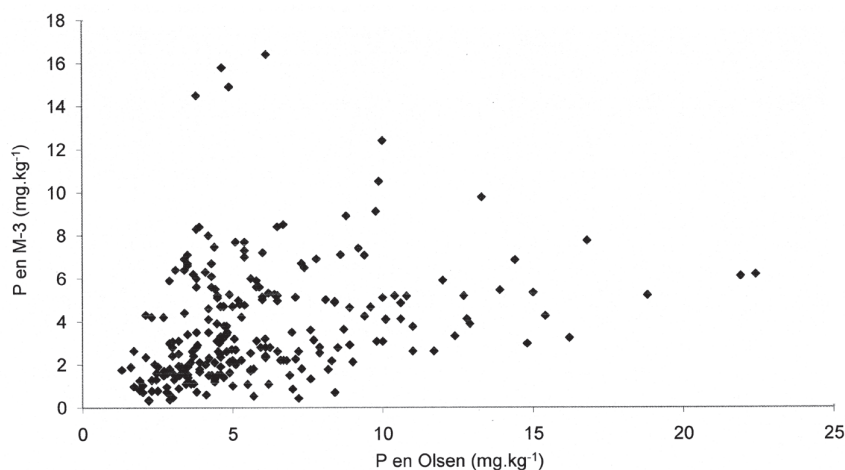


Fig. 8. Correlación entre el P extraído con Olsen modificado y Mehlich-3 a una profundidad de 5-20 cm (los datos corresponden a los muestreos de todos los tratamientos durante 36 meses de estudio).

significativamente ($p < 0,01$) sólo en el estrato superior del suelo (0-5 cm), lo que sugiere que en las condiciones de menor MO y actividad biológica (estrato inferior) se afecta de alguna manera la capacidad de extracción de las soluciones o aumenta la variabilidad.

La variación del contenido de P disponible en el suelo en el tiempo (Figura 9) pudo deberse al efecto acumulativo de la fertilización con el elemento y al mineralizado de la fracción orgánica, dependiente de la cantidad de residuos depositados después de la cosecha durante el año (Cuadro 2 y Figura 3). La disminución de la lluvia durante el verano definido de la zona (Figura 1), puede explicar el que al secarse el suelo la disponibilidad de P orgánico e inorgánico disminuyan (Fassbender y Bornemisza 1994, Bertsch 1995).

A pesar de la adición de Mg como fertilizante, los contenidos de Ca y Mg tendieron a disminuir su disponibilidad en los estratos superiores del suelo (Cuadros 5 y 6), producto del lavado de bases, el cual es también influenciado por el efecto residual ácido de los fertilizantes nitrogenados y por la absorción de estos elementos por el cultivo. El K aumentó en la profundidad de 5-20 cm (Cuadro 5), producto de la fertilización base y su alta movilidad en el suelo.

Los elementos menores no variaron en magnitud importante (Cuadro 7).

Efecto de la adición de P como fertilizante sobre la concentración de elementos en las hojas 3 y 5, los pecíolos 3 y 5 y en raíces gruesas del palmito

Las adiciones de P no afectaron la concentración de P y otros nutrientes en las hojas 3 y 5 (Cuadro 8), lo que concuerda con los reportes de Guzmán (1985), Jongschaap (1993), Pérez *et al.* (1993) y Tonjes (1994). Se observó una tendencia (sin significancia estadística) de que el P en la hoja 3 fue mayor que en la hoja 5. La concentración de N, Ca y Mg varió entre hojas ($p < 0,05$), en donde la hoja 3 presentó valores mayores de N y menores de Ca y Mg debido a la movilidad de estos en la planta (Molina 2000).

A través del período de estudio, la concentración de P varió en ambas hojas en el ámbito de 0,15 a 0,3% (Cuadro 9), considerado como adecuado según Vargas (1994), Ferrufino (2000) y Molina (2000) para palmito. Otros elementos como el N, Ca, Mg, Zn y Mn también variaron en el tiempo (Cuadros 9 y 10). Las variaciones en el tiempo podrían deberse a efectos de variación estacional, efectos residuales de los fertilizantes

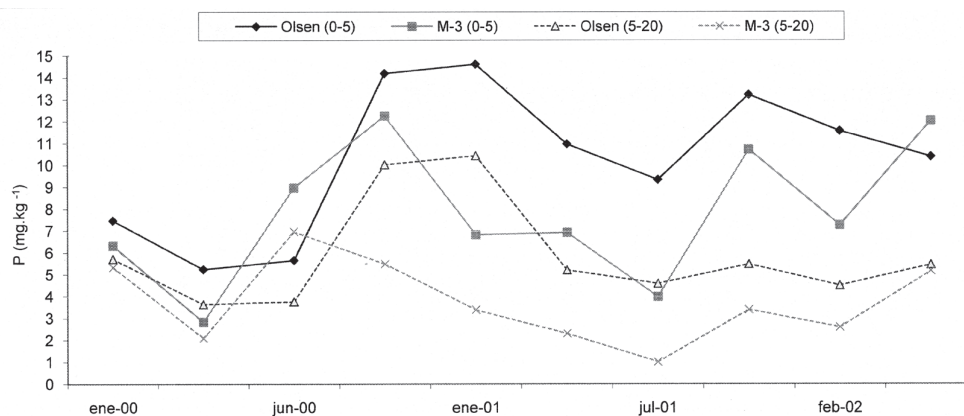


Fig. 9. Variación de P durante el período de estudio según profundidad y solución extractora.

Cuadro 5. Efecto de la fertilización con P (kg.ha⁻¹ de P₂O₅) sobre el pH y la disponibilidad de Ca, Mg y K en el suelo durante 36 meses.

Profundidad de 0-5 cm							Profundidad de 5-20 cm					
pH en agua												
Fecha / P ₂ O ₅	0 **	18 **	36 **	66 **	96 **	215 **	0 **	18 **	36 **	66	96 **	215 **
Jan-00	4,7	4,6	4,6	4,6	4,7	5,1	4,6	4,6	4,6	4,5	4,6	4,7
Apr-00	4,7	4,7	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,7	4,7	4,6	4,7	4,7
Jun-00	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6
Oct-00	4,2	4,1	4,2	4,2	4,1	4,2	4,3	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3
Jan-01	4,5	4,5	4,6	4,7	4,5	4,6	4,7	4,6	4,7	4,6	4,6	4,6
Jun-01	4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	4,5	4,7	4,5	4,4	4,5	4,6	4,6
Jul-01	4,5	4,5	4,4	4,4	4,5	4,5	4,7	4,7	4,6	4,6	4,6	4,7
Oct-01	4,7	4,7	4,6	4,6	4,7	4,8	5,0	4,9	4,8	4,8	4,9	5,0
Feb-02	4,5	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6	4,7	4,6	4,7	4,8	4,6
Jun-02	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3
Promedio	4,5	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	5	5	4	5	5	5
Ca en cmol(+) l ⁻¹												
Fecha / P ₂ O ₅	0 **	18 **	36 **	66 **	96 **	215 *	0 **	18 **	36	66	96	215
Jan-00	11,6	11,0	9,5	9,6	9,4	12,5	10,8	8,8	7,8	8,0	8,6	8,7
Apr-00	7,9	6,2	5,7	6,2	6,8	6,9	7,9	6,5	5,9	6,0	6,7	6,7
Jun-00	7,1	7,4	6,7	6,7	6,8	7,5	8,1	7,7	7,0	7,4	7,7	8,3
Oct-00	5,7	5,3	7,7	6,4	5,8	5,9	7,6	5,6	6,0	6,9	5,8	6,3
Jan-01	5,5	4,1	4,9	5,2	4,4	5,3	6,5	5,0	5,2	4,8	5,7	5,6
Jun-01	7,9	5,4	5,9	5,6	6,2	6,6	8,2	6,0	5,4	6,4	6,8	7,0
Jul-01	7,4	6,4	5,3	5,3	6,6	7,6	9,4	8,2	6,7	6,4	7,3	8,4
Oct-01	4,8	4,2	4,0	3,8	5,1	5,8	6,5	5,3	6,2	5,9	6,2	6,0
Feb-02	6,4	5,1	5,7	5,6	5,8	6,0	8,3	6,1	6,4	5,9	7,1	7,3
Jun-02	4,4	6,7	4,6	5,2	5,8	5,2	7,0	5,4	5,5	6,3	6,5	7,0
Promedio	6,9	6,2	6,0	6,0	6,3	6,9	8,0	6,5	6,2	6,4	6,8	7,1
Mg en cmol(+) l ⁻¹												
Fecha / P ₂ O ₅	0 *	18 *	36 *	66	96	215	0	18 *	36 **	66	96	215 **
Jan-00	2,9	2,9	2,5	2,5	2,7	2,4	3,1	2,8	2,6	2,5	2,5	2,5
Apr-00	2,5	2,2	2,1	2,1	2,2	2,2	2,7	2,4	2,2	2,2	2,2	2,2
Jun-00	2,6	2,9	2,7	2,5	2,4	2,5	3,5	3,3	2,9	2,8	3,2	3,3
Oct-00	2,0	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,3	1,9	1,9	2,1	2,0	2,0
Jan-01	2,8	2,3	2,4	2,6	2,4	2,2	2,7	2,3	2,5	2,1	2,5	2,5
Jun-01	3,1	2,6	2,6	2,2	2,7	2,7	3,1	2,5	2,2	2,5	2,5	2,5
Jul-01	2,3	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1	2,4	2,2	2,1	2,0	2,1	2,2
Oct-01	2,4	2,0	1,9	2,0	2,2	2,4	3,0	2,0	2,5	2,3	2,6	2,4
Feb-02	2,7	2,4	2,4	2,4	2,6	2,4	2,7	2,3	2,7	2,3	2,6	2,6
Jun-02	2,5	2,3	2,2	2,5	2,7	2,4	2,9	2,4	2,2	2,7	2,4	2,7
Promedio	2,6	2,4	2,3	2,3	2,4	2,3	2,8	2,4	2,4	2,3	2,4	2,5
K en cmol(+) l ⁻¹												
Fecha / P ₂ O ₅	0 **	18 **	36 **	66 **	96 **	215 *	0 **	18	36 **	66 **	96 **	215 **
Jan-00	0,42	0,61	0,43	0,45	0,54	0,50	0,16	0,17	0,13	0,13	0,18	0,15
Apr-00	0,11	0,17	0,13	0,09	0,13	0,14	0,06	0,08	0,10	0,06	0,10	0,11
Jun-00	0,51	0,47	0,54	0,45	0,37	0,49	0,28	0,16	0,18	0,17	0,17	0,18
Oct-00	0,67	0,73	0,69	0,65	0,75	0,79	0,32	0,39	0,33	0,31	0,55	0,38
Jan-01	0,74	0,87	0,61	0,75	0,85	0,64	0,47	0,49	0,30	0,50	0,48	0,32
Jun-01	0,57	0,52	0,53	0,53	0,48	0,57	0,29	0,45	0,29	0,27	0,22	0,32
Jul-01	0,52	0,58	0,56	0,56	0,54	0,54	0,34	0,33	0,33	0,34	0,31	0,30
Oct-01	0,46	0,50	0,46	0,44	0,49	0,91	0,28	0,24	0,30	0,24	0,33	0,37
Feb-02	0,52	0,47	0,45	0,48	0,55	0,51	0,42	0,36	0,33	0,34	0,40	0,43
Jun-02	0,52	0,43	0,47	0,46	0,59	0,54	0,36	0,32	0,31	0,28	0,40	0,37
Promedio	0,50	0,53	0,49	0,49	0,53	0,56	0,30	0,30	0,26	0,27	0,31	0,29

*: Diferencias significativas (p ≤ 0,05); **: Diferencias altamente significativas (p < 0,01).

Cuadro 6. Efecto de la fertilización con P (kg.ha⁻¹ de P₂O₅) sobre la acidez y la disponibilidad de P en el suelo durante 36 meses.

Fecha / P ₂ O ₅	Profundidad de 0-5 cm						Profundidad de 5-20 cm					
	Acidez en cmol(+) l ⁻¹											
	0	18	36	66 *	96	215	0	18	36	66	96	215
Jan-00	3,1	2,7	3,7	3,9	2,9	1,1	3,9	4,3	5,4	5,5	4,1	3,5
Apr-00	4,3	4,7	5,8	5,3	4,2	3,7	4,2	5,0	5,5	5,3	4,6	3,6
Jun-00	4,1	4,0	4,6	4,8	4,3	3,5	4,9	4,4	5,1	5,0	4,3	3,3
Oct-00	4,1	4,1	3,3	3,0	3,2	2,9	2,7	4,1	4,6	3,8	3,5	3,2
Jan-01	3,2	4,1	3,6	2,5	3,6	3,0	2,3	4,1	4,0	4,1	3,5	2,7
Jun-01	3,3	4,0	3,9	3,9	3,2	2,7	2,7	4,1	4,8	4,3	3,7	2,5
Jul-01	3,5	3,2	4,3	4,0	3,2	2,5	2,6	2,9	4,4	3,5	3,5	2,3
Oct-01	4,8	4,8	5,3	5,6	4,5	3,1	2,8	4,4	4,6	4,4	3,2	2,8
Feb-02	3,4	5,0	5,0	4,6	4,1	3,3	2,6	3,9	5,2	4,7	3,5	2,8
Jun-02	4,7	5,7	5,1	4,1	3,2	3,3	3,4	4,1	4,9	3,4	3,1	2,6
Promedio	3,9	4,2	4,5	4,2	3,6	2,9	3,2	4,1	4,9	4,4	3,7	2,9

Fecha / P ₂ O ₅	S.A. (%)											
	0 **	18 *	36	66 *	96	215	0	18	36	66	96	215
Jan-00	17,8	16,1	23,3	24,0	18,8	6,9	21,6	26,8	34,4	34,8	27,0	24,2
Apr-00	28,8	35,5	42,4	38,8	32,0	29,3	27,7	35,9	40,1	39,4	34,4	29,0
Jun-00	28,6	27,6	31,7	33,4	31,5	25,4	29,6	28,3	33,4	32,5	28,8	22,3
Oct-00	32,6	34,0	23,7	25,6	27,4	25,9	20,9	34,3	35,8	29,3	29,6	27,1
Jan-01	26,8	36,2	31,7	22,5	31,8	27,6	18,8	34,9	32,9	36,0	28,9	24,5
Jun-01	22,5	32,1	30,2	32,1	25,5	22,1	18,7	26,6	38,2	32,1	28,7	21,6
Jul-01	26,0	26,4	35,4	33,9	26,2	21,5	17,7	21,4	32,2	29,1	26,8	18,1
Oct-01	38,7	41,8	45,3	47,4	36,3	25,5	22,4	36,8	34,2	35,4	25,7	24,6
Feb-02	26,0	38,1	36,6	34,9	31,9	27,0	18,3	30,8	35,5	35,1	26,2	22,1
Jun-02	39,0	40,6	40,6	33,7	27,2	29,2	25,7	33,3	37,7	26,7	26,0	21,1
Promedio	28,7	32,8	34,1	32,6	28,9	24,1	22,1	30,9	35,4	33,1	28,2	23,5

Fecha / P ₂ O ₅	P en Olsen m (mg.kg ⁻¹)											
	0 *	18 **	36 **	66 *	96 **	215 *	0 *	18 **	36 **	66 *	96 **	215 **
Jan-00	7	6	7	7	7	11	6	5	5	6	6	6
Apr-00	4	4	4	5	7	7	4	3	4	3	3	4
Jun-00	5	4	5	5	4	11	4	3	4	4	3	5
Oct-00	10	7	8	11	18	31	8	6	6	10	13	17
Jan-01	9	12	12	16	16	23	9	9	10	10	10	13
Jun-01	5	6	9	10	14	22	4	5	5	5	6	6
Jul-01	5	6	6	8	10	21	4	4	5	5	4	6
Oct-01	6	5	6	11	9	42	4	5	6	5	5	8
Feb-02	5	4	7	11	19	23	3	3	3	5	5	8
Jun-02	6	5	8	9	13	21	4	4	5	5	6	8
Promedio	6	6	7	9	12	21	5	5	5	6	6	8

Fecha / P ₂ O ₅	P en Mehlich-3 (mg.kg ⁻¹)											
	0 **	18 **	36 **	66	96 **	215	0 **	18 **	36 **	66 **	96 **	215 **
Jan-00	6	6	7	7	4	9	5	3	6	5	5	8
Apr-00	3	2	2	2	3	5	2	2	2	2	2	3
Jun-00	8	7	8	8	8	16	6	6	8	7	6	9
Oct-00	6	6	7	8	16	31	5	5	5	5	6	7
Jan-01	4	4	5	6	8	14	3	3	3	3	4	4
Jun-01	3	3	3	6	9	17	2	2	2	2	3	4
Jul-01	1	1	2	2	6	12	1	1	1	2	1	2
Oct-01	5	3	3	6	6	41	3	2	2	3	3	7
Feb-02	2	2	3	5	8	23	2	1	1	3	2	6
Jun-02	6	5	10	12	18	22	3	4	5	5	7	8
Promedio	4	4	5	6	8	19	3	3	4	4	4	6

*: Diferencias significativas (p≤0,05); **: Diferencias altamente significativas (p<0,01).

Cuadro 7. Efecto de la fertilización con P (kg.ha⁻¹ de P₂O₅) sobre la disponibilidad de Cu, Fe, Mn y Zn en el suelo durante 36 meses.

Fecha / P ₂ O ₅	Profundidad de 0-5 cm						Profundidad de 5-20 cm					
	Cu (mg.kg ⁻¹)											
	0 *	18 **	36 **	66 **	96 **	215 **	0 **	18 **	36 **	66 **	96 **	215 **
Jan-00	13	13	12	12	12	12	15	15	16	14	15	14
Apr-00	10	11	10	10	11	11	12	11	12	11	12	11
Jun-00	12	11	11	11	12	11	13	13	12	12	13	14
Oct-00	15	15	14	14	15	14	16	17	18	17	18	17
Jan-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Jun-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Jul-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Oct-01	12	11	12	10	11	10	14	14	14	13	13	13
Feb-02	14	15	14	12	13	13	15	15	16	14	14	14
Jun-02	13	14	14	13	13	13	15	15	16	14	15	15
Promedio	13	13	12	12	12	12	14	14	15	14	14	14

Fecha / P ₂ O ₅	Fe (mg.kg ⁻¹)											
	0 **	18 *	36 **	66 **	96 **	215 **	0 **	18 **	36 **	66 **	96 **	215 **
Jan-00	235	229	297	279	240	202	220	268	277	266	232	226
Apr-00	195	255	271	233	217	207	203	205	278	238	226	216
Jun-00	368	322	400	367	326	317	372	364	408	315	330	385
Oct-00	504	446	501	484	480	491	408	404	486	505	479	450
Jan-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Jun-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Jul-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Oct-01	426	383	458	432	365	335	309	296	353	335	300	309
Feb-02	272	281	309	313	292	271	233	236	281	273	225	234
Jun-02	301	288	361	310	285	288	238	228	288	235	251	208
Promedio	329	315	371	345	315	302	283	286	339	309	292	290

Fecha / P ₂ O ₅	Mn (mg.kg ⁻¹)											
	0 *	18 **	36 *	66 *	96 **	215 **	0 **	18 **	36 **	66 **	96 **	215 **
Jan-00	43	59	42	39	73	71	30	37	31	35	40	34
Apr-00	21	24	20	23	22	22	21	19	21	23	24	24
Jun-00	124	113	94	97	103	106	79	77	74	77	75	67
Oct-00	217	114	142	162	105	243	96	82	73	164	84	173
Jan-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Jun-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Jul-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Oct-01	88	65	73	75	76	75	51	43	53	56	57	39
Feb-02	71	74	68	71	75	76	57	61	60	60	59	59
Jun-02	96	89	75	82	101	108	77	88	71	62	79	79
Promedio	94	77	73	78	79	100	59	58	55	68	60	68

Fecha / P ₂ O ₅	Zn (mg.kg ⁻¹)											
	0	18	36 *	66	96	215	0	18 **	36	66	96 **	215
Jan-00	2	3	3	2	2	2	3	4	3	2	3	3
Apr-00	2	3	2	2	2	2	3	2	3	3	3	2
Jun-00	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Oct-00	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	3	3
Jan-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Jun-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Jul-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Oct-01	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	4
Feb-02	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3
Jun-02	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Promedio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

*: Diferencias significativas (p≤0,05); **: Diferencias altamente significativas (p<0,01). sd: sin dato.

Cuadro 8. Efecto de la fertilización con P sobre la concentración de nutrimentos en las hojas 3 y 5 del palmito, durante 36 meses.

Elementos	Dosis de P_2O_5 (kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹) - Hoja 3						Dosis de P_2O_5 (kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹) - Hoja 5					
	0	18	36	66	96	215	0	18	36	66	96	215
N	2,75	2,64	2,77	2,84	2,73	2,78	2,26	2,29	2,30	2,27	2,23	2,37
P	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
K	1,09	1,15	1,15	1,08	1,15	1,09	1,05	1,08	1,05	1,05	1,09	0,97
Ca	0,44	0,46	0,44	0,45	0,46	0,47	0,59	0,55	0,61	0,58	0,59	0,63
Mg	0,30	0,32	0,31	0,31	0,30	0,31	0,37	0,35	0,37	0,37	0,35	0,38
Fe	112	122	109	112	117	106	120	125	135	123	118	115
Cu	14	8	7	7	8	7	8	6	10	11	8	7
Zn	36	30	27	27	32	39	31	22	27	31	27	26
Mn	99	115	116	113	110	105	111	115	127	117	120	115

No se encontró ajuste al modelo lineal o cuadrático según dosis de P para ningún nutrimento ($p < 0,05$).

y prácticas agronómicas en la plantación como raleos de hojas bajas y viejas, entre otros. Dada la falta de respuesta en la concentración foliar de P, no se pudieron establecer los niveles críticos en el órgano foliar.

No se encontró que las adiciones de P al suelo afectaran la concentración del elemento y otros nutrimentos en las raíces gruesas (Cuadro 11). La MS en este órgano, semejante a lo reportado por Jongschaap (1993), tampoco varió en forma importante en función de las adiciones de P, el mismo comportamiento se encontró en la cantidad de nutrimentos absorbidos (Cuadro 12).

Al analizar los pecíolos en función de la aplicación de P, se encontró un aumento lineal

($p < 0,05$) en la concentración de P de los pecíolos de las hojas 3 y 5 (Cuadro 13 y Figura 10). Resultados similares obtuvo Tonjes (1994), al analizar pecíolos y tallos. En los pecíolos de la hoja 5, conforme se aplicó P aumentó en forma lineal la concentración de K, Ca y Mg (Cuadro 13).

En otros cultivos como la papa (Meyer y Marcum 1998), uva para vino (Janat *et al.* 1990) y la papaya (Awada 1976), los pecíolos son órganos que se muestrean rutinariamente para el diagnóstico del análisis foliar. La teoría radica en que este órgano funciona como canal y almacén de P, poniéndolo a disposición de las hojas nuevas según estas lo requieran. De acuerdo al estado nutricional de las plantas, la reserva que llega a los pecíolos será mayor o menor.

Cuadro 9. Efecto de la aplicación de P (kg.ha⁻¹.año⁻¹ de P₂O₅) en la concentración de N, P, K, Ca y Mg en las hojas 3 y 5 del palmito durante 36 meses.

Fecha / P ₂ O ₅	Hoja 3						Hoja 5					
	N (%)											
	0**	18**	36**	66**	96**	215**	0	18**	36**	66**	96**	215**
Jan-00	2,5	2,2	2,5	2,5	1,9	2,1	2,0	1,9	1,7	2,1	1,6	1,8
Apr-00	2,3	2,2	2,1	2,5	2,3	2,0	2,0	1,7	1,6	1,6	1,7	1,8
Jun-00	2,3	2,2	2,4	2,5	2,4	2,3	1,9	2,0	2,3	1,9	2,0	2,1
Oct-00	2,7	2,6	3,0	3,1	3,1	3,4	2,4	2,4	2,8	2,3	2,6	2,5
Jan-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Apr-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Jul-01	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Oct-01	3,4	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	2,7	2,9	2,8	2,8	2,8	3,3
Feb-02	2,5	3,0	2,9	2,6	2,8	2,7	2,2	2,4	2,2	2,3	2,2	2,2
Jun-02	3,5	3,1	3,2	3,4	3,2	3,4	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,9
Promedio	2,8	2,6	2,8	2,8	2,7	2,8	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,4
P (%)												
	0*	18**	36*	66**	96**	215**	0	18**	36**	66**	96**	215**
Jan-00	0,20	0,21	0,21	0,20	0,20	0,21	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20
Apr-00	0,25	0,23	0,23	0,23	0,24	0,22	0,21	0,20	0,26	0,21	0,23	0,22
Jun-00	0,25	0,25	0,25	0,27	0,25	0,26	0,26	0,24	0,25	0,24	0,26	0,24
Oct-00	0,19	0,22	0,22	0,21	0,22	0,23	0,18	0,18	0,20	0,19	0,19	0,19
Jan-01	0,23	0,25	0,25	0,27	0,26	0,25	0,22	0,22	0,23	0,24	0,24	0,23
Apr-01	0,22	0,23	0,25	0,24	0,24	0,22	0,19	0,20	0,19	0,20	0,19	0,19
Jul-01	0,21	0,20	0,20	0,19	0,19	0,18	0,19	0,21	0,19	0,17	0,17	0,16
Oct-01	0,26	0,27	0,25	0,26	0,26	0,27	0,23	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Feb-02	0,18	0,18	0,19	0,18	0,17	0,17	0,18	0,17	0,15	0,17	0,16	0,17
Jun-02	0,16	0,18	0,18	0,18	0,17	0,18	0,16	0,15	0,16	0,17	0,16	0,16
Promedio	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
K (%)												
	0	18*	36*	66	96	215	0	18*	36	66	96	215
Jan-00	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	0,9
Apr-00	0,9	1,0	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1	1,0
Jun-00	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
Oct-00	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	1,1	0,9	0,9
Jan-01	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0
Apr-01	1,3	1,3	1,5	1,3	1,4	1,4	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1
Jul-01	1,2	1,3	1,2	1,1	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2
Oct-01	1,3	1,4	1,3	1,2	1,4	1,2	1,3	1,5	1,3	1,2	1,4	1,1
Feb-02	1,2	1,2	1,3	1,0	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,0	1,1	1,0
Jun-02	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	1,0	0,8	1,0	0,9	0,8
Promedio	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0
Ca (%)												
	0*	18*	36*	66	96	215**	0*	18*	36*	66	96	215**
Jan-00	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
Apr-00	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5
Jun-00	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,5
Oct-00	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Jan-01	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6
Apr-01	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,8
Jul-01	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
Oct-01	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	0,6	0,8
Feb-02	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5
Jun-02	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5
Promedio	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Mg (%)												
	0*	18**	36**	66**	96*	215**	0*	18*	36**	66**	96	215**
Jan-00	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
Apr-00	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Jun-00	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
Oct-00	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
Jan-01	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Apr-01	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Jul-01	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Oct-01	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5
Feb-02	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
Jun-02	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4
Promedio	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4

*: Diferencias significativas (p≤0,05); **: Difer. altamente signific. (p<0,01). sd: sin dato.

Cuadro 10. Efecto de la aplicación de P (kg.ha⁻¹.año⁻¹ de P₂O₅) en la concentración de Fe, Cu, Zn y Mn en las hojas 3 y 5 del palmito durante 36 meses.

Fecha / P ₂ O ₅	Hoja 3						Hoja 5					
	Fe (mg.kg ⁻¹)											
	0	18	36	66	96	215*	0	18	36	66*	96**	215**
Jan-00	156	130	128	132	131	121	107	95	115	112	121	133
Apr-00	86	172	93	80	100	66	79	184	81	67	68	65
Jun-00	95	97	98	99	131	107	124	112	133	101	123	97
Oct-00	96	119	104	104	108	103	111	123	155	144	135	132
Jan-01	120	95	106	104	128	84	97	103	146	100	97	99
Apr-01	122	102	100	97	98	98	134	128	156	124	103	108
Jul-01	131	126	136	140	141	136	134	156	143	143	153	141
Oct-01	128	166	133	153	134	141	182	144	217	215	175	166
Feb-02	87	86	88	100	89	92	99	102	83	91	87	88
Jun-02	102	127	106	112	108	114	138	102	125	138	117	119
Promedio	112	122	109	112	117	106	120	125	135	123	118	115
Fecha / P ₂ O ₅	Cu (mg.kg ⁻¹)											
	0	18	36	66	96	215**	0	18	36	66	96	215
Jan-00	6	6	6	7	6	7	6	4	5	6	5	6
Apr-00	10	10	8	10	9	6	7	7	8	9	8	7
Jun-00	8	9	7	9	12	14	10	7	8	12	21	7
Oct-00	5	6	5	5	5	5	7	4	5	5	5	4
Jan-01	6	6	7	7	7	6	5	5	6	6	7	5
Apr-01	7	8	5	5	5	5	9	5	4	4	4	12
Jul-01	9	8	8	10	16	8	13	7	4	5	9	6
Oct-01	9	9	9	9	9	11	7	8	9	9	9	9
Feb-02	9	9	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6
Jun-02	7	7	7	7	6	7	6	6	6	6	6	6
Promedio	7	8	7	7	8	7	8	6	6	6	8	7
Fecha / P ₂ O ₅	Zn (mg.kg ⁻¹)											
	0	18	36**	66*	96	215	0	18	36	66	96*	215
Jan-00	26	27	26	26	28	25	23	21	24	20	25	23
Apr-00	22	19	18	21	22	18	20	17	20	18	21	18
Jun-00	31	26	22	25	65	116	25	23	30	58	38	41
Oct-00	38	22	18	16	19	18	28	18	17	18	18	18
Jan-01	19	21	21	22	21	18	17	16	16	20	23	15
Apr-01	81	34	28	30	38	30	43	27	34	25	31	34
Jul-01	35	34	30	35	37	34	27	21	36	50	22	23
Oct-01	42	38	28	32	32	38	27	33	32	30	26	28
Feb-02	27	26	23	27	28	26	28	26	25	34	22	32
Jun-02	44	51	53	41	30	65	72	22	36	36	49	28
Promedio	36	30	27	27	32	39	31	22	27	31	27	26
Fecha / P ₂ O ₅	Mn (mg.kg ⁻¹)											
	0*	18*	36*	66	96**	215**	0	18**	36**	66	96*	215**
Jan-00	96	114	127	119	128	120	117	120	145	128	134	145
Apr-00	82	86	87	84	88	72	85	83	98	74	85	85
Jun-00	79	79	89	87	73	84	104	83	89	95	99	76
Oct-00	73	83	91	83	76	85	85	79	100	91	91	94
Jan-01	104	129	123	124	112	86	111	130	115	116	112	97
Apr-01	98	106	115	115	115	96	121	120	125	110	114	118
Jul-01	127	144	141	137	143	136	130	135	151	157	158	127
Oct-01	142	173	158	148	157	172	130	156	201	174	170	190
Feb-02	98	103	97	101	101	85	123	114	100	105	114	105
Jun-02	94	139	136	131	112	116	103	132	147	120	122	113
Promedio	99	115	116	113	110	105	111	115	127	117	120	115

*: Diferencias significativas (p≤0,05); **: Diferencias altamente significativas (p<0,01).

Cuadro 11. Efecto de la adición de P como fertilizante sobre la concentración de nutrientes en las raíces superficiales gruesas de palmito.

Nutrimento		Dosis de P_2O_5 (kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹)					
		0	18	36	66	96	215
N		0,35	0,36	0,37	0,36	0,29	0,37
P		0,13	0,13	0,15	0,14	0,15	0,15
K	%	1,11	1,10	1,24	1,15	1,17	1,21
Ca		0,16	0,15	0,14	0,14	0,15	0,17
Mg		0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
Fe		1780	2285	1894	2153	1943	2168
Cu		190	66	53	44	124	59
Zn	Mg.kg ⁻¹	104	38	29	26	117	50
Mn		66	72	57	58	64	68
B		3	4	4	4	3	3
MS	%	31	30	29	28	30	29

No hubo ajuste al modelo lineal o cuadrático según dosis de P para ningún nutriente ($p < 0,05$).

Cuadro 12. Efecto de la adición de P como fertilizante sobre la cantidad de nutrientes absorbidos por las raíces superficiales gruesas de palmito.

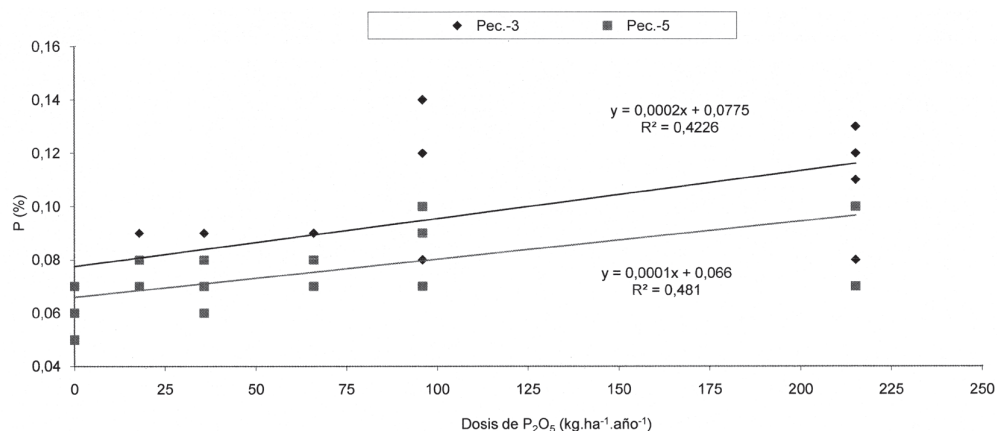
Nutrimento		Dosis de P_2O_5 (kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹)-Absorción en 1 kg de materia fresca					
		0	18	36	66	96	215
N		1,07	1,09	1,07	1,00	0,84	1,07
P		0,38	0,39	0,41	0,38	0,43	0,43
K	g	3,38	3,36	3,60	3,24	3,52	3,51
Ca		0,46	0,43	0,39	0,39	0,42	0,47
Mg		0,36	0,36	0,34	0,34	0,37	0,37
Fe		569	744	599	657	601	655
Cu		68	52	15	12	35	17
Zn	mg	38	32	9	8	32	15
Mn		21	77	18	17	19	20
B		2,2	3,8	1,5	1,2	1,1	0,9

No hubo ajuste al modelo lineal o cuadrático según dosis de P para ningún nutriente ($p < 0,05$).

Cuadro 13. Efecto de la aplicación de P al suelo como fertilizante sobre la concentración de nutrimentos en los pecíolos de las hojas 3 y 5 de palmito.

Nutrimento	kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹ de P ₂ O ₅ - Pecíolo de Hoja 3						kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹ de P ₂ O ₅ - Pecíolo de Hoja 5					
	0	18	36	66	96	215	0	18	36	66	96	215
N	0,57	0,59	0,66	0,62	0,62	0,58	0,60	0,59	0,63	0,60	0,59	0,63
P	0,07	0,08	0,08	0,09	0,13	0,11	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09
K	1,01	1,53	1,25	1,64	1,69	1,76	0,57	0,97	0,81	0,92	1,44	1,42
Ca	0,17	0,18	0,22	0,20	0,19	0,19	0,20	0,23	0,22	0,24	0,21	0,30
Mg	0,10	0,10	0,13	0,12	0,11	0,11	0,09	0,09	0,11	0,11	0,10	0,13
Fe	59	37	36	39	37	34	41	42	48	51	43	45
Cu	7	5	5	4	4	10	6	4	4	4	4	6
Zn	9	6	9	7	10	9	12	6	11	7	6	8
Mn	51	53	78	56	59	43	74	89	93	90	94	109
B	10	8	8	7	7	9	6	6	5	6	5	6

Ajuste al modelo lineal según dosis de P para la concentración de P en pecíolos 3 y 5 ($p < 0,05$).

Fig. 10. Efecto de la aplicación de P al suelo como fertilizante sobre la concentración de P en los pecíolos de las hojas 3 y 5 de palmito ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

- 1) Durante 36 meses de experimentación, no se encontró respuesta a la fertilización con P en el crecimiento o producción del palmito, aún cuando a partir del segundo año la dosis aplicada del elemento se duplicó. Esto manifiesta que en plantaciones establecidas, la planta posee capacidad de asimilación y reciclaje de P, y por tanto adaptabilidad a condiciones bajas de este elemento, típicas de suelos tropicales.
- 2) Hubo un ligero aumento en el número de hijos con las aplicaciones de P (mejor dosis de 96 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de P₂O₅). Con un adecuado manejo de los rebrotes en la cepa, como poda selectiva o tratamientos hormonales, este resultado podría repercutir

- en aumentos de la producción a largo plazo.
- 3) Se comprobó la eficiencia de ambas soluciones extractoras de P (Olsen mod. y Mehlich-3) para diagnosticar la disponibilidad del elemento en suelos residuales y arcillosos, con dominancia de óxidos y sesquióxidos de Fe y Al.
 - 4) En los diferentes órganos analizados (hojas, raíces gruesas y pecíolos), se encontró que solamente los pecíolos son sensibles a las aplicaciones de P al suelo. Sin embargo, dada la poca magnitud de los incrementos y a la variación importante entre bloques, la aplicabilidad comercial de este hallazgo es limitada. Además, dado que tales incrementos no se asociaron a aumentos en la producción, no se pudo establecer un nivel crítico o de suficiencia de P para el diagnóstico nutricional.
 - 5) La concentración de P en la hoja 3, o el pecíolo de esta, fue mayor que el encontrado en la hoja o pecíolo 5. Aunque agronómicamente no se pudo establecer cuál representa mejor el estado nutricional, se prefiere muestrear la hoja o pecíolo 5. En ambas hojas, la concentración de P fue óptima (según la literatura) aún sin aplicaciones del elemento.
 - 6) Las aplicaciones de P no afectaron en forma importante la concentración de otros nutrimentos, sea en el suelo o en los diferentes órganos analizados, salvo el incremento observado de K, Ca y Mg en el pecíolo de la hoja 5. Tampoco afectaron la cantidad acumulada de MS en las raíces gruesas.
 - 7) Bajo las condiciones de esta investigación, no se recomienda la aplicación de P al suelo en plantaciones establecidas (>4 años), excepto reponer la extracción como producto de la cosecha, la cual corresponde a una dosis de 30 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de P₂O₅ en una plantación de 10000 plantas.ha⁻¹.

Para condiciones comerciales, se sugiere como provechoso asegurar que el P disponible en el suelo sea mayor de 5 mg.kg⁻¹ (Olsen modificado.).

En futuras investigaciones con P, se recomienda muestrear en el estrato superior del suelo comprendido de 0 a 5 cm, y utilizar preferiblemente Olsen modificado, aunque en dicho estrato la correlación con la solución Mehlich 3 fue buena.

AGRADECIMIENTOS

Este experimento se enmarcó en el Proyecto Palmito el cual fue realizado conjuntamente por el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, la Universidad de Carolina del Norte y la Universidad de Hawai. Los fondos financieros fueron provistos por el AID. En la realización de este ensayo destacó la colaboración de los ingenieros Danilo Alpizar y José Pablo Quesada. Se agradece además al personal de la Estación Experimental Los Diamantes, MAG/Guápiles y del Laboratorio de Suelos y Foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

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, Costa Rica. 29 p.
- ARES A., BONICHE J., MOLINA E., YOST R. 2002. *Bactris gasipaes* agroecosystems for heart-of-palm production in Costa Rica: changes in biomass, nutrient and carbon pools with stand age and plant density. *Field Crops Research* 74:13-22.
- ASOCIACIÓN BANANERA NACIONAL (ASBANA). 1981. Cuarto reporte anual. Octubre de 1980–Setiembre de 1981. San José, Costa Rica.
- AWADA M. 1976. Relation of phosphorus fertilization to petiole phosphorus concentrations and vegetative growth of young papaya plants. *Tropical Agriculture* 53:173-181.
- BANCO NACIONAL DE COSTA RICA-UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. 1982. El pejibaye. San José,

- Costa Rica, publicación del Banco Nacional de Costa Rica con la colaboración técnica de la Universidad de Costa Rica. 8 p.
- BERTSCH F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 164 p.
- BOLAÑOS M., WATSON V. 1993. Mapa Ecológico de Costa Rica 1:200.000, según el sistema de clasificación de zonas de vida de L.R. Holdridge. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.
- BOVI M. L. A. 1997. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Boletim técnico 100, Instituto Agronômico. Campinas, Brasil. p. 240-242.
- BOVI M. L. A. 1998. Palmito pupunha: informações básicas para cultivo. Boletim técnico 173, Instituto Agronômico. Campinas, Brasil. 50 p.
- BOVI M. L., BARBOSA A. M., SPIERING S. H. 1994. Adubação NPK na formação de mudas de pupunheira. In: XIII Congresso Brasileiro de Fruticultura Salvador. Bahia, Brasil p. 1141-1142.
- BRICEÑO J., PACHECO R. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 137 p.
- CABALCETA G., CORDERO A. 1994. Niveles críticos de P en Ultisoles, Inceptisoles, Vertisoles y Andisoles de Costa Rica. Agronomía Costarricense 18 (2):147-161.
- CARVALHO A.R.V., SILVA E.M.R., COZZOLINO K., BALDANI V.L.D., DOBEREINER J. 1997. Associação simbiótica entre bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de pupunheira. In: XXVI Congresso Brasileiro da Ciência do Solo. Rio de Janeiro, Brasil.
- CHANG S., JACKSON M. 1957. Fractionation of soil phosphorus. Soil Science 84:133-144.
- CLEMENT C., HABTE M. 1994. Effect of soil solution phosphorus on seedling growth of the pejiyabe palm in an oxisol. Journal of Plant Nutrition 17 (4):639-655.
- DEENIK J., ARES A., YOST R. 2000. Fertilization responses and nutrient diagnostic methods for peach palm (*Bactris gasipaes*). Nutrient Cycling in Agroecosystems 55 (4):1-13.
- FALCAO N. P. S., SILVA J. R. A., CLEMENT CH. 1996. Caracterização de sintomatologias de carências nutricionais em mudas de pupunha cultivadas em solução nutritiva. In: XXII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Sociedade Brasileira da Ciência do Solo. Manaus, Brasil. p. 100.
- FASSBENDER H., BORNEMISZA E. 1994. Química de suelos, con énfasis en suelos en América Latina. IICA. San José, Costa Rica.
- FERRUFINO A. 2000. Guía para la toma de muestras para análisis de tejidos en banano, piña, palmito, pimienta y maracuyá. DAI-Proyecto Concade-NC State Un. Cochabamba, Bolivia. p. 8-11.
- GUZMÁN P. 1985. Nutrición y fertilización del pejiyabe (Respuesta del pejiyabe para palmito a la aplicación de N-P-K). In: Sexto informe de labores de diversificación agrícola 1985. ASBANA, Costa Rica. p. 41-46.
- HENRÍQUEZ C., BERTSCH F., SALAS R. 1995. Fertilidad de suelos, manual de laboratorio. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 64 p.
- HERRERA W. 1989. Fertilización del pejiyabe para palmito. Serie técnica Pejiyabe. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Boletín Informativo 1 (2):5-10.
- INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL. 1992. Descripción preliminar del clima de Los Diamantes. Departamento de Agrometeorología. San José, Costa Rica. 23 p.
- JANAT M., STROEHLEIN J., PESSARAKLIM, KNOWLES T. 1990. Grape response to phosphorus fertilizer: petiole to blade ratio as a guide for fertilizer application. Communications in Soil Science and Plant Analysis 21:667-686.
- JANOS D. 1977. Vesicular-arbuscular mycorrhizae affect the growth of *Bactris gasipaes*. Principes 21:12-18.
- 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.
- KAMPRATH E., WATSON M. 1980. Conventional soil and tissue test for assessing the phosphorus status of soil. In: The role of phosphorus in agriculture. F. E. Khasawneh ed. Madison, Wisconsin, SSSA. p. 433-469.

- KATO A., MULLER C., MATOS A., KAWAJE O., MENESES 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. Rio de Janeiro, Brasil.
- KULCHETSKI L., CHAIMSOHN F., GARDINGO J. 2001. Palmito pupunha (*Bactris gasipaes*, Kunth). A espécie, cultura, manejo agrônômico, usos e processamentos. Editora UEPG, Paraná, Brasil. 148 p.
- LA TORRACA S., HAAG H., DECHEN A. 1984. Nutrición mineral de frutíferas tropicales, síntomas de carencias nutricionales en pupunha. O' Solo 76 (1):53-56.
- LÓPEZ E. 1997. Respostas da pupunheira ao NPK na produção de palmito no sul da Bahia. In: XXVI Congresso Brasileiro do Ciencia do Solo. Rio de Janeiro, Brasil.
- MAIDA J. 1978. Phosphate availability indices related to phosphate fractions in selected Malawi soils. Journal Science Food Agricultural 29:423-428.
- MEYER R., MARCUM D. 1998. Potato yield, petiole nitrogen, and soil nitrogen response to water and nitrogen. Agronomy Journal 90:420-429.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA Y MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES ENERGÍA Y MINAS. 1995. Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- MINISTERIO DE ASUNTOS CAMPESINOS Y AGROPECUARIOS. 1990. El cultivo del tembe. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria. Chapare, Bolivia. 15 p.
- MOJICA F. 1994. Fertilidad de suelos. Diagnóstico y control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. 525 p.
- MOLINA E. 2000. Manual de suelos y nutrición de pejibaye para palmito. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 42 p.
- MOLINA E., ALVARADO A., BONICHE J., SMYTH J. 2002. Acumulación de biomasa y nutrientes en plantaciones de palmito en Guápiles, Costa Rica. Agronomía Costarricense 26(2):53-62.
- MORA-URPÍ J. 1984. El pejibaye (*Bactris gasipaes*, H.B.K): origen, biología floral y manejo agronómico. In: palmeras poco utilizadas de América tropical. FAO/CATIE, Turrialba, Costa Rica. p.118-160.
- MORA-URPÍ J., WEBER J., CLEMENT C. 1997. Peach palm, *Bactris gasipaes*, Kunth. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 20. IPGRI. Rome, Italy. 84 p.
- PACHECO R. G., SOUZA J. O., AGUILAR M. A., CARDOSO A. A., MARTÍNEZ H. P., ARAÚJO Q. R., OLIVEIRA J. A. 1996. Efeito de doses crescentes e localização de fósforo sobre o crescimento inicial de pupunha (*Bactris gasipaes*, HBK). In: XXII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Sociedade Brasileira do Ciencia do Solo. Manaus, Brasil. p. 683.
- PÉREZ J., DAVEY C., MC COLLUM R., PASHANASHI, B., BENITES J. 1987. Peach palm as a soil management option on ultisols. Tropsoils Technical Report. North Caroline State University, Raleigh, USA. p. 26-27.
- PÉREZ J., SZOTT L. T., MCCOLLUM R. E., AREVALO L. 1993. Effect of fertilization on early growth of pijuayo (*Bactris gasipaes*, H.B.K) on an Amazon Basin ultisol. In: IV Congreso Internacional sobre Biología, Agronomía e Industrialización del Pijuayo. Iquitos, Perú. p. 209-223.
- PRONATA. 1998. El cultivo de chontaduro (*Bactris gasipaes*, H. B. K.) para fruto y palmito. Corpoica Regional-10. Bogotá, Colombia. 19 p.
- RODRÍGUEZ J. E., OLIVEIRA W. C., COSTA G. L. 1993. Efeito de níveis de nitrogênio e fósforo no desenvolvimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes*, H.B.K). In: XXIV Congresso Brasileiro da Ciência do Solo. Curitiba. p. 43-44.
- 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.
- ROTHSCHUH J. 1983. Guía técnica para el cultivo del pejibaye (*Bactris gasipaes*, H.B.K). Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria. Managua, Nicaragua. 24 p.
- SAS. 1997. Versión 6.11. SAS Institute Inc., Cary, N. C., USA.
- SUDO A., SILVA E., BOVI M., ALMEIDA D., COZZOLINO K. 1996. Produção de mudas de pupunheira colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares Revista Brasileira do Ciencia do Solo 20:529-532.
- TONJES J.J. 1994. A study on N-P-K fertilization of *Bactris gasipaes* in the Atlantic Zone of Costa Rica. Phase

- 2, report N° 79 (field report N° 126). CATIE/AUW/MAG. San José, Costa Rica. 26 p.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE
NATURAL RESOURCES CONSERVATION
SERVICE (USDA). 1999. Keys to soil taxonomy. 2^d
ed. Washington, D. C., USA.
- VARGAS A. 1995. Evaluación preliminar de coberturas
vegetales vivas en el cultivo del pejibaye para
palmito (*Bactris gasipaes*, H.B.K) en relación a su
efecto sobre la fertilidad del suelo, productividad
del cultivo e incidencia de malezas. CORBANA 20
(44):25-32.
- VARGAS A. 1994. Evaluación de dos tipos de brotes de
pejibaye (*Bactris gasipaes*, H. B. H) en relación con
su posición en la cepa y bajo dos formas de colo-
cación del fertilizante. CORBABA 19 (41):15-17.
- VARGAS A. 2000. La palmera de pejibaye (*Bactris gasi-
paes*, K), y su cultivo en Costa Rica para la obtención
de palmito. Corporación Bananera Nacional. Pococí,
Costa Rica. 67 p.
- 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.
- ZAMORA C., FLORES C. 1984. Ensayos sobre nitrógeno en
pejibaye para palmito. In: Sexto Informe de Labores
de Diversificación Agrícola 1983-1984. ASBANA.
Costa Rica. p. 58-61.