

PRODUCTIVIDAD DEL MANGO EN UNA POBLACIÓN DE ALTA DENSIDAD DURANTE EL PERÍODO DE PLENA PRODUCCIÓN

MANGO PRODUCTIVITY OF A HIGH DENSITY POPULATION DURING FULL PRODUCTION PERIOD

Luis Avilán*, Enio Soto*, Carlos Marín R.*, Mercedes Pérez*, Margot Rodríguez** y José Ruíz**

1 Trabajo financiado en parte por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT).

* Investigador y ** Técnicos Asociados a la Investigación. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Maracay, estado Aragua, 2101. Apdo. postal 588. Venezuela. avilan@telcel.net.ve, esoto@inia.gob.ve, avilanrovira@hotmail.com.

RESUMEN

En árboles de mango de los cultivares Haden, Edward, Tommy Atkins y Springfels, injertados sobre "criollo" distanciados a 6 metros entre sí (278 pl ha⁻¹) se evaluó durante período de plena producción, empleando un arreglo factorial 4x6 sobre un diseño totalmente aleatorizado el efecto de la poda y el regulador de crecimiento Paclobutrazol o PBZ aplicado al suelo (i.a. 2,5 g por planta-1) sobre el desarrollo vegetativo y la producción. Los tratamientos fueron: Testigo (T) en libre crecimiento, T+PBZ, Poda (P) a 2,5 m de altura del suelo y corte de los extremos laterales a un radio de 2,0 m del tronco de la planta, P+PBZ, P+corte de los extremos laterales a un radio de 1,8 m del tronco de la planta (P+L), y P+ entresaque de 1-2 ramas principales desde su inserción en el tronco (P+E). En todos los tratamientos se aplicó (KNO₃) al 6% a los 5 meses de la poda. Las variables estudiadas fueron: incremento anual del volumen de copa (IVC), rendimiento (kg y N° de frutos planta⁻¹) y eficiencia productiva (kg y N° frutos m⁻³). Los resultados señalan diferencias significativas en el IVC entre los mantenidos en libre crecimiento con y sin PBZ y los podados, pero no entre estos últimos. Los IVC determinados fueron acentuadamente menores a los establecidos durante el período de crecimiento. Los rendimientos promedios (t ha⁻¹) para los 4 ciclos fueron 40,8 T; 36,1 T+PBZ; 26,0 P; 26,9 P+PBZ; 21,2 P+E y 25,8 P+L, los cuales superan y en algunos casos duplican las 22 t ha⁻¹ obtenidos en el sistema tradicional (69 pl ha⁻¹) utilizado en el país.

Palabras Clave: Mango; *Mangifera indica* L.; alta densidad; poda; regulador; rendimiento.

SUMMARY

The ten years old trees cultivars 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Springfels' and 'Edward' grafted on "Criollo" were planted at 6x6 m (278 trees ha⁻¹) to evaluate the pruning effect at 2,5 m height of soil and lateral branches pruning of radius at 2,0 and 1,8 m, the Paclobutrazol (PBZ) effect when applied to the soil (2.5 g ai per tree) and flowering promoter potassium nitrate (KNO₃), at 6%, on the vegetative growth and yield and efficiency productive of the mango cultivars. The treatments were: Checker (T), T + PBZ, Pruning (P) and P + PBZ. P + lateral branches pruning of radius at 1,8 m (P+L) and P + pruning of internal primary branches (P+E). The studied variables were increase of canopy volume (ICV), yield (kg tree⁻¹) and productive efficiency (kg tree m⁻³). Yields (t ha⁻¹) for the four cycles 2000-2004, for the different treatments were: 40,8 T; 36,1 T+PBZ; 26,0 P; 26,9 P+PBZ; 21,2 P+E and 25,8 P+L. These yields were higher (>200%) than the one reached by low tree density system (69 tree ha⁻¹) in the same time.

Key Words: Mango; *Mangifera indica* L.; high density; regulator; pruning; yield.

INTRODUCCIÓN

El mango, *Mangifera indica* L., constituye uno de los frutales más difundidos a escala nacional con 8 650 ha (Venezuela, 2000); cuya participación en los mercados internacionales se ha venido acrecentando en los últimos años. Sin embargo, el bajo nivel de producción promedio de 12 a 15 t ha⁻¹ cuando las plantaciones alcanzan los 12-14 años de edad, período dentro del comportamiento productivo donde la planta alcanza los mayores índices de eficiencia productiva, será un factor que a corto o mediano plazo limitará su competitividad en los mercados (Avilán, 1988). Entre las causas que lo motivan, se citan el empleo de bajas densidades de población por hectárea (69 plantas ha⁻¹), debido al uso de patrones y copas caracterizados por inducir un alto vigor vegetativo (VV), y la ausencia de procedimientos físicos y/o químicos para controlar el porte o tamaño del árbol (Avilán *et al.*, 1998).

El empleo de altas densidades de población como alternativa para incrementar la producción y la productividad del mango y de los frutales perennes de tipo arbóreo en general, implica la introducción de técnicas como la poda, aplicación de reguladores de crecimiento y promotores de la floración, orientadas en su conjunto, al control de las dimensiones de la planta para disminuir la competencia de luz por efecto del auto sombreado y el de las plantas adyacentes, y así favorecer el proceso productivo (Kulkarni, 1991).

Los rendimientos por unidad de área (ha) en alta densidad alcanzados en diversas experiencias de campo, empleando de manera aislada o combinada las técnicas antes citadas han superado con creces los obtenidos en los huertos establecidos con el sistema tradicional caracterizado por la baja densidad de población (Avilán *et al.*, 2001 y 2005; Medina-Urrutia, 1994, Charnvichit *et al.*, 1991; Campbell, 2000; Campbell y Wasielewski, 2000)

Dentro del ciclo de vida productivo de la planta (Avilán, 1980, 1988) el período de plena producción, corresponde a la etapa del árbol donde existe una estrecha relación entre el incremento del volumen del follaje y el número de frutos producido. Se inicia alrededor de los 9 años de edad y se prolonga hasta los 14-15 y durante este período el árbol alcanza los mayores índices de fructificación o número de frutos/m³ de follaje.

En cultivares con diferente VV establecidos en alta densidad de población (278 pl ha⁻¹), durante el período de plena producción, se evaluó la respuesta de la planta

a la aplicación de la poda y un regulador de crecimiento para reducir la competencia y evidenciar su incidencia en la producción de frutos. Este ensayo es una continuación del iniciado en 1996 cuando las plantas tenían 5 años de edad y fue evaluado hasta que alcanzaron los 9 años, es decir, cuando se encontraban dentro del período de crecimiento (Avilán *et al.*, 2001 y 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el campo experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP-INIA) localizado en la región centro norte del país (10°17' N, 67°37' W), caracterizado como Bosque Seco Tropical, que tiene como límites climáticos generales una precipitación entre 850 y 1 000 m.m., anuales, una temperatura media anual entre 24 °C y 26 °C, situado a una elevación de 450 m.s.n.m., y suelos con buenas condiciones físicas de mediana fertilidad natural, clasificados dentro del Orden Entisol (Ewel y Madriz, 1968); se condujo un ensayo desde el 2000 cuando los árboles tenían 10 años de edad y hasta que alcanzaron los 14 años de edad, dentro del período de plena producción (Avilán, 1980, 1988), sembrados a una distancia de 6 metros entre sí (278 pl ha⁻¹) de los cultivares Haden de alto, Edward y Tommy Atkins de intermedio y Springfels de bajo VV, respectivamente, para evaluar el efecto de la poda en diferentes intensidades y un regulador de crecimiento sobre el desarrollo vegetativo y la producción de frutos.

Las diferentes modalidades de poda (Cuadro 1) fueron: la eliminación de la parte superior de la copa (topping) a 2,5 m de altura del suelo, corte de los extremos laterales a un radio de 2,0 m y 1,8 m del tronco de la planta; los cuales se efectuaron al inicio de cada ciclo anual de producción (CAP); mientras el entresaque de 1 ó 2 ramas principales, eliminadas desde su base o punto de inserción al tallo, solamente al inicio del ensayo. En todos los cortes fue aplicado un cicatrizante.

El regulador de crecimiento empleado fue el Paclobutrazol o PBZ (cultar®) cuya aplicación al suelo se realizó un mes después de efectuada la poda, a razón de i.a. 2,5 g por planta. El producto se disolvió en 3 litros de agua y se esparció alrededor del tallo en una franja distanciada de 1 m a 1,5 m del mismo. Como promotor de la floración para toda la población del ensayo se empleó el nitrato de potasio (KNO₃) al 6%, a los 5 meses de realizada la poda; en consideración de que los brotes podados y sin podar, a los 5 meses están aptos para ser inducidos a florecer (Avilán *et al.*, 2000).

CUADRO 1. Tipos de poda aplicados a cuatro cultivos de mango.

Tratamientos	Descripción
TESTIGO (T)	Libre crecimiento. Sin poda a 2,5 m de altura del suelo y sin aplicación del controlador de crecimiento PBZ*
TESTIGO + PBZ* (T+PBZ)	Libre crecimiento. Sin poda a 2,5 m de altura del suelo y con aplicación del controlador de crecimiento PBZ
PODA (P)	Poda a 2,5 m de altura del suelo y corte de las ramas laterales en un radio de 2,0 m del tronco, sin aplicación del controlador de crecimiento PBZ.
PODA + PBZ (P+PBZ)	Poda a 2,5 m de altura del suelo y corte de las ramas laterales en un radio de 2,0 m. del tronco, con aplicación del controlador de crecimiento PBZ.
PODA + Entresaque (P+E)	Poda a 2,5 m de altura del suelo y corte de las ramas laterales en un radio de 2,0 del tronco, con entresaque de 1-2 ramas principales desde la base, y sin aplicación del controlador de crecimiento PBZ.
PODA + Lateral (P+L)	Poda a 2,5 m de altura del suelo y corte de las ramas laterales en un radio de 1,8 m del tronco, y sin aplicación del controlador de crecimiento PBZ

* PBZ: Regulador de crecimiento Paclobutrazol.

En el ensayo de campo fue empleado un arreglo factorial 4x6 sobre un diseño totalmente aleatorizado cuyos factores se constituyeron por los cultivares y los tipos de poda; lo que generó un total de 24 combinaciones de tratamientos (Cuadro 2), cada uno con 3 repeticiones. Cada parcela experimental estuvo constituida por un árbol. Se considera que un CAP se inicia en la última semana del mes de julio y culmina después de la cosecha de los frutos en la penúltima semana del mes de julio del año siguiente.

Las variables estudiadas fueron: incremento del volumen de copa (IVC) anual (m³), determinado por la diferencia del volumen de la copa al inicio y al final de cada ciclo ($IVC = V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}}$) empleando la fórmula: $(4/3)\pi r^2(1/2)h$, donde: h es la altura de la planta y r el radio de la copa. El rendimiento se estableció por el peso en kg (PF) y el

número (N°F) de frutos de cada árbol. La eficiencia productiva (EP) se determinó relacionando el rendimiento en peso (EPF) y el número (EPN°) de frutos con el volumen (m³) de la copa al final de cada CAP.

Dentro de cada CAP se realizó un análisis de la varianza. Posteriormente, fue empleado el análisis de la varianza combinado en el tiempo, considerando los CAP como las subparcelas principales constituidas por los cultivos y los tipos de poda (Soto, 1986).

CUADRO 2. Tratamientos evaluados.

Cultivar	Tratamiento	N° de Tratamiento
Haden	Testigo	1
	Testigo + PBZ	2
	Poda	3
	Poda + PBZ	4
	Poda + Lateral	5
	Poda + Entresaque	6
Edward	Testigo	7
	Testigo + PBZ	8
	Poda	9
	Poda + PBZ	10
	Poda + Lateral	11
	Poda + Entresaque	12
Tommy Atkins	Testigo	13
	Testigo + PBZ	14
	Poda	15
	Poda + PBZ	16
	Poda + Lateral	17
	Poda + Entresaque	18
Springfels	Testigo	19
	Testigo + PBZ	20
	Poda	21
	Poda + PBZ	22
	Poda + Lateral	23
	Poda + Entresaque	24

La separación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con un nivel de significación del error tipo I al nivel de $P = 0,05$ (Snedecor y Cochran, 1982). Previamente se probaron los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk), homocedasticidad (prueba de Bartlett), aleatoriedad (prueba de Mediana), aditividad (prueba de Tukey) y autocorrelación (prueba de Durbin-Watson) según Steel y Torrie, (1960) en las variables IVC, PF, N°F y EP. Estas pruebas permitieron demostrar que las variables en estudio presentaron sendas distri-

buciones normales, con coeficientes de variación entre 30 y 35%. Estos valores son comunes en el cultivo de frutales perennes de tipo arbóreo. Para corregir los coeficientes de variación se utilizó la transformación de la raíz cuadrada: $y_t = \sqrt{y_i + 0,5}$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico combinado (Cuadro 3) de los 4 CAP, desde el 2000 hasta el 2004, señalan que el manejo o Tipos de poda (TP) indujo respuestas diferentes entre los cultivares (C) evaluados a través de las variables: incremento anual del volumen (m^3) de la copa (IVC), rendimiento PF (kg) o N°F (número) de frutos planta⁻¹ y la eficiencia productiva (EP) en kg (EPF) o en número de frutos (EPN°) por m^3 de copa.

Incremento anual del volumen de copa (IVC)

El análisis estadístico de la variable IVC (Cuadro 3) mostró diferencias altamente significativas entre C, TP, CAP y la interacción simple CAP x TP. El mayor IVC entre los C ocurrió en Haden seguido en orden decreciente por Edward y Tommy Atkins, ocupando el último lugar el Springfels (Cuadro 4), lo cual se corresponde

con el VV alto, intermedios y bajo, respectivamente, que los caracteriza (Ruehle y Ledin, 1955; Campbell, 1988).

En los TP el IVC (Cuadro 5) presentó diferencias altamente significativas entre los mantenidos en libre crecimiento con y sin aplicación del regulador (PBZ) de crecimiento (T y T+PBZ) y las intervenidas con la poda; presentando éstas últimas los más altos IVC, independiente de la intensidad aplicada. Mika (1986) señala que cuando se efectúa remoción de follaje, la planta trata de restituir el balance que existía entre el sistema radical y la parte aérea, antes de la aplicación de la poda. El IVC promedio para los 4 CAP en T y T+PBZ fueron de 8% y 16%, respectivamente, mientras en las intervenidas por la poda el IVC varió entre 254% y 286%, correspondiéndole éste último al P + E.

El IVC de T+PBZ y T no mostraron diferencias significativas entre sí; así como tampoco entre las plantas intervenidas con la poda sin y con aplicación del PBZ (P, P + L, P + E y P+PBZ). Estos resultados indican que el efecto del PBZ fue poco eficiente en el control de la tasa de crecimiento, en contraposición a los resultados obtenidos por otros investigadores (Ferrari y Sergeant, 1996; Medina-Urrutia, 1994; Charnvichit *et al.*, 1991).

CUADRO 3. Cuadrados medios y su significación, generado por las variables incremento del volumen de copa (IVC) anual; rendimiento en peso (PF) y número de frutos (N°F) y eficiencia productiva (EP). Ciclos de producción 1999-2003.

Fuentes	GL	IVC	Pr > F	PF	Pr > F	N°F	Pr > F	EPF	Pr > F	EPN°	Pr > F
Cultivar (C)	3	1978,525	0,0039	62866,47	0,0001	67909,57	0,0001	14,8208	0,0001	12,3226	0,0001
Tipo Poda(TP)	5	19734,139	0,0001	35131,74	0,0001	97537,53	0,0001	1,5466	0,0003	2,7203	0,0018
C x TP	15	324,389	0,6383	2629,17	0,0108	9522,58	0,0001	0,4304	0,1094	1,0972	0,0576
Rep CXTP	48	389,538	0,0001	2655,04	0,0002	4436,85	0,0232	0,269	0,132	0,5995	0,0179
Ciclo (CAP)	3	4616,256	0,0001	93031,5	0,0001	276092,45	0,0001	5,4316	0,0001	16,2265	0,0001
CAP x C	9	153,841	0,2042	2205,08	0,0731	2134,97	0,4416	6,2901	0,2005	0,5478	0,1676
CAP x TP	15	330,61	0,0004	1846,08	0,4799	9237,64	0,0001	0,2723	0,2098	0,4191	0,3451
CAP x C x TP	45	93,608	0,7516	1143,15	0,5959	2259,32	0,3883	0,1988	0,5693	0,4403	0,2369
r²		0,904		0,837				0,774		0,764	
CV		26,12		32,89				39,53		36,87	
X		40,47		106,4				1,158		1,66	

* P probabilidad de F calculado >F tabulado

** Cuadrados medios y coeficiente de variación fueron estimados a partir de los valores transformados y las medias se estimaron a partir de los valores transformados.

CUADRO 4. Comparación de medias del IVC anual de los cultivares (C).

Cultivar	Media	Grupo
Haden	46,83	a
Edward	41,77	b
Tommy Atkins	39,01	b
Springfels	34,29	c

Valores con letras similares no presentan diferencias significativas.

CUADRO 5. Comparación de medias del IVC anual del Tipo de Poda (TP).

Tipo de Poda	Media	Grupo
T	12,15	b
T+PBZ	16,57	b
P	53,46	a
P+PBZ	53,23	a
P+L	53,99	a
P+E	53,44	a

Valores con letras similares no presentan diferencias significativas
T: testigo; T+PBZ: testigo más paclobutrazol; P: poda; P+PBZ: poda más paclobutrazol; P+E: poda más entresaque; P+L: poda más corte lateral.

Este hecho puede estar asociado a que la dosis empleada (i.a. 2,5 g planta⁻¹) fue baja en relación con el alto VV que caracteriza a los cultivares monoembrionicos en el trópico (Whiley, 1991) o tal vez con la época de aplicación, un mes después de realizada la poda, que al parecer no fue la más adecuada. Charnvichit *et al.* (1991), destacaron que debido a que el PBZ se transloca muy lentamente dentro del árbol, su aplicación debería realizarse después de la poda fuerte, pero luego que hayan ocurrido uno o dos flujos de crecimiento, pues estarían presente para ese momento un mayor número de hojas.

Entre los CAP, el IVC y la interacción simple CAP x TP presentaron diferencias altamente significativas (Cuadro 3). Los más bajos IVC fueron los correspondientes al CAP 2000-2001 (Cuadro 6) hecho que podría estar asociado al manejo dispensado a las plantas podadas durante los CAP que precedieron al inicio de ésta fase experimental. Durante el período de crecimiento, (desde los 5 y hasta los 9 años de edad) las plantas fueron anualmente podadas a 2 m de altura del suelo, mientras en la presente fase se realizó a 2,5 m (Avilán *et al.*, 2005). La diferencia en la altura del corte de la copa en la conducción de la planta, implicó en el continuo y normal crecimiento anual de la planta, que en la transición de un CAP a otro la intensidad o severidad de la poda aplicada, fuese relativamente menor a la que estaban sometidas, y ello pudo haber incidido en la respuesta de la planta.

CUADRO 6. Comparación de medias del IVC anual de la interacción TP x CAP

Tipo de Poda	2000 - 2001	2001 - 2002	2002 - 2003	2003 - 2004	x. TP
T	7,89 b	8,81 b	18,24 b	13,65 b	12,15 b
T+ PBZ	11,75 b	23,10 b	17,78 b	13,68 b	16,57 b.
P	34,86 a	57,71 a	59,89 a	61,40 a	53,46 a.
P+ PBZ	34,07 a	56,50 a	58,66 a	63,97 a	53,99 a.
P + E	41,51 a	60,39 a	57,00 a	57,05 a	53,79 a.
P + L	40,85 a	55,89 a	56,88 a	60,42 a	53,44 a.
x. CAP	28,49 a	43,73 a	44,69 a	44,98 a	

Valores con letras similares no presentan diferencias significativas T: testigo; T+PBZ: testigo más paclobutrazol; P: poda; P+PBZ: poda más paclobutrazol; P+E: poda más entresaque; P+L: poda más corte lateral. TP: tipos de poda; CP o CAP: ciclos de producción.

En los posteriores CAP los IVC donde se aplicó la poda, representaron el doble de los determinados en el CAP inicial del ensayo (Cuadro 6), lo cual corrobora lo antes señalado. Es importante destacar que durante la presente etapa de la planta, es decir el período de plena producción, la interacción simple CAP x TP presentó diferencias significativa entre el inicial y los posteriores; pero no entre estos últimos. Este hecho es indicativo de que a medida que se incrementa la edad de los árboles, la respuesta de las plantas a la intervención se va haciendo menos acentuada. Similar respuesta fue observada en el período de crecimiento (Avilán *et al.*, 2005).

Considerando que la remoción del follaje por la poda, constituida principalmente por ramas nuevas (brotes) y hojas, acarrea una extracción importante de las reservas de la planta, una reducción de la cuantía de la pérdida, redundará en una mayor capacidad de producción de la planta. Stassen *et al.* (2000 a y b) determinaron para el momento de la cosecha, los patrones de acumulación de varios elementos en las diferentes partes del árbol de mango, señalando que el nitrógeno y calcio en las hojas representó el 40% del contenido total en el árbol; y en relación a los otros elementos que los mismos se encuentra en alta proporción, como el potasio (20%) y el fósforo (15%).

Se estima que por cada kg de materia seca removida por la poda, considerando los diferentes componentes (ramas gruesas, brotes y hojas) se extraen 19,6 g de nitrógeno, 4,4 g de fósforo y 25,4 g de potasio (Avilán *et al.*, 2007). Este hecho es importante de considerar dentro del plan de fertilización del cultivo.

Rendimiento por planta (kg o N° de frutos planta⁻¹)

El análisis estadístico combinado de los cuatro CAP (Cuadro 3) para las variables PF y N°F indican la ocurrencia de diferencias altamente significativas entre los C, TP y CAP y significativa para la interacción simple C x TP; así como para N°F la interacción TP x CAP. En PF Springfels ocupó la primera posición seguido en orden decreciente por Tommy Atkins y en último lugar Haden y Edward (Cuadro 7); mientras en N°F Haden y Springfels intercambiaron posiciones, permaneciendo Tommy Atkins en segundo lugar y Edward en el último. Estos ordenes en la capacidad productiva de los C, se corresponden con las evaluaciones realizadas a lo largo de la vida útil de los mismos en el huerto de introducciones del CENIAP; y el cambio de posición del Springfels, está asociado al peso promedio del fruto que caracteriza al cultivar (Avilán *et al.*, 1998).

CUADRO 7. Comparación de medias del PF y N°F de los cultivares (C) y la interacción C x TP .

Tipos de Poda	Cultivares				
	Haden	Edward	T. Akins.	Springfels	Efecto TP
Peso Frutos					
T	147,00 a	119,00 a	161,16 a	164,58 b	147,93 a
T + PBZ	97,25 b	103,33 a	126,66 b	196,00 a	130,81 a
P	84,58 b	55,66 b	112,00 b	120,00 cd	93,06 b
P + PBZ	75,91 b	69,66 b	98,08 c	144,58 c	97,06 b
P + L	90,41 b	68,25 b	93,25 c	120,33 cd	93,06 b
P + E	47,16 c	42,00	101,16 bc	115,58 d	76,47 b
x. C	90,38 c	76,31 c	115,38 b	143,51 a	
Número Frutos					
T	318,33 a	186,58 a	243,08 a	176,58 a	231,14 a
T + PBZ	198,08 b	176,50 a	207,41 a	176,66 a	189,66 b
P	159,08 bc	79,58 b	179,41 b	170,83 a	134,72 dc
P + PBZ	154,50 c	109,58 b	167,25 b	142,91 ab	142,31 c
P + L	154,66 c	91,50 b	162,00 b	115,50 b	130,91 dc
P + E	82,97 d	72,08 b	156,50 b	128,66 b	110,04 d
Efecto C	177,93 a	119,30 c	185,11 a	143,52 b	

Valores con letras similares no presentan diferencias significativas T: testigo; T+PBZ: testigo más paclobutrazol; P: poda; P+PBZ poda más paclobutrazol; P+E: poda más entresaque; P+L: poda más corte lateral. C: cultivar; TP: tipo de poda.

Los frutos de Springfels son de tamaño grande ($659,5 \pm 142$ g fruto⁻¹); mientras los de Haden $493,9 \pm 109$, Edward $520,0 \pm 69$ y Tommy Atkins $470,5 \pm 59$ g/fruto, respectivamente, de tamaño intermedio (Avilán *et al.*, 1998).

En T y T+PBZ se presentaron los mayores PF y N°F diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos donde las plantas fueron intervenidos por la poda. Estos resultados concuerdan, pero de manera inversa con la posición de los TP en relación al IVC (Cuadro 5). El mango pertenece al grupo de plantas donde es frecuente que medidas que estimulen el crecimiento vegetativo lo hagan a expensas de la floración y fructificación (Verheij, 1986; Cull, 1991). Whiley *et al.* (1989 y 1991) determinaron que a medida que se incrementa el desarrollo vegetativo disminuye la concentración de las reservas de almidón en la planta, y que altas concentraciones de almidón están asociadas con la floración y la productividad del mango.

Los rendimientos se incrementan, independiente de la alternancia en la producción con la edad de la planta, y los mayores PF y N°F se obtuvieron en el CAP del 2003-2004 cuando las plantas alcanzaron los 13 años de edad (Cuadro 8) seguido en orden decreciente por los que lo precedieron; 2002-2003 y 2001-2002, correspondiéndole al CAP de 2000-2001 cuando se inicio ésta fase del ensayo el menor rendimiento promedio.

Eficiencia Productiva (EP)

El análisis estadístico combinado de los 4 CAP (Cuadro 3) indica para EPF y EPN° la ocurrencia de diferencias altamente significativas entre los C, TP y CP. El Springfels y Tommy Atkins caracterizados respectivamente por un VV bajo e intermedio, ocuparon las primeras pociones, mientras Haden y Edward de alto e intermedio vigor, las últimas posiciones (Cuadro 9). La baja capacidad productiva del Edward, a pesar de su VV intermedio, está asociado a la época del inicio de la floración que generalmente ocurre 2 a 3 semanas antes que el resto de los cultivares, cuando aún no ha concluido el período de lluvias. Este hecho aunado a su elevada susceptibilidad a la "antracnosis" (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) acarrear una pérdida considerable de inflorescencias, afectando así su eficiencia productiva (Avilán *et al.*, 2002 y 2003, Soto *et al.*, 2004)

Los TP incidieron significativamente en EPF y EPN° (Cuadro 10), presentando los mayores índices P y P+PBZ, ocupando los últimos lugares T+PBZ y T, mientras el resto de los tratamientos (P+L, P+E) se ubicaron en las posiciones intermedias. La mayor EP se alcanzó durante el último CAP (2003-2004), el cual se diferenció significativamente de los CAP que le precedieron (Cuadro 10).

CUADRO 8. Comparación de medias del PF y N°F de los cultivares en los CAP.

Ciclo	Cultivares				
Peso Frutos	Haden	Edward	T. Atkins.	Springfels	Efecto TP
2000-2001	58,05 d	49,00 b	86,44 b	96,83 d	72,583 d
2001-2002	85,83 c	53,05 b	92,44 b	127,86 c	89,750 c
2002-2003	93,61 b	65,55 b	115,88 a	154,27 b	107,333 b
2003-2004	124,05 a	137,66 a	166,77 a	195,27 a	155,944 a
x. C	90,389 c	76,319 c	115,389 b	143,514 a	
Número Frutos					
2000-2001	116,44 b	77,72 b	135,72 b	87,50 b	104,347 c
2001-2002	153,22 b	80,27 b	148,61 b	112,72 b	123,708 c
2002-2003	185,72 b	98,77 b	185,77 b	144,00 b	153,569 b
2003-2004	256,33 a	220,44 a	270,33 a	229,88 a	244,250 a
Efecto C	177,931 a	119,306 c	185,111 a	143,528 b	

Valores con letras similares no presentan diferencias significativa C: cultivar; CAP o CP: ciclo de producción

CUADRO 9. Comparación de medias del EPF y EPNº de los cultivares (C) y la interacción C x TP

Tipos de Poda	Cultivares				
	Haden	Edward	T. Akins.	Springfels	Efecto TP
T	0,828 a	0,658 a	1,00 a	1,17 a	0,916 c
T + PBZ	0,626 a	0,660 a	1,07 a	1,61 a	0,994 bc
P	0,989 a	0,804 a	1,65 a	1,71 a	1,290 a
P + PBZ	0,905 a	0,867 a	1,61 a	2,12 a	1,376 a
P + L	0,578 a	0,566 a	1,38 a	1,94 a	1,117 abc
P + E	1,081 a	0,976 a	1,26 a	1,73 a	1,252 ba
x. C	0,834 c	0,746 c	1,333 b	1,717 a	
Número Frutos					
T	1,797 a	1,031 a	1,500 a	1,253 a	1,395 c
T + PBZ	1,277 a	1,125 a	1,819 a	1,414 a	1,414 c
P	1,862 a	1,155 a	2,655 a	1,725 a	1,849 ab
P + PBZ	1,836 a	1,347 a	2,661 a	2,085 a	1,982 a
P + L	1,014 a	0,972 a	2,118 a	2,208 a	1,578 bc
P + E	1,870 a	1,260 a	2,175 a	1,655 a	1,740 abc
Efecto C	1,609 b	1,148 c	2,155 a	1,727 b	

Valores con letras similares no presentan diferencias significativas T: testigo; T+PBZ: testigo más paclobutrazol; P: poda; P+PBZ poda más paclobutrazol; P+E: poda más entresaque; P+L: poda más corte lateral. C: cultivar; TP: tipo de poda.

CUADRO 10. Interacción Ciclo (CP) por Cultivar (C) en relación a EPF y EPNº

Ciclo	Cultivares				
	Haden	Edward	T. Akins.	Springfels	Efecto TP
Peso Frutos					
2000-2001	0,674 b	0,579 b	1,270 b	1,408 b	0,9753 b
2001-2002	0,794 b	0,503 b	1,081 b	1,494 b	0,9685 b
2002-2003	0,875 b	0,657 b	1,279 b	1,713 b	1,1348 b
2003-2004	1,026 a	1,249 a	1,684 a	2,253 a	1,5530 a
x. C	0,834 c	0,745 c	1,333 b	1,717 a	
Número Frutos					
2000-2001	1,276 b	0,914 b	2,068 b	1,291 b	1,3878 bc
2001-2002	1,369 b	0,747 b	1,761 b	1,352 b	1,3075 c
2002-2003	1,713 b	0,962 b	2,099 b	1,617 b	1,5970 b
2003-2004	2,079 a	1,971 a	2,691 a	2,651 a	2,3483 a
Efecto C	1,609 b	1,148 c	2,155 a	1,727 b	

Valores con letras similares no presentan diferencias significativa C: cultivar; CP o CAP: ciclo de producción.

Las diferencias significativas que presentaron P y P+PBZ, en relación a los restantes TP evaluados, evidenciaron que el control del tamaño o porte de la planta a través de la poda mejora la EP facilitando el empleo de las altas densidades de población en la explotación del mango. La tendencia mundial en la explotación de los frutales perennes de tipo arbóreo, y en particular la del mango, está orientada hacia el empleo de marcos de plantación más estrechos lo cual implica necesariamente el uso de cultivares de pequeño tamaño y/o el control del porte del árbol a través de procedimientos físicos y/o químicos (Campbell y Wasielewski, 2000, Crane *et al.*, 1997).

Los árboles en T y T+PBZ en libre crecimiento, que presentaron los mayores rendimientos promedios (PF y N°F) por planta, alcanzaron para el CAP 2003-2004 alturas de copa que superan los 7 u 9 m (Cuadro 11). Esto además de dificultar las labores de cosecha, por localizarse la mayoría de los frutos en la parte superior del árbol, presentan en la parte inferior de la copa la

ocurrencia cada vez más acentuada y en dirección ascendente, de la pérdida de follaje y la proliferación de ramas secas. Proceso que no está asociado a la ocurrencia de ataques fitopatológicos, sino a la carencia de una iluminación adecuada, que algunos denominan auto poda. Whiley *et al.* (1989) señalan que en régimen de temperaturas diurnas y nocturnas de 30/25 °C, como las imperantes en el trópico, el número de hojas como el tamaño de las mismas se incrementa y la longitud de los flujos es mayor.

Los rendimientos por planta (Cuadro 7) en los diferentes TP evaluados en alta densidad de población (278 Pl ha⁻¹) son inferiores a los considerando como el rendimiento "óptimo" de 300-320 kg planta⁻¹ establecido en árboles en libre crecimiento para 12 a 14 años de edad (Avilán, 1998).

Sin embargo, por unidad de área (ha) superan y en algunos casos duplican (Cuadro 12) las 22 t ha⁻¹ obtenidos en baja densidad (69 Pl ha⁻¹) tradicionalmente utilizado en el país.

CUADRO 11. Altura promedio (m) de los árboles al final del CAP 2003-2004 en libre crecimiento con y sin aplicación de PBZ.

Tratamiento	Haden	Edward	Tommy Atkins	Springfels	Promedio(m)
Testigo (T)	8,86	9,50	8,56	6,71	8,40
T+PBZ	7,97	7,66	7,28	7,08	7,49

PBZ: Paclobutrazol.

CUADRO 12. Rendimiento en kg planta⁻¹ y por ha, estimado en los sistemas de alta (1) y baja densidad de plantación (2).

Sistema de Plantación	Manejo del cultivo	Número Pl ha ⁻¹	kg Pl ⁻¹	t ha ⁻¹
Tradicional (1) (Baja densidad)	Libre crecimiento	69	320	22,0
Alta densidad (2)	Libre crecimiento (T)	278	147,9	40,8
	T +PBZ		130,8	36,1
	Poda (P)		93,0	26,0
	P + PBZ		97,0	26,9
	P+ Entresaque		76,4	21,2
	P + Lateral		93,0	25,8

PBZ: Paclobutrazol (1) Rendimientos obtenidos en el ensayo (2) Rendimiento estimado considerando el rendimiento "óptimo" (Avilán, 1988).

Las evaluaciones en relación a la intensidad de la poda evidencian que si bien mejoraron EP redujeron acentuadamente la producción de frutos; lo cual indica que el grado de severidad utilizada amerita de una revisión. La altura del corte de la copa de 2,5 m empleado al inicio de cada CAP durante la conducción en el ensayo representó menos del 50% de los 4,5 a 6 m de la altura del corte de copa recomendada por Young y Sauls (1979) para el manejo del mango en alta densidad en Florida (USA).

En su trabajo Medina-Urrutia (1994) indica que para minimizar el efecto negativo de la excesiva respuesta vegetativa cuando se realiza una poda drástica que éstas deben ser bianuales. Así mismo, la utilización de la técnica de la poda, debe ser acompañada de otras alternativas (anillado) para el control del porte de planta y promotores de la floración para asegurar el éxito en el establecimiento de las altas densidades de población.

CONCLUSIONES

- Los mayores incrementos anuales de follaje (IVC) por el empleo de la poda, estuvo asociada al VV de los cultivares, alto en Haden, intermedio en Edward y Tommy Atkins y bajo en Springfels.
- Los resultados señalan diferencias significativas en el IVC anual entre los mantenidos en libre crecimiento sin y con aplicación de PBZ (T y T+PBZ) y los podados (P, P + L, P + E y P+PBZ), pero no entre estos últimos.
- Los IVC determinados, en general, fueron acentuadamente menores a los establecidos durante el anterior período de crecimiento, indicativo que la tasa de crecimiento durante el presente período tiende a disminuir.
- La respuesta menos acentuada de la planta al empleo de la poda durante el período, implica una reducción de la magnitud del follaje a ser removido para la configuración de las copas, y en consecuencia de una menor cuantía de elementos extraídos de las reservas de la planta, atenuando así el efecto negativo sobre la capacidad de producción.
- Los cultivares Springfels y Tommy Atkins de porte bajo e intermedio, respectivamente, fueron los más productivos, seguidos en orden decreciente por Haden y Edward caracterizados, respectivamente por VV alto e intermedio.
- Los árboles en libre crecimiento con y sin aplicación de PBZ (T + PBZ y T) presentaron la menor EP.
- La intervención moderada de la copa (topping) y el uso del PBZ, de forma aislada o combinada mejoró significativamente la EP. El P + PBZ y P fueron los de mayor EPF y EPN°.
- Los rendimientos ($t\ ha^{-1}$) fueron 40,8 T; 36,1 T+PBZ; 26,0 P; 26,9 P+PBZ; 21,2 P+E y 25,8 P+L, los cuales superan y en algunos casos duplican las 22 $t\ ha^{-1}$ obtenidos en el sistema tradicional (69 Pl ha^{-1}) usualmente empleado en el país.

BIBLIOGRAFÍA

- Avilán, L., H. Escalante, C. Marín, E. Soto, M. Pérez, M. Rodríguez y J. Ruiz. 2007. Contenido estimado de NPK en el follaje removido por la poda en mango sembrado en alta densidad. *Agronomía Trop.* 57(2):113-122 p.
- Avilán, L., C. Marín, M. Rodríguez y J. Ruiz. 2005. Producción forzada del mango (*Mangifera indica* L.) en alta densidad (278 planta .ha) durante el período de crecimiento. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*.22:99-111 p.
- Avilán, L., M. Azkue, E. Soto, M. Rodríguez, J. Ruiz y H. Escalante. 2003 Efecto de la poda y el empleo de un regulador de crecimiento sobre el inicio de la floración en mango. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*.20:430-442 p.
- Avilán, L., C. Marín, M. Pérez, E. Soto, M. Rodríguez, J. Ruiz y H. Escalante. 2002. Floración de cultivares de mango de la colección del INIA-CENIAP. *Agronomía Trop.* 52(4):449-462 p.
- Avilán, L., C. Marín, M. Rodríguez y J. Ruiz. 2001. Crecimiento, floración y producción del mango sometido a diferentes tratamientos en plantaciones de alta densidad. *Agronomía Trop.* 51(1):29-47 p.
- Avilán, L., C. Marín, M. Rodríguez y J. Ruiz. 2000. Comportamiento de los brotes de mango en plantas tratadas con diferentes intensidades de poda, paclobutrazol y nitrato de potasio. *Agronomía Trop.* 50(3):347-360 p.

- Avilán, L., I. Dorantes y M. Rodríguez. 1998. Selección de cultivares de mango para el comercio de frutos frescos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 1952-1966. *Agronomía Trop.* 48(2):107-122.
- Avilán, L. 1980. El índice de fructificación en frutales perennes. *Agronomía Trop.* 30(2):147-157.
- Avilán, L. 1988. El ciclo de vida productivo de los frutales de tipo arbóreo en medio tropical y sus consecuencias agro-económicas. *Fruits* 43:517-529.
- Campbell, R. 2000. Strategies for profitable mango production in the new millennium. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture.* 44:47-51.
- Campbell, R and J. Wasielewski. 2000. Mango tree training techniques for the hot tropics. *Acta Horticulturae*.509:641-651.
- Charnvichit, S., P. Tongumpai, S. Saguansupayakorn, L. Phavaphutanon y S. Subhardrabandhu. 1991. Effect of Paclobutrazol on canopy size control and flowering of mango cv Nam Dok Mai Twai N°4, after hard pruning. *Acta Horticulturae* 291:60-66.
- Crane, J., I. Bally, R. Mosqueda-Vazquez and E. Tomer. 1997. Crop production. In: R Litz (Ed) *The Mango, Botany, Production and Uses*. CAB International. Oxon. Wallingford: 203-256.
- Cull, B. 1991. Mango crop management. *Acta Horticulturae*. 291:154-173.
- Ewel, L y J. Madriz. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Caracas. Ministerio de Agricultura y Cría. Editorial Sucre. 265 p.
- Ferrari, D y E. Sergeant. 1996. Control químico del crecimiento vegetativo del mango (*Mangifera indica* L.) cv Haden, mediante aplicaciones de Paclobutrazol. *Revista Facultad de Agronomía (Maracay)*. Alcance 50:81-88.
- Kulkarni, V. 1991. Tree vigour control in mango. *Acta Horticulturae* 291:229-234.
- Medina-Urrutia, V. 1994. Poda y Paclobutrazol afectan el crecimiento y producción de árboles jóvenes de mango 'Tommy Atkins'. *Proceedings Interamerican Society Tropical Horticultural.* 38:50-55.
- Mika, A. 1986. Physiological responses of fruit trees to pruning. *Horticultural Reviews* 8:337-378 p.
- Ruehle, D. y R. Ledin. 1955. Mango growing in Florida. Gainesville. University of Florida. Bulletin 574. 90 p.
- Soto, E., L. Avilán, U. Emaldi, M. Rodríguez y J. Ruiz. 2004. Comportamiento y características de algunos cultivares promisorios de mango. *Agronomía Trop.* 54(2):179-201.
- Soto, E. 1986. Análisis de observaciones repetidas en el tiempo. I Caso Univariado. *Revista Facultad de Agronomía (Maracay)*. 14(3-4):181-189.
- Stassen, P., E. Hoffman and H. Grove. 2000 a. The relationship between tree dimensions, yield and nutritional requirements of mango. *Acta Horticulturae* 509:347-357 p.
- Stassen, P., E. Hoffman and H. Grove. 2000 b. Uptake, distribution and requirements of macro elements in 'Sensation' mango trees. *Acta Horticulturae* 509:365-374 p.
- Snedecor, G. y W. Cochran .1982. *Métodos estadísticos*. México. Editorial Continental. 705 p.
- Steel, R. and J. Torrie .1960. *Principles and Procedures of Statistics. With Special Reference to the Biological Sciences*. McGraw-Hill Company, Inc. New York. 481 p.
- Venezuela. 2000. *Estadísticas Agropecuarias*. Caracas. Ministerios de Producción y Comercio. 5 p.
- Verheij, E. 1986. Towards a classification of tropical fruit trees. *Acta Horticulturae* 175:137-150.
- Whiley, A., T. Rasmussen, N. Wolstenholme, J. Saranah and B. Cull. 1991. Interpretation of growth responses of some mango cultivars grown under controlled temperatures. *Acta Horticulturae* 291:22-31.
- Whiley, A., T. Rasmussen, J. Saranah y N. Wolstenholme. 1989. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Journal of Horticultural Science* 64:753-765.
- Young, T. and J. Sauls. 1979. *The mango industry in Florida*. University of Florida. Gainesville. 69 p.