

RENDIMIENTO DE FRUTO Y NÚMERO DE RAMAS PRINCIPALES EN ÁRBOLES DE DURAZNO INTERCALADOS CON MILPA

Fruit Yield and Number of Scaffold Branches in Peach Trees Intercropped with Milpa

Juan Pablo Torres Zambrano^{1‡}, José I. Cortés Flores¹, Antonio Turrent Fernández²,
Ernesto Hernández Romero³ y Alfonso Muratalla Lúa¹

RESUMEN

La milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) se propone como una tecnología alterna sustentable para pequeños productores. La formación y poda del árbol frutal es clave para maximizar la eficiencia de la producción económica. Por lo tanto, en una parcela MIAF con árboles de durazno con variedades Diamante y Oro México injertadas sobre duraznero 'Tetela del Volcán', cerca de Huejotzingo, Puebla, México, se condujo un experimento para estudiar durante cuatro años el rendimiento y la calidad del fruto al número de ramas de estructura (RE) en el árbol, y la eficiencia relativa de la tierra (ERT). Los árboles se plantaron en suelo arenoso ligero, de humedad residual bajo condiciones de temporal, y formados con Tatura modificado. Se estudiaron dos tratamientos, dos y cuatro ramas de estructura por árbol, con ocho repeticiones. Los tratamientos se aplicaron en el invierno de 2002. Se evaluó el rendimiento de fruto y el peso individual del mismo, y se calculó la ERT. La interacción número de RE x año afectó significativamente el rendimiento de fruto; en el año 2003 el árbol con cuatro ramas rindió 24.7% más que el árbol con dos ramas; para el año 2004 la respuesta fue a la inversa, el rendimiento del árbol con cuatro ramas produjo 26.4% menos que el de dos ramas. En el año 2004 el fruto de la variedad Diamante pesó 8% más que el de la variedad Oro México, y el peso del fruto del árbol con dos RE fue 4% mayor que el de cuatro ramas. En el año 2004 los árboles con dos y cuatro ramas tuvieron una ERT de 0.43 y 1.10,

respectivamente; una mayor eficiencia de 10 y 77% respecto al cultivo simple. Por lo tanto, se puede concluir que el duraznero bajo MIAF permite un uso más eficiente de la tierra que el cultivo simple.

Palabras clave: *conducción y poda, eficiencia relativa de la tierra.*

SUMMARY

The system milpa intercropped with fruit trees (MIFT) has been proposed as an alternate sustainable technology for small farmers. Training and pruning is a key factor to maximize tree economic production efficiency. In a block of MIFT with 'Diamante' and 'Oro Mexico' peach on 'Tetela del Volcán' peach rootstock near Huejotzingo, Puebla, Mexico, an experiment was conducted to study the response of fruit quantity and quality to number of scaffold branches (SB). Trees were planted on a light sandy soil, under rainfed conditions and trained to a modified Tatura trellis system. Eight replications of two and four SB per tree were imposed beginning in the winter of 2002. Fruit quantity was a function of the interaction number of SB x year. In 2003, trees with four SB produced 24.7% more fruit than trees with two SB, but in 2004 a reverse response was observed: trees with four SB had 26.4% less fruit than trees with two SB. Yield, fruit weight, and land equivalent ratio (LER) data were collected. In 2004, 'Diamante' peach had 8% more weight than 'Oro Mexico' peach. In 2004, trees with two and four SB had a LER of 0.43 and 1.10, respectively, 10 and 77% more efficient in land use than peach in monoculture whose LER was 0.33. Hence, it can be established that cultivating peach trees in an MIFT system is more efficient than in monoculture.

Index words: *training and pruning, land equivalent ratio.*

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230 Montecillo, Estado de México.

[‡] Autor responsable (juanptz@colpos.mx)

² Campo Experimental Valle de México, INIFAP. 56230 Chapingo, Estado de México.

³ Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. 72130 Cholula, Puebla, México.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento óptimo de los árboles frutales depende estrictamente del manejo, como la formación estructural y la poda. Una vez formado el frutal con arreglo a cualquiera de los sistemas utilizados (eje central, vaso, palmeta, Tatura, etc.), es preciso seguir manejándolo para que tenga una buena producción. Para ello, hay que conseguir la emisión de ramas fructíferas bien situadas para evitar el rápido agotamiento del árbol. El duraznero, el manzano y el peral se adaptan a formas estructurales muy diversas, para que llegue la luz solar a todas sus partes, además de facilitar la cosecha, pero en las zonas mal iluminadas producen frutos de muy baja calidad (Luchsinger *et al.*, 2002). Sin embargo, la respuesta de las especies frutícolas a conducción y poda es variable, debido a las interacciones que existen entre los factores: variedad, portainjerto, vigor, fructificación, posición del dosel, orientación, manejo del sistema, precipitación pluvial y suelo (Forshey *et al.*, 1992).

Van den Ende *et al.* (1987) mencionan que la forma de 'Y' en altas densidades de plantación busca que cada árbol ocupe rápidamente el espacio que le corresponde, evitando el congestionamiento entre ramas de árboles adyacentes, logrando que las hojas y los frutos estén mejor distribuidos y el árbol use, en forma más eficiente, la luz que penetra hasta la parte basal del dosel. Además, se logra reducir el vigor del árbol, lo cual permite aumentar la fructificación. También indican que las especies frutales, y entre cultivares, no responden igualmente al sistema de conducción Tatura. Este sistema de conducción fue el primero en desarrollarse para árboles de durazno y Van den Ende *et al.* (1987) mencionan rendimientos promedio en huertas comerciales de 3, 15, 25, 31, 36 y 48 Mg ha⁻¹ en árboles de 2, 3, 4, 5, 6 y 7 años de edad, respectivamente. Layne *et al.* (2002) mencionan que el rendimiento de fruto en árboles de durazno está determinado por el sistema de conducción; en el segundo año de producción los árboles conducidos en vaso abierto (5.5 x 5.5 m, 332 árboles ha⁻¹) tuvieron un rendimiento de 12.5 Mg ha⁻¹, los conducidos en 'V' con cuatro ramas de estructura (5.5 x 2.7 m, 664 árboles ha⁻¹) y en 'V' perpendicular (5.5 x 1.8 m, 997 árboles ha⁻¹) fueron de 13.7 y 10.3 Mg ha⁻¹, respectivamente. Sin embargo, la calidad de fruto se afectó más en el sistema vaso abierto con respecto a los otros sistemas de conducción, teniendo frutos con diámetro menor de 63.5 mm en el 35.2%, comparado con los árboles conducidos en 'V' cuatro ramas y 'V'

perpendicular que tuvieron este diámetro de fruto en el 23.2 y 9.9%, respectivamente.

En el sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF), la formación y la poda se realiza de acuerdo con el sistema Tatura modificado, el cual consiste en que el árbol posee dos ramas de estructura formando una 'Y' sin estructuras de apoyo para sostener y dirigir ambas ramas. Este sistema permite tener altas densidades de plantación y se puede hacer un uso más eficiente de los recursos suelo y agua (Cortés *et al.*, 2004).

A la fecha, en el sistema MIAF, el duraznero es la especie frutícola principal, debido a la disponibilidad de variedades de calidad para el mercado de fruta fresca en la época de menor oferta en el mercado.

En el valle de Puebla, bajo condiciones de temporal en suelos de humedad residual, los árboles se han manejado con una separación de 1.5 m en la hilera. La formación del árbol en Tatura no ha sido estricta en cuanto a que el árbol posea sólo dos ramas de estructura. Esto se debe a que se adoptó el supuesto que, en condiciones de temporal, el árbol con sólo dos ramas de estructura no alcanzaría a cubrir rápidamente y plenamente el espacio que le corresponde, por lo tanto, los árboles se formaron con cuatro ramas de estructura (dos en cada lado de la 'Y'). Sin embargo, el crecimiento y el desarrollo del árbol han sido excelentes, de tal manera que las primeras plantaciones presentan problemas de congestionamiento entre árboles en la hilera, lo cual ocasiona sombreado, sobre todo en los estratos inferiores del dosel. Esto demanda un manejo más cuidadoso y detallado de la poda, que para el pequeño productor significa un mayor grado de dificultad y, a la vez, un incremento en los costos de producción.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del número de ramas de estructura por árbol de durazno formado en Tatura modificado e intercalado con maíz y frijol sobre el rendimiento de fruto y la eficiencia relativa de la tierra (ERT).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la región de San Andrés Calpan, situada a 15 km al oeste de la capital del estado de Puebla, entre 19° 06' N y 98° 28' O; a una altitud de 2420 m. El experimento se estableció en enero de 2002, en árboles de durazno en plena producción. Los árboles se plantaron en 1998 con portainjertos criollos de Tetela del Volcán, Morelos, los cuales se injertaron al siguiente

año con las variedades Diamante y Oro México. Los árboles se condujeron en el sistema Tatura modificado, de tal manera que la edad de las variedades en el momento de iniciar el experimento era de tres años (1999-2002). Los árboles bajo el sistema MIAF están en hileras con una separación de 14.5 m y con una distancia entre árboles sobre la hilera de 1.5 m, plantados al centro de una franja de 4.8 m de ancho, la cual está flanqueada por dos franjas con la misma anchura, dedicadas al cultivo de maíz y frijol en partes iguales. Por lo tanto, cada especie ocupa un tercio del terreno. Inicialmente, los árboles se formaron con cuatro ramas de estructura; sin embargo, por las razones antes expuestas, en el año 2002 se aplicaron dos tratamientos con el número de ramas por árbol. Estos tratamientos fueron: a) eliminación de dos ramas por árbol (quedando dos ramas, una por cada lado de la 'Y') y b) con cuatro ramas de estructura, es decir, el tratamiento original.

En función de la metodología del hidrómetro (Warrick, 2002), el suelo del sitio experimental es profundo, con textura arenosa en la profundidad de 0 a 0.40 m, migajón-arcillo-arenosa de 0.4 a 1.2 m y migajón-arenosa en la profundidad de 1.2 a 2.0 m y con una pendiente < 5%. De acuerdo con la metodología para análisis en la fertilidad de suelos que describe Aguilar *et al.* (1987), se encontró que el suelo tiene un pH ácido, que va de fuertemente ácido desde los 0 a 0.80 m y moderadamente ácido hasta los 2.0 m, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) varía de baja a muy baja y el contenido de materia orgánica (MO), en general, es pobre en todo el perfil. La concentración de fósforo (P) es alta en los primeros 20 cm y baja después de esta profundidad, la de potasio (K) va de medianamente

alta a muy alta, la de calcio (Ca), en general, es baja y la de magnesio (Mg) es baja de 0 a 40 cm y de medianamente alta a alta (Cuadro 1).

El suelo es un Inceptisol, suborden Ochrept dentro del grupo Eutrochrepts y subgrupo Vitrandic (Segura *et al.*, 2005). El clima es templado sub-húmedo con lluvias en verano [C(w)]. La precipitación media anual es de 820 mm, con una distribución de mayo a septiembre, siendo julio, agosto y septiembre los meses más lluviosos. En la región también se presentan granizadas, teniendo un promedio de 3 d año⁻¹. La temperatura media anual es de 15.2 °C, siendo los meses más fríos noviembre, diciembre, enero y febrero, que presentan en promedio 18 días con heladas durante los meses de diciembre a febrero (INEGI, 2004a;b).

Los factores de estudio fueron (i) número de ramas de estructura: dos y cuatro por árbol, y (ii) variedad: Diamante y Oro México, en arreglo factorial, durante un periodo de cuatro años (2002-2005); el efecto del año fue el tercer factor incluido en el estudio. El diseño experimental fue bloques al azar con ocho repeticiones. La parcela experimental fue de siete árboles y como parcela útil se consideraron dos árboles con competencia completa. Además de los tratamientos estudiados bajo el sistema MIAF, se incluyeron los mismos cuatro tratamientos en un diseño de cultivo simple (1482 árboles ha⁻¹), que se caracteriza por ser sólo árboles de durazno (con distancia de plantación de 1.5 x 4.5 m), con el propósito de determinar la eficiencia relativa de la tierra (ERT).

La poda de invierno, hecha en el mes de enero de cada año, consistió en la eliminación de ramas secas, crecimientos vigorosos y ramas que interferían

Cuadro 1. Resultados del análisis químico del suelo de la parcela experimental El Llano, San Andrés Calpan, Pue., México.

Profundidad	pH	Materia orgánica	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Capacidad de intercambio de cationes
cm		%	mg kg ⁻¹				cmol _c kg ⁻¹
0 – 20	4.9 FA	0.88 MP	23.6 R	190.8 M	326.3 MP	73.8 M	3.2 MB
20 – 40	5.3 FA	0.28 MP	6.2 P	132.5 M	396.3 MP	88.5 M	3.3 MB
40 – 60	5.6 FA	0.23 MP	1.6 MP	132.5 M	642.5 P	140.8 MR	5.2 B
60 – 80	5.9 FA	0.18 MP	0.3 MP	188.5 M	1187.5 M	391.5 MR	9.9 B
80 – 100	6.1 MA	0.17 MP	0.4 MP	227.3 R	1208.8 M	504.0 MR	11.0 B
100 – 120	6.2 MA	0.11 MP	0.4 MP	256.3 R	1036.3 M	493.0 MR	10.2 B
120 – 140	6.3 MA	0.03 MP	0.0 MP	248.8 R	873.8 P	454.0 MR	9.0 B
140 – 160	6.4 MA	0.04 MP	0.0 MP	261.5 R	801.3 P	434.0 MR	8.8 B
160 – 180	6.4 MA	0.03 MP	0.0 MP	261.0 R	923.3 P	410.0 MR	8.9 B
180 – 200	6.4 MA	0.00 MP	0.0 MP	277.3 R	831.7 P	449.3 MR	8.9 B

FA = fuertemente ácido, MA = moderadamente ácido, MP = muy pobre, R = rico, P = pobre, M = mediano, MR = muy rico, MB = muy baja, B = baja.

la penetración de la luz en el dosel del árbol, además, aclareo de ramillas mixtas. Todo esto con la finalidad de tener una mejor distribución de los frutos en el árbol y disminuir el trabajo de raleo de fruto. La poda de verano o en verde se realizó en junio eliminando los crecimientos vigorosos que provocaban sombreado excesivo a lo largo de las ramas de estructura.

Los árboles se fertilizaron cada año con la fórmula 30-15-30 g de N, P₂O₅ y K₂O árbol⁻¹ año⁻¹ de edad del árbol desde el primer hasta el cuarto año de plantación y, a partir de este año, las dosis de cada nutriente se mantuvieron constantes. En el año 2005 cada árbol recibió una dosis de 120-60-120 g de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. En el caso del N, éste se fraccionó en dos aplicaciones, 2/3 del N, en forma de urea (46% N), se aplicaron en septiembre y 1/3 restante de N junto con todo el P y K en forma de fosfato diamónico (18-46-00) y cloruro de potasio (60% K₂O) en abril.

En el periodo de febrero a julio todos los árboles se asperjaron con Omite® 30W en dosis de 2 g L⁻¹ de agua para controlar araña roja (*Tetranychus lewisi*), para pulgones (*Mizus persicae*) y trips (*Thrips* spp) se aplicó Diazinon® 25 E en dosis de 1.5 mL L⁻¹ de agua. Así mismo, se hicieron aspersiones con Cercobin® M en dosis de 1 g L⁻¹ de agua para evitar la pudrición café del fruto (*Monilinia fruticola*) y aspersiones de Sapro® a una dosis de 1.5 mL L⁻¹ de agua contra el tiro de munición (*Coryneum beijerinckii*). El número de aplicaciones dependió de la infestación y la infección de los diferentes agentes causales de plagas y enfermedades.

Previo a la cosecha se contó el número total de frutos por árbol mediante el uso de un contador manual. Para estimar el rendimiento se registró el peso de 20 frutos de tamaño mediano (de 70 a 90 g) de dos árboles que se tomaron como parcela útil, usando una báscula digital con capacidad de 4 kg. Con los datos del número de frutos total por árbol, el peso de fruto y la densidad de plantación, se estimó el rendimiento por hectárea.

De los frutos cosechados se tomaron 20 al azar, los cuales se pesaron cada uno para determinar el peso promedio del fruto. De la misma manera se promedió en las parcelas de los tratamientos adicionales del duraznero en cultivo simple.

La ERT se determinó con la fórmula siguiente (Mead y Willey, 1980):

$$ERT = \frac{\text{Rendimiento del duraznero en el sistema MIAF}}{\text{Rendimiento del duraznero en cultivo simple}}$$

En este trabajo la ERT del duraznero bajo el sistema MIAF se caracteriza por tener tres cultivos: maíz, frijol y duraznero; cada uno ocupa un tercio de la superficie del terreno. Una ERT ≤ 0.33 indicaría que el sistema MIAF no tendría ninguna ventaja sobre el cultivo simple de la especie en particular o significaría una ventaja del cultivo simple sobre el sistema MIAF, y una ERT mayor de 0.33 indicaría una ventaja del sistema MIAF.

Con el fin de evaluar los efectos principales de los factores número de ramas de estructura por árbol, variedad y año, y sus interacciones sobre cada una de las variables dependientes estudiadas, se realizó un análisis de varianza combinado, de acuerdo con la metodología de Steel y Torrie (1985), usando el programa de análisis estadístico SAS (SAS Institute, 1985). La comparación de medias se realizó mediante la diferencia mínima significativa (DMS) al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos climatológicos de la estación Huejotzingo, Pue., México (Cuadro 2) indicaron que la precipitación fue mayor que el promedio en los años 2003 y 2004, y ligeramente menor que el del año 2002; mientras que en el año 2005 se registró la menor precipitación. Durante el primer año, el periodo de lluvias abarcó de enero a noviembre, con una mayor precipitación en el segundo y tercer cuatrimestres representando el 55.9 y 29.3%, respectivamente. El periodo de lluvia en el segundo año fue de marzo a noviembre, también con el segundo y tercer cuatrimestres los más lluviosos (67.3 y 30.1%, respectivamente). En el año 2004, el periodo de lluvias fue de enero a diciembre, presentando una distribución similar al año anterior. Para el año 2005, el periodo de lluvias se concentró en el segundo cuatrimestre (96.1%), y se caracterizó como un año con sequía.

De acuerdo con las temperaturas registradas en los cuatro años, se puede deducir que se tuvieron condiciones propicias para un crecimiento vegetativo normal del árbol. Sin embargo, los eventos de heladas severas en los años 2004 y 2005 (Cuadro 2) resultaron nocivos en la primera fase de crecimiento del fruto, lo cual ocasionó la muerte de flor y fruto en los dos estratos inferiores del dosel del árbol; esto se vio reflejado en el número de frutos y el rendimiento final de los árboles.

Cuadro 2. Datos climatológicos durante cuatro años en la estación Huejotzingo, Pue., México.

Mes	2001			2002			2003			2004			2005		
	Pp [†]	T [‡]	H [§]	Pp	T	H	Pp	T	H	Pp	T	H	Pp	T	H
	mm	°C	d	mm	°C	d	mm	°C	d	mm	°C	d	mm	°C	d
Enero	2.2	10.7	11	56.0	13.6	14	0.0	13.8	9	13.1	13.3	2	0.0	13.5	6
Febrero	1.7	15.0	3	4.2	15.1	1	0.0	15.3	5	6.5	13.6	7	0.0	17.0	1
Marzo	8.4	15.8	5	37.7	17.4		3.9	16.0	5	12.3	17.4	1	3.7	16.8	
Abril	26.3	19.0	1	12.6	19.1		18.3	19.8		33.0	17.7		16.5	20.9	
Mayo	48.6	19.8		17.6	19.7		65.0	21.3		120.7	19.1		30.2	19.3	
Junio	165.8	19.2		183.5	19.5		288.1	20.0		186.3	19.4		79.0	20.3	
Julio	170.5	18.5		183.5	18.8		83.9	25.9		133.2	18.7		185.4	17.7	
Agosto	105.8	18.7		33.6	19.2		131.4	19.7		89.7	19.7		208.5	- [¶]	
Septiembre	181.7	18.5		156.4	27.4		138.1	19.4		170.8	19.2		0.0	-	
Octubre	40.6	16.7		36.9	25.5		95.7	18.3		52.3	18.6		0.0	-	
Noviembre	0.0	14.3	2	25.8	15.2	4	20.0	16.8	2	13.6	15.4	2	0.0	-	
Diciembre	15.0	13.9	5	0.0	15.0	3	0.0	12.3	3	0.0	15.1	3	0.0	-	
Total	766.6		27	747.8		22	844.4		24	831.5		15	523.3		7

[†] Pp = precipitación pluvial; [‡] T = temperatura media; [§] H = heladas; [¶] = información no disponible.

Rendimiento y Componentes de la Producción

La interacción año x número de ramas de estructura por árbol y el efecto principal de variedad fueron altamente significativos para el rendimiento. La interacción año x variedad y el efecto principal de número de ramas de estructura por árbol fueron significativos para el PF, y la interacción triple año x variedad x número de ramas de estructura por árbol fue altamente significativa para la variable ERT (Cuadro 3). El efecto de año en todas las variables es lo esperado cuando se trabaja en condiciones de temporal, debido a que el clima prevaleciente en cada ciclo de cultivo, sobre todo en cuanto a heladas y precipitación, tanto en cantidad como su distribución, determinan la respuesta del árbol al manejo y los tratamientos aplicados.

Rendimiento. En el año 2002 fue cuando los árboles rindieron menos, de 5.94 y 7.92 Mg ha⁻¹ con dos y cuatro ramas de estructura, respectivamente, y en el año 2003, los árboles con cuatro ramas de estructura superaron significativamente en 9.06 Mg ha⁻¹ a los árboles con dos ramas de estructura cuya producción fue de 18.5 Mg ha⁻¹. En 2004, el rendimiento disminuyó significativamente de 20.37 a 15 Mg ha⁻¹ al incrementar el número de ramas, y, en el año 2005, el rendimiento fue alrededor de 20.7 Mg ha⁻¹, no obstante, la presencia de heladas tardías y el déficit hídrico en la última fase de crecimiento que afectaron el rendimiento (Figura 1).

En el año 2002, el menor rendimiento en el árbol con dos ramas de estructura se atribuyó a la eliminación de

las dos ramas de estructura por árbol, ya que se removió la mitad de la madera productiva en comparación con el árbol con cuatro ramas. En el año 2003 el incremento del rendimiento fue significativo en ambos tratamientos en comparación con el año anterior, pero el volumen de madera de fructificación fue de 0.453 dm³, 19.2% (0.087 dm³) más en el árbol con cuatro ramas, con respecto al árbol con dos ramas de estructura (0.366 dm³). No obstante, en el año 2004 el rendimiento disminuyó considerablemente en los árboles con cuatro ramas respecto al año 2003 y que el volumen de madera

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para el rendimiento, peso de fruto (PF) e índice de eficiencia relativa de la tierra (ERT) de dos variedades de durazno para dos y cuatro ramas de estructura por árbol y cuatro años (2002-2005).

Fuente de variación	gl	Rendimiento	PF	ERT
Año (A)	3	180.0**	8758.4**	0.187
Bloque	7	8.6	508.5	0.144
Error a	21	10.9	91.2	0.239
Variedad (V)	1	41.6**	20.5	0.178
A x V	3	6.2	366.3**	0.373
Número de ramas (NR)	1	10.0	338.7*	0.195
A x Nr	3	30.9**	34.5	0.105
V x Nr	1	4.5	16.2	0.096
A x V x Nr	3	1.5	44.8	1.073**
Error b	84	5.1	83.0	0.154
Total	127			

*** Significativo a $P > 0.05$ ó 0.01, respectivamente.

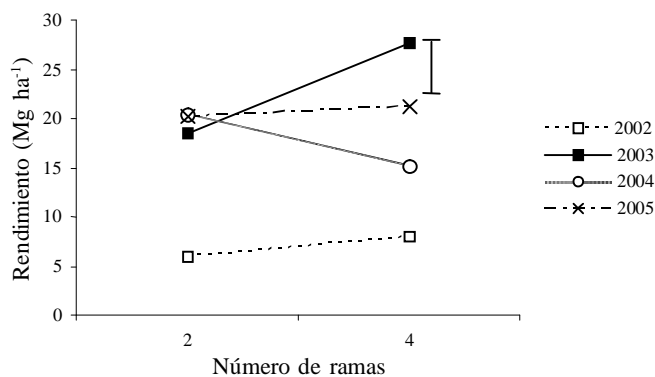


Figura 1. Rendimiento promedio de fruto de variedades de durazno en función de la interacción número de ramas de estructura por árbol x año.

de fructificación fuera igual estadísticamente en los árboles con dos (0.863 dm^3) y cuatro ramas (1.136 dm^3); los factores que determinaron la producción y la calidad de fruto fueron la posición de las ramas de estructura secundarias laterales y el daño de heladas tardías durante el periodo de floración plena en el amarre de fruto, en los dos estratos inferiores del dosel del árbol. Sin embargo, aun así, el árbol con dos ramas superó significativamente al con cuatro ramas, debido a que las ramillas fructíferas ubicadas en las ramas de estructura secundarias en el tercer estrato del dosel concentraron mayor número de frutos y PF en 22.7 y 3%, respectivamente, en comparación con el de cuatro ramas. En los años 2003 y 2005 los rendimientos de fruto de durazno son los esperados en el sistema MIAF bajo condiciones de temporal en suelos de humedad residual. Con estos rendimientos, un productor que maneja 3 ha con el sistema MIAF, tendría un rendimiento total entre 20.7 y 27.6 Mg ha^{-1} de fruto de durazno. Nuzzo *et al.* (2002) reportan que al cuarto año de plantación, el durazno variedad Springercrest en sistema Tatura con densidad de plantación de 1111 árboles ha^{-1} produjo 36.2 Mg ha^{-1} , mientras que Giacobbo *et al.* (2003) obtuvieron 13.2 Mg ha^{-1} con árboles de la misma edad de la variedad Chimarrita, también en Tatura y 2000 árboles ha^{-1} .

El efecto de variedad en el rendimiento indicó que 'Diamante' produjo más frutos con un rendimiento de 19.05 Mg ha^{-1} , mayor en 3 Mg ha^{-1} que la variedad Oro México (16.05 Mg ha^{-1}). Esta diferencia está relacionada al mayor vigor de la variedad Diamante con respecto a la variedad Oro México.

Peso del fruto (PF). El efecto del número de ramas de estructura por árbol sobre el PF demostró que los árboles con dos ramas produjeron frutos más grandes y de mayor

peso ($> 80 \text{ g}$) que los árboles con cuatro ramas. El fruto con un peso mayor de 80 g se considera de buena calidad y tiene un precio más alto o mayor en el mercado de fruta fresca, en comparación con los frutos de menor peso. La interacción año x variedad demostró que el PF de las variedades Diamante y Oro México dependió del año (Figura 2). El PF de los frutos de ambas variedades fue mayor en el año 2004. El peso promedio del fruto de la variedad Diamante fue de 109.7 g y el de la variedad Oro México de 100.9 g. El fruto producido en el año 2004 fue de buena calidad; a diferencia del año 2005, en el cual el peso promedio del fruto fue de 66.2 y 71.7 g para las variedades Diamante y Oro México, respectivamente; sin embargo, al disminuir el tamaño aumentó el contenido de sólidos solubles (13.5 y 14 °Brix). Estos datos coinciden con lo encontrado por Pinedo *et al.* (2004), en frutos de durazno para las variedades Diamante y CP 88-8 con el sistema MIAF. Resultados similares se registraron en el año 2002 con la variedad Oro México, mientras que el fruto de la variedad Diamante, con un peso promedio de 77.7 g, fue de calidad media. En el año 2003, ambas variedades también produjeron frutos de calidad media. Girona *et al.* (2004) mencionan que la carga de frutos en los árboles de durazno tiende a incrementar la sensibilidad del crecimiento del fruto por déficit de agua. En el año 2004 el PF de las variedades Diamante y Oro México fue mayor porque se tuvo un 67% de la lluvia durante la fase III del crecimiento del fruto (Cuadro 2).

Estos resultados confirman la importancia del factor año en la respuesta del árbol frutal a los tratamientos aplicados y, por lo tanto, la necesidad de considerar varios años para tener información más precisa e indicar

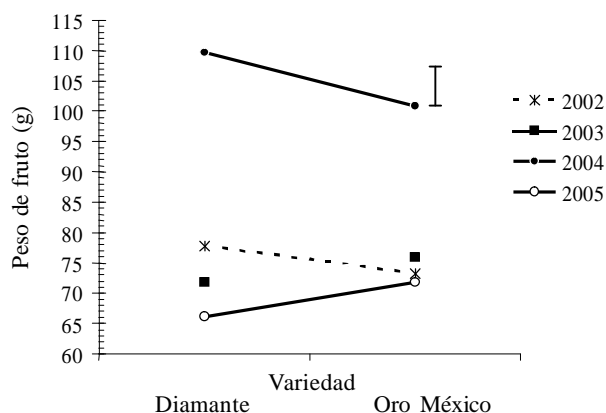


Figura 2. Peso promedio de fruto de árboles con dos y cuatro ramas de estructura por árbol en función de la interacción año x variedad.

la productividad del árbol en el sistema MIAF, con el fin de tener la tecnología a recomendar.

Eficiencia relativa de la tierra. La ERT del duraznero con las variedades Diamante y Oro México, con dos y cuatro ramas de estructura bajo el sistema MIAF, durante 2002 a 2005 fue mayor de 0.33 (Figura 3), excepto la variedad Diamante con cuatro ramas de estructura en el año 2004, cuyo valor fue de 0.27 (Figura 3). El resto de los valores varió de 0.41 a 1.1 y la mayoría de ellos superó el valor esperado de 0.50, por lo que no se rechaza la hipótesis de que los árboles de durazno en el sistema MIAF darían un rendimiento de fruto equivalente a estar ocupando la mitad del terreno en vez de un tercio como es en la realidad. Entonces, se puede concluir que la productividad del duraznero con ambas variedades fue mayor con el sistema MIAF que como cultivo simple. Esto se debe a que gran parte de la estación de crecimiento, las variedades Diamante y Oro México por su precocidad, crecen sin competencia por agua y nutrimentos durante las fases I y II de crecimiento del fruto, porque el maíz y frijol se siembran hasta el mes de abril. Este desfase en el inicio de la estación de crecimiento del duraznero respecto al del maíz y frijol, da lugar a que en la fecha de cosecha de fruto de durazno, el maíz apenas se encuentra en la fase de quinta hoja de crecimiento; caso contrario en el duraznero en cultivo simple, donde se encuentran en constante competencia por agua y nutrimentos desde el inicio de la floración. Sin embargo, cabe señalar que los valores de ERT mayores de 0.70 son extraordinarios, debido a que el duraznero sólo está ocupando una tercera parte del terreno.

La ERT del duraznero en sistema MIAF con 494 árboles en un tercio de ha puede estar subestimada, debido a que la densidad y el diseño de plantación del duraznero como cultivo simple, con 1482 árboles ha^{-1} , no fueron adecuados, y por lo que los árboles estuvieron bajo condiciones de una competencia mayor principalmente por agua en el suelo, como ocurre normalmente en un huerto.

La variación en los valores de ERT se debe al efecto de la interacción número de ramas de estructura por árbol \times variedad \times año, que resultó significativa (Cuadro 3). En general, la respuesta de la ERT muestra que, en los años 2002 y 2005, el incremento en el número de ramas de estructura ocasionó una disminución y un incremento de la ERT con las variedades Oro México y Diamante, respectivamente; mientras que, en los años 2003 y 2004, esta respuesta fue contraria (Figura 3). De acuerdo con

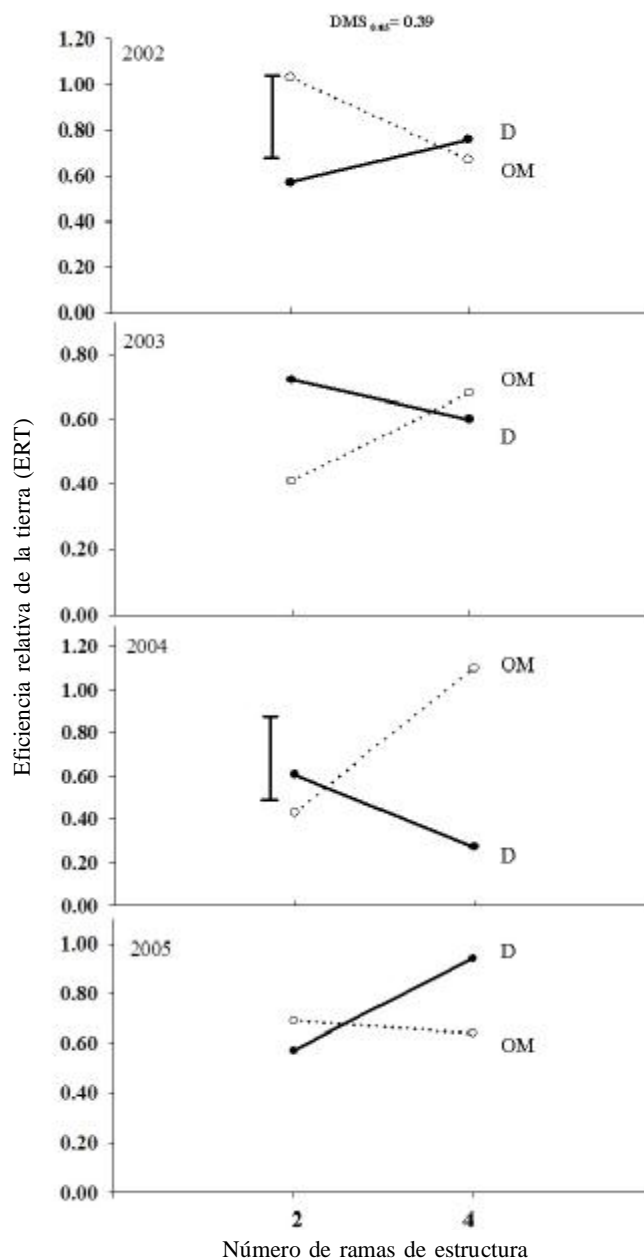


Figura 3. Eficiencia relativa de la tierra del duraznero durante los años 2002, 2003, 2004 y 2005 bajo el sistema MIAF en función del número de ramas de estructura y en las variedades Diamante (D) y Oro México (OM).

el análisis de varianza; estas respuestas fueron significativas sólo en el año 2004 (Figura 3). En el año 2004, la ERT en el árbol con cuatro ramas de estructura con la variedad Oro México fue mayor en 0.67 con respecto al árbol con dos ramas (Figura 3); de tal forma, el árbol con cuatro y dos ramas de estructura en sistema MIAF tuvo una eficiencia del 77 y 10%, respectivamente, respecto al cultivo simple. Sin embargo, los rendimientos de los árboles con cuatro ramas que dieron el valor alto

de ERT fueron de 4.96 y 4.5 Mg ha⁻¹ en los sistemas MIAF y cultivo simple, respectivamente, en comparación con los rendimientos de los árboles con sólo dos ramas de estructura (Cuadro 4). En el año 2004 ocurrieron heladas tardías en la fase de ‘amarre’ de fruto, por lo que los frutos de la primera floración se dañaron en los dos tercios inferiores del dosel y, de acuerdo con los resultados obtenidos, el daño fue mayor en los árboles con cuatro ramas en ambos sistemas. Como en el cálculo de ERT, el rendimiento del cultivo simple es el denominador, mientras más pequeño sea éste, mayor será el valor de ERT. De aquí la importancia de definir qué rendimiento del cultivo simple debe usarse para calcular la ERT.

De acuerdo con Vandermeer (1989), el rendimiento del cultivo simple debe ser aquél obtenido en condiciones óptimas. En este caso, el rendimiento de la variedad Oro México con dos ramas de estructura por árbol en cultivo simple de 13.6 Mg ha⁻¹ (Cuadro 4) se puede considerar como la producción esperada bajo las condiciones prevalecientes en el año 2004. Entonces, la ERT de los árboles con cuatro ramas de estructura en sistema MIAF sería de 0.36 en vez de 1.10, con una eficiencia mayor

Cuadro 4. Rendimiento del duraznero en los sistemas milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) y cultivo simple en la interacción año x variedad x número de ramas de estructura por árbol.

Año	Variedad	Número de ramas	Rendimiento	
			MIAF [†]	Cultivo simple [‡]
			- - Mg kg ⁻¹ - -	
2002	Diamante	Dos	1.90	3.35
	Diamante	Cuatro	2.74	3.60
	Oro México	Dos	2.07	2.02
	Oro México	Cuatro	2.54	3.80
2003	Diamante	Dos	7.34	10.13
	Diamante	Cuatro	10.08	16.81
	Oro México	Dos	5.00	12.25
	Oro México	Cuatro	8.30	12.28
2004	Diamante	Dos	7.68	12.48
	Diamante	Cuatro	5.05	18.69
	Oro México	Dos	6.70	13.62
	Oro México	Cuatro	4.96	4.50
2005	Diamante	Dos	7.78	13.67
	Diamante	Cuatro	7.57	8.06
	Oro México	Dos	5.65	8.22
	Oro México	Cuatro	6.58	10.28

[†] MIAF = milpa intercalada con árboles frutales que ocupan una tercera parte del terreno; [‡] el 100% de la superficie.

de 3%, respecto al cultivo simple, y se puede concluir que el rendimiento del árbol con dos ramas fue mejor que el obtenido con cuatro, con una eficiencia mayor de 7%. Al respecto, Cortés *et al.* (2005) encontraron valores de referencia de ERT > 0.33 para el duraznero en el sistema MIAF, utilizando maíz y frijol como especies intercaladas en condiciones de laderas pronunciadas, con pendientes mayor de 25%, lo que puntualiza que el sistema MIAF tiene ventajas, tanto en condiciones de laderas como en terrenos planos.

CONCLUSIONES

- Para el rendimiento de fruto, los resultados no permitieron concluir si es mejor el árbol con dos o cuatro ramas de estructura. No obstante, en un año limitativo, como 2004, el árbol con dos ramas produjo 20.37 Mg ha⁻¹, mientras que el árbol con cuatro ramas sólo 15 Mg ha⁻¹.
- La eficiencia relativa de la tierra del duraznero en el sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF), en los cuatro años de estudio fue en promedio de 0.47 (mayor de 0.33), y el árbol con dos ramas de estructura superó al de cuatro ramas en años limitativos, como 2004 y 2005.

LITERATURA CITADA

- Aguilar S., A., J. Etchevers B. y J. Castellanos R. 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Publicación Especial 1. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Estado de México.
- Cortés, J. I., R. Mendoza, E. Hernández, E. Aceves, A. Turrent y N. Estrella. 2004. Manual para técnicos: el sistema agrícola ‘Milpa intercalada en árboles frutales (MIAF)’ en terrenos planos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.
- Cortés, J. I., A. Turrent, P. Díaz, L. Jiménez, E. Hernández, and R. Mendoza. 2005. Hillside agriculture and food security in Mexico: advances in the sustainable hillside management project. pp. 569-588. *In:* R. Lal, N. Uphoff, B. A. Stewart, and D. O. Hansen. Climate change and global food security. Taylor and Francis. New York, NY, USA.
- Forshey, C. G., D. C. Elfing, and R. L. Stebbins. 1992. Training and pruning apples and pear trees. American Society for Horticultural Science. Alexandria, VA, USA.
- Giacobbo, C. L., J. L. Carvalho F., O. de Conto, R. Fossa de Barcellos R., and F. R. Costa G. 2003. Behavior of the peach tree (*Prunus persica* L. Batsch) cv. Chimarrita in different training systems. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25: 242-244.
- Girona, J., J. Marsal, M. Mata, A. Arbones, and T. M. Dejong. 2004. A comparison of the combined effect of water stress and crop load on fruit growth during different phenological

- stages in young peach trees. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 79: 308-315.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2004a. Información geográfica del Estado de Puebla. Precipitación anual. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/pue/precipit.cfm> (Consulta: marzo 19, 2004).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2004b. Información geográfica del Estado de Puebla. Temperatura anual. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/pue/temperat.cfm> (Consulta: marzo 19, 2004).
- Layne, D. R., D. B. Cox, and E. J. Hitzler. 2002. Peach systems trial: the influence of training system, tree density, rootstock, irrigation and fertility on growth and yield of young trees in South Carolina. *Acta Hortic.* 592: 367-375.
- Luchsinger, L., P. Ortin, G. Reginato, and R. Infante. 2002. Influence of canopy fruit position on the maturity and quality of 'Angel' peach. *Acta Hortic.* 592: 515-521.
- Mead, R. and R. W. Willey. 1980. The concept of a 'Land equivalent ratio' and advantages in yields from intercropping. *Exp. Agric.* 16: 217-228.
- Nuzzo, V., B. Dichio, and C. Xiloyannis. 2002. Canopy development and light interception in peach trees trained to transverse 'Y' and delayed vase in first four years after planting. *Acta Hortic.* 592: 405-412.
- Pinedo E., J. M., J. I. Cortés F., M. T. Colinas L., A. Turrent F., G. Alcántar G., J. Rodríguez A., M. Livera M. y A. D. Hernández F. 2004. Calidad de fruto de durazno 'Diamante' y 'CP-88-8' intercalados en maíz y frijol. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 10: 211-217.
- SAS Institute. 1985. *Statistics: user's guide*. 5th ed. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Segura C., M. A., M. C. Gutiérrez C., C. A. Ortiz S. y P. Sánchez G. 2005. Régimen de humedad y clasificación de suelos pomáceos del Valle de Puebla-Tlaxcala. *Terra Latinoamericana* 23: 13-20.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1985. *Bioestadística: principios y procedimientos*. 2a ed. McGraw-Hill Latinoamericana. Bogotá, Colombia.
- Van den Ende, B., D. J. Chalmers, and P. H. Jerie. 1987. Latest developments in training and management of fruit crops on Tatura trellis. *HortScience* 22: 561-568.
- Vandermeer, J. 1989. *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Warrick, A. W. 2002. *Soil physics companion*. CRC Press. Washington, DC, USA.