

IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LOS SISTEMAS DE POLICULTIVOS MAÍZ-FRIJOL-CALABAZA EN LA FRAILESCA, CHIAPAS, MÉXICO

A. GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, C. E. AGUILAR JIMÉNEZ, J. GALDAMEZ GALDAMEZ, S.
MENDOZA-PÉREZ Y F. B. MARTÍNEZ AGUILAR

Resumen

Los sistemas de policultivos maíz-frijol-calabaza en la Frailesca, Chiapas, México, se basa en su máximo aumento en el aprovechamiento de la tierra en donde los campesinos poseen predios pequeños debido a sus condiciones socioeconómicas y donde la producción de los distintos cultivos está sujeta a la cantidad de tierra que pueden limpiar, preparar, desmalezar y cosechar en forma manual en un tiempo limitado; es así que con el sistema de policultivo maíz-frijol-calabaza se han obtenido sobrerrendimientos de 218% de producción por hectárea, lo que significa en utilidades de 1013% más rentable que el monocultivo maíz.

Palabras clave: Policultivo, maíz-frijol-calabaza

1. Introducción

Los sistemas de policultivos tienen su origen en una agricultura de supervivencia conocida como agricultura de subsistencia, dirigida al máximo aprovechamiento del espacio agrícola y su práctica se ha desarrollado históricamente entre los campesinos con carencia de recursos e insuficientes disponibilidades de superficie agrícola. Los sistemas de policultivos tienen su origen en los mismos inicios de la agricultura, como parte de las culturas indígenas y sus saberes.

Los sistemas de policultivos se caracterizan por la diversidad de especies de plantas, integración de las plantas con los animales y los humanos, y un estilo de vida que gira alrededor de la necesidad de producir biodiversidad de alimento (Francis, 1986; Altieri, 1994).

Los sistemas de policultivos maíz-frijol-calabaza han sido y siguen siendo los sistemas más productivos, comúnmente practicados en toda Latinoamérica (Pinchinat *et al.*, 1976; Davis *et al.*, 1986), especialmente en México (Amador, 1980; Toledo, 1990). Estos sistemas de policultivos, son más importantes que los monocultivos en los trópicos y subtrópicos, debido a la predominancia de los pequeños agricultores (Davis *et al.*, 1986).

Una de las principales razones por la cual los agricultores a nivel mundial se decidieron por sembrar policultivos, es que frecuentemente se puede obtener un mayor rendimiento en la siembra de una determinada área sembrada como policultivo que de un área equivalente en comparación a un monocultivo (Liebman, 1997) y para la disminución de la población de las plagas de insectos y la supresión de arvenses por el sombreado de los follajes complejos por efectos alelopáticos (Gliessman y Amador, 1980; Altieri y Nicholls, 2007).

Los policultivos son sistemas en que dos o más cultivos se establecen simultáneamente y lo suficientemente juntos para que se produzca competencia interespecífica o complementariedad (Vandermeer, 1995). Estas interacciones pueden tener efectos inhibidores o estimulantes en la producción (Hart, 1974). En el diseño y manejo de estos sistemas, una de las estrategias es reducir al mínimo la competencia y obtener la máxima complementariedad de las especies en la mezcla (Francis *et al.*, 1976). Los sistemas de policultivos, por lo tanto, constituyen sistemas que hacen un uso eficiente de los factores físicos y biológicos como el crecimiento, luz, agua, nutrimentos, del espacio y el tiempo disponible, para intensificar la producción agrícola y así como también la protección del medio ambiente (equilibrio ecológico), la conservación del suelo con el aumento de la materia orgánica, aprovechamiento de los recursos disponibles en la región, parcela o predio (residuos de cosechas).

Las combinaciones de maíz-leguminosas generalmente sobrepasan en rendimiento a los monocultivos maíz; en otras palabras, se necesita de más superficie bajo monocultivo maíz, para producir el mismo rendimiento que una hectárea de policultivo (Mead y Willey, 1980; Vandermeer, 1989). Esta capacidad o eficiencia de sobrerrendimiento biológico y ecológico de un sistema de policultivo es medida por el Uso Equivalente de Tierra (UET) (Willey, 1979a,b, 1990; Mead y Willey, 1980). Si esta relación es > 1 , esto implica que el policultivo presenta una mayor ventaja o rendimiento que el monocultivo por unidad de superficie (Trenbath, 1976).

2. Objetivos

- Determinar los Usos Equivalentes de Tierra (UET) en los sistemas de policultivos maíz-frijol, maíz-calabaza y maíz-frijol-calabaza.
- Realizar un análisis económico de los sistemas de policultivos maíz-frijol, maíz-calabaza, maíz-frijol-calabaza y monocultivo maíz.

3. Metodología

La investigación se realizó bajo condiciones de temporal, en el Predio Perseverancia, ubicado a 7 kilómetros de la cabecera municipal de Villa Flores, Chiapas, México; éste se localiza en la Depresión Central a los $16^{\circ} 14'$ latitud norte y $93^{\circ} 16'$ longitud oeste, a una altitud de 610 msnm, con una superficie de 1231 km^2 (García, 1987). Se utilizó un diseño de bloques completo al azar con dos repeticiones y 32 tratamientos en arreglo factorial 4×3^2 . Se estableció un testigo para cada variedad (maíz jarocho crema, frijol y calabaza). La distribución de los tratamientos en el campo, se realizaron en forma aleatoria dentro de cada bloque y repetición. El tamaño de las parcelas experimentales fueron de $11 \times 11 \text{ m} = 121 \text{ m}^2$.

La siembra del maíz, frijol y calabaza fue intercalada, ésta se efectuó en forma simultánea para los tres cultivos componentes con el sistema macana. Para el maíz se depositaron cuatro semillas por punto, a una distancia de 1 m entre surcos y plantas; para el frijol se depositaron entre cuatro a cinco semillas por punto, a una separación de 1 m entre surcos y 25 cm entre plantas; para la calabaza se depositaron entre tres a cuatro semillas por punto, a una distancia de 3.65 m entre surcos y plantas.

La cosecha del frijol se realizó manualmente. Después se secó al sol para propiciar la pérdida de humedad del grano quedando en 12%. Una vez seco se procedió a su envasado en costales de henequén y se almacenó. La cosecha del maíz se realizó manualmente cuando los granos contenían entre 13 y 14% de humedad aproximadamente y la calabaza cuando tanto la cáscara como el pedúnculo de los frutos estaban secos.

Para calcular el UET se utilizó la ecuación de Mead y Willey (1980)

$$UET = L_A + L_B = \frac{M_A}{S_A} + \frac{M_B}{S_B}$$

Donde :

L_A y L_B = rendimientos relativos para cultivos individuales.

M_A y M_B = rendimientos de los cultivos componentes en policultivos.

S_A y S_B = rendimientos de los cultivos solos.

También se realizó el análisis económico de los tratamientos en la investigación, para lo cual se usó la metodología propuesta por el CIMMYT (1988), con el objeto de determinar el o los mejores tratamientos en la investigación. El análisis se efectuó considerando los precios de los insumos, mano de obra, valor del rendimiento e ingreso neto y precios de los productos vigentes durante el tiempo que se llevó a cabo la investigación. Se consideró un precio de maíz de \$ 1 600.00 pesos/t, para el frijol de \$ 8 600.00 pesos/t y para la calabaza de \$ 1 000.00 pesos/t.

4. Resultados

En la Tabla 1 se muestra los rendimientos (kg/ha) absolutos y relativos de los monocultivos y policultivos y así como los UET obtenidos para los policultivos, registrándose los UET mayores en los sistemas de maíz-frijol-calabaza, maíz-frijol y maíz-calabaza.

	Monocultivos			Policultivos			RR ^a Maíz	RR ^a Frijol	RR ^a Calabaza	UET ^e
	Maíz ^b	Frijol ^c	Calabaza ^d	Maíz ^b	Frijol ^c	Calabaza ^d				
M	4516	-	-	-	-	-	1.00	-	-	1.00
F	-	128.10	-	-	-	-	-	1.00	-	1.00
C	-	-	17 149	-	-	-	-	-	1.00	1.00
M-F	-	-	-	4231	209	-	0.94	1.63	-	2.57
M-C	-	-	-	4603	-	10 925	1.02	-	0.64	1.66
M-F-C	-	-	-	4649	175	12 190	1.10	1.37	0.71	3.18

Tabla 1. Rendimiento (kg/ha) absolutos y relativos de los monocultivos y sistemas de policultivos maíz-frijol-calabaza. Predio Perseverancia, Villa Flores, Chiapas, México.

Donde: a RR= rendimiento relativo al del monocultivo.

b= rendimiento de maíz al 14% de humedad.

c= rendimiento de frijol al 12% de humedad.

d= rendimiento de calabaza con el pedúnculo seco.

e UET= el RR del maíz más el RR del frijol más RR de la calabaza.

El sistema de policultivo maíz-frijol registro un UET de 2.57 con un incremento de 157%. Estos resultados son comparables a lo encontrado por Dalal (1974) quien obtuvo un incremento de 67%, lo que significa que el maíz en policultivo redujo su rendimiento en un 6% (Tabla 1) en

comparación al monocultivo; el frijol en policultivo tuvo una mayor producción de 63% (Tabla 1) y una reducción del 50% en comparación a los monocultivos separados de maíz y frijol, esto quiere decir, que tanto el maíz como el frijol se beneficiaron mutuamente de las interacciones biológicas, ecológicas y agronómicas de los sistemas de policultivos como lo señalan Vandermeer (1989) y Willey (1990).

El Sistema de policultivo maíz-calabaza registraron un UET de 1.66, esto significa que el sistema de policultivo tuvo un sobrerrendimiento de 66% más de producción por unidad de superficie que los monocultivos separados de maíz y calabaza. El maíz en sistema de policultivo sobrerrendió un 2% más y con una reducción del 1% en relación al monocultivo. La calabaza en policultivo disminuyó su rendimiento en 36% que el monocultivo, esto quiere decir, que la calabaza en el sistema no tuvo efectos detrimentales sobre el rendimiento del maíz como lo indica Willey (1990).

Por otro lado, en el sistema de policultivo maíz-frijol-calabaza, se obtuvieron UET de 3.18, con un sobrerrendimiento de 218% de producción por unidad de superficie que los monocultivos separados de maíz, frijol y calabaza; el maíz en policultivo registro un sobreproducción de 10% más que los monocultivos; el frijol en sistema de policultivo produjo un 37% más de producción y una disminución del 46% que el monocultivo de frijol y la calabaza en policultivo fue menor en producción con 29% en relación al monocultivo; esto significa, que la siembra de frijol y calabaza en policultivo no afectó el rendimiento del maíz.

Así también, se obtuvieron los presupuestos parciales del monocultivo maíz, maíz-frijol, maíz-calabaza y maíz-frijol-calabaza para la variedad de maíz jarocho crema y así como también los rendimientos medios de maíz, frijol y calabaza (\$/t), los costos de (semilla, mano de obra para la siembra, fertilizantes, mano de obra para la aplicación, mano de obra de deshierbe, mano de obra para la pizca, mano de obra de desgrane y acarreo del maíz, frijol y calabaza), beneficios de los tratamientos (beneficios brutos de campo (\$/t) y beneficios netos (\$/t) y total de los costos que varían (\$/t).

Por otra parte, se realizaron los análisis de dominancia para los monocultivos maíz, policultivos maíz-frijol, maíz-calabaza y maíz-frijol-calabaza con el maíz jarocho crema. Los tratamientos se ordenaron de menores a mayores totales de costos que varían.

En la Tabla 2 se muestran los resultados económicos del experimento después de haber transformado a pesos por tratamiento los rendimientos del monocultivo maíz, policultivos maíz-frijol, maíz-calabaza y maíz-frijol-calabaza. Los sistemas de policultivos maíz-frijol-calabaza, maíz-calabaza y maíz-frijol resultaron ser más rentables que el monocultivo maíz.

Tratamientos	Costos que varían (\$/t)	Costos marginales (\$/t)	Beneficios netos (\$/t)	Beneficios netos marginales (\$/t)	Tasa de retorno marginal %
8-M	41.90		31.03		
6-M	65.35	23.45	33.10	2.07	9
5-M	80.95	15.60	37.10	4.00	26
Totales					35
Media					18

12-M+F	29.38		75.84		
13-M+F	41.59	12.21	77.55	1.71	14
14-M+F	43.25	1.66	78.11	0.56	34
Totales					48
Media					24
22-M-C	49.50		136.77		
19-M-C	57.98	8.48	137.93	1.16	14
23-M-C	61.58	3.60	164.63	26.70	742
21-M-C	69.85	8.27	169.90	5.27	64
24-M-C	71.24	1.39	193.36	23.46	1688
Totales					2508
Media					627
32-M+F+C	50.76		148.87		
29-M+F+C	51.89	1.13	203.66	54.79	4849
30-M+F+C	55.68	3.79	204.97	1.35	35
31-M+F+C	60.85	5.17	297.16	2.19	42
27-M+F+C	64.58	3.73	209.60	2.44	65
28-M+F+C	69.53	4.95	213.16	3.56	72
Totales					5063
Media					1013

Tabla 2. Análisis marginal del monocultivo maíz y policultivos maíz-frijol, maíz-calabaza y maíz-frijol-calabaza. Predio Villa Flores, Chiapas, México.

Los resultados del análisis económico, indican que los sistemas de policultivos maíz-frijol-calabaza, maíz-calabaza y maíz-frijol fueron entre 24, 627 y 1013%, respectivamente, más rentables en comparación al monocultivo maíz. Estos resultados son muy similares a los registrados por Norman (1977), Rosset *et al.* (1987) y Zúñiga (1991), quienes encontraron utilidades de 42 a 146, 9 a 119 y 508% para los policultivos en comparación a los monocultivos. También en los sistemas de policultivos maíz-frijol-calabaza, maíz-calabaza y maíz-frijol se invirtió más en mano de obra, pero los beneficios netos marginales fueron mayores en comparación al monocultivo maíz, estos resultados son similares a los obtenidos por Leihner (1983) quien señala que se necesita más mano de obra en los policultivos yuca-frijol, pero que el ingreso neto de los policultivos fue mayor.

Las ventajas en la rentabilidad económica de los policultivos maíz-frijol-calabaza, maíz-calabaza y maíz-frijol se debieron a que la variedad de maíz jarocho crema, frijol y calabaza produjeron buenos rendimientos en sistemas de policultivos.

5. Conclusiones

Los sistemas de policultivos presentan una mayor eficiencia biológica en comparación a los monocultivos, es decir, que los agricultores realizan un mejor uso de su tierra, pues aprovechan todos los espacios del suelo al sembrarlos a la misma vez, obtienen mayor estabilidad ecológica, económica, social, energética, e incremento en la productividad del trabajo. Lo anterior indica que los policultivos presentan mayor capacidad de sobrerrendimiento biológico, lo que significa que los agricultores de la región Frailesca deben de continuar aprovechando las ventajas de los policultivos, debido a que estos mejoran la eficiencia del uso de la tierra, la productividad y la economía familiar.

Por otra parte, los sistemas de policultivos maíz-frijol-calabaza, maíz-calabaza y maíz-frijol indican que económicamente son más factibles y rentables, debido a que generan más beneficios económicos e impactan el bienestar social de las familias campesinas en la región de la Frailesca, Chiapas, México.

6. Referencias

Altieri, M. A. (1994). Bases Agroecológicas para una producción agrícola sustentable. *Agricultura Técnica (Chile)* 54(4):371-386.

Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2007). Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Icaria editorial, S. A. 247 pp.

Amador, M. F. I. (1980). Comportamiento de tres especies (maíz, frijol y calabaza) en policultivos en la Chontalpa, Tabasco, México. Tesis de Licenciatura. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tabasco. 82 pp.

CIMMYT. (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un Manual metodológico de evaluación económica. Edición complementamente revisada. México, D. F., México: CIMMYT. 79 pp.

Dalal, R. C. (1974). Effects of intercropping Maize with pigeon pea on grain yields and nutrient uptake. *Exp. Agric.* 10:219-224.

Davis, J. H. C., Woolley, J. N. and Moreno, R. A. (1986). Multiple cropping with legumes and starchy roots. pp. 133-160. In: *Multiple Cropping Systems*. C. A. Francis (eds.). MacMillan, New York, NY, USA.

Francis, C. A., Flor, C. A., and Temple, S. R. (1976). Adapting varieties for intercropped systems in the tropics. pp. 235-254. In: *Multiple Cropping*. R. I. Papendick, P. A. Sanchez and G. B. Triplett (eds.). ASA Special Publication No. 27. Madison, WI.

Francis, C. A. (1986). *Multiple Cropping Systems*. MacMillan Publishing Co., New York, NY. 383 pp.

García, E. (1987). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4ª. ed. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 9-12.

Gliessman, S. R., and Amador, M. A. (1980). Ecological aspects of production in traditional agroecosystems in the humid lowland tropics of México. En *D-tropical ecology and development*. J. I. Furtado, ed. ISTE, Kuala Lumpur. pp. 601-608.

Hart, R. D. (1974). The design and evaluation of a bean, corn and manioc polyculture cropping system for the humid tropics. Ph.D., dissertation. University of Florida, Gainesville, FL. 158 pp.

Leihner, D. (1983). Management and Evaluation of Intercropping Systems with Cassava. Colombia, CIAT. 79 pp.

Liebman, M. (1997). Sistemas de policultivos. pp. 133-141. En: Agroecología: Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. M. A. Altieri (ed.). CLADES-Grupo Gestor Asociación Cubana de Agricultura Orgánica, ACAO, La Habana, Cuba.

Mead, R., and Willey, R. W. (1980). The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. *Exp. Agric.* 16:217-228.

Norman, D. W. (1977). The rationalization of intercropping. *African Environ.* 2(4)-3(1): 97-109.

Pinchinat, A. M., Soria, J., and Bazan, R. (1976). Multiple cropping in tropical America. pp. 51-61. In: R. I. Papendick, P. A. Sanchez and G. B. Triplett (eds.). *Multiple Cropping*. ASA Publication Special No. 27. Madison, WI.

Rosset, P. M., Díaz, I., Ambrose, R., Cano, M., Varela, G. y Snook, A. (1987). Evaluación y validación del sistema de policultivo tomate-frijol como componente de un programa de manejo integrado de plagas de tomate en Nicaragua. *Turrialba* 37(1):85-92.

Toledo, V. M. (1990). La perspectiva etnoecológica: Cinco reflexiones acerca de las "Ciencias campesinas" sobre la naturaleza con especial referencia a México. *Ciencia especial* 4:22-29.

Trenbath, B. R. (1976). Plant interactions in mixed crop communities. pp. 129-170. In: *Multiple Cropping*. R. I. Papendick, P. A. Sanchez and G. B. Triplett (eds.). ASA Special Publication No. 27. Madison, WI.

Vandermeer, J. (1995). Los policultivos. La teoría y evidencia de su facilitación. Department of Biology University of Michigan. Ann. Arbor, Michigan, EUA. 20 pp.

Vandermeer, J. H. (1989). The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, MA. 237 pp.

Willey, R. W. (1979a). Intercropping-its importance and research needs. Part I. Competition and yield advances. *Field Crop Abstracts* 32(1):1-10.

Willey, R. W. (1979b). Intercropping-its importance and research needs. Part 2. Agronomy and research approaches. *Field Crop Abstracts* 32(2):73-85.

Willey, R. W. (1990). Resource use in intercropping systems. *Agric. Water Manage.* 17:215-231.

Zuñiga, N. A. C. (1991). Evaluación del sistema de policultivo tomate-frijol-maíz en Villa Flores, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chiapas, México. 65 pp.