

INFLUENCIA DE LA ASOCIACIÓN DE CULTIVO SOBRE LA RELACIÓN EQUIVALENTE DE SUELO

M.D. Raigón*, M.D. García Martínez*, C. Guerrero*; P. Esteve*; A. Domínguez-Gento**

*Escuela Técnica Superior del Medio Rural y Enología, Universidad Politécnica de Valencia, Avda. Blasco Ibáñez, 46010 Valencia; Teléfono: 963877347.

e-mail: mdraigon@qim.upv.es; magarma8@qim.upv.es; pestevac@qim.upv.es; cargueva64@euita.upv.es

**Estació Experimental Agraria de Carcaixent, Pda. Barranquet, s/n, 46740 Carcaixent; Teléfono: 96 243 04 00

e-mail: alfonsdgento@gmail.com

RESUMEN: El monocultivo ha llevado en pocos años al empobrecimiento del suelo, la asociación de cultivos es una de las técnicas más empleadas en Agricultura Ecológica, siempre que no se presente competencia por los nutrientes, la superficie, etc, entre los cultivos presentes. El objetivo principal del estudio es valorar el rendimiento de diferentes cultivos sometidos a la asociación de cultivos bajo prácticas de agricultura ecológica, evaluando la relación equivalente de suelo (RES), para establecer la cantidad de superficie necesaria para obtener los mismos rendimientos que en monocultivo.

Los resultados indican que los contenidos nutricionales, en el material vegetal del cultivo asociado y el monocultivo, son muy parecidos, así como el rendimiento en peso unitario. Por otro lado la eficiencia en el uso del suelo es mayor en el cultivo asociado, por lo que para obtener la misma producción que en una hectárea de cultivo asociado se necesitan un mayor número hectáreas de monocultivo.

Palabras clave: lechuga, cultivo ecológico, asociación de cultivos, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

Existen múltiples definiciones sobre el concepto de agricultura ecológica, unas más específicas que otras, pero que al fin y al cabo, contienen una misma esencia. Una forma de definir la agricultura ecológica, también llamada biológica, orgánica, biodinámica o biológico-dinámica, podría ser: "Es un sistema agrario que tiene como objetivo la obtención de alimentos de máxima calidad, nutritiva y sensorial, mediante la utilización de recursos naturales y renovables, sin utilizar productos químicos de síntesis, conservando la fertilidad del suelo y la diversidad genética y respetando el medio ambiente, consiguiendo así un desarrollo agrario sostenible y perdurable".

Las estrategias de producción ecológica se basan fundamentalmente en la actuación sobre dos grupos de variables (Roselló y Domínguez, 2003); el suelo, manipulando su fertilidad y su ecología, y la sanidad vegetal (plagas, enfermedades y malas hierbas). La manipulación de estas variables es sumamente compleja, ya que son muy numerosas, están interrelacionadas y no siempre son bien conocidas. La diversidad es uno de los más importantes atributos de un sistema agrícola estable y sostenible. Facilita el control de plagas, el reciclaje de nutrientes, el empleo de recursos naturales y ayuda al incremento de las cosechas, al tiempo que diversifica la productividad, lo que implica reducir los riesgos.

Comprender la dinámica del suelo significa entender que cualquier acción humana tiene consecuencias positivas o negativas sobre la evolución del mismo. Para el agricultor, manejar este recurso en un contexto sostenible, debe significar ayudarlo a desarrollarse y a mantener su fertilidad, de lo contrario, un manejo inadecuado, puede

conducir al bloqueo de la maduración del suelo y a su desertificación por la pérdida de su potencial biológico (Bourgignon, 1989).

En la agricultura industrial o convencional predomina la homogeneidad, se practica generalmente el monocultivo, con suelos desinfectados y sin vegetación adventicia, por lo que disminuye la diversidad biológica de estos suelos. En cuanto a la agricultura ecológica, predomina la heterogeneidad, con la práctica de los policultivos, la utilización de cultivos asociados, de vegetación adventicia y mediante el uso cubiertas vegetales (Domínguez *et al.*, 2002) que favorezcan el desarrollo de una mayor diversidad de especies animales interrelacionadas, el mantenimiento de sus nichos ecológicos con el esperado aumento de la biodiversidad para procurar la mayor estabilidad del agroecosistema, que provoquen un aumento en las características, tanto físicas como biológicas, bajo el objetivo común de mejorar y mantener la fertilidad y productividad del suelo.

Otra de las ventajas del empleo de los cultivos múltiples o asociados es la obtención de una mayor producción por unidad de superficie agrícola respecto a un área equivalente de monocultivo. Este parámetro denominado coeficiente de tierra equivalente (LER) o relación equivalente de suelo (RES), matemáticamente se determina mediante la expresión (Hernández *et al.*, 1998):

$$\text{LER} = \text{Px}/\text{Ux} + \text{Py}/\text{Uy} \quad \text{donde:}$$

Px: Rendimiento del cultivo x en policultivo
Py: Rendimiento del cultivo y en policultivo
Ux: Rendimiento del cultivo x en monocultivo
Uy: Rendimiento del cultivo y en monocultivo

Si el LER > 1, la asociación es ventajosa desde el punto de vista de la rentabilidad por unidad de superficie, si LER = 1, resulta indistinto el sistema de monocultivo frente a la asociación y si LER < 1 el sistema de monocultivo supera en productividad al de la asociación.

La relación equivalente de suelo (RES) (Liebman y Dyck, 1993), aporta información sobre la cantidad de superficie necesaria en monocultivo para obtener la misma producción que estas especies en cultivo asociado.

El principal objetivo de este trabajo es evaluar la efectividad de las prácticas de asociación de cultivos a partir de la determinación del LER o RES de dos sistemas de producción ecológica. En el primero se estudia la asociación de hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.) y de escarola (*Cichorium endivia* L.) y en el segundo la asociación de lechuga romana (*Lactuca sativa* L.) e hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.).

MATERIAL Y MÉTODOS

Para llevar a cabo los objetivos citados, se diseñó un plan de trabajo ubicando los ensayos sobre parcelas ecológicas de la Estación Experimental Agraria de Carcaixent (Valencia), de superficie y textura (franca) de suelo semejantes (Cuadro 1) y con prácticas agronómicas ecológicas.

En las parcelas de la asociación hinojo/escarola se diferencian los sistemas de riego por superficie y por goteo. Los ensayos se realizaron, en la plantación otoño-invierno. En la asociación hinojo/escarola las variedades cultivadas fueron Latina y Amine, respectivamente. La densidad de plantación fue de 5,4 plantas por m² y el ciclo de cultivo es de unos 90 días, transplantándose en campo a finales de octubre y recolectándose a principios de febrero. La fertilización consistió en el aporte de 24000 kg ha⁻¹ de estiércol de oveja.

En la parcela de riego a manta, se realizaron seis repeticiones de las dos hortalizas (escarola e hinojo), con líneas alternadas longitudinalmente donde se asoció el cultivo de escarola con el de hinojo. El número de riegos efectuados, fueron tres por semana en el sistema de riego localizado, es decir, un total de 39 riegos. Y en el sistema de riego por superficie, unos seis riegos en todo el ciclo de cultivo. La calidad del agua empleada para el riego se muestra en la tabla 2. En la parcela con el sistema de riego por goteo, se dividió la misma en nueve subparcelas de igual dimensión, con seis líneas de cultivo cada una, donde tres subparcelas fueron destinadas a monocultivo de hinojo, otras tres al monocultivo de escarola y las últimas tres a la asociación del cultivo de escarola con el de hinojo. Las parcelas estaban rodeadas de un seto compuesto de cuatro especies diferentes de arbustos. La disposición de las diferentes parcelas se realizó al azar, quedando la distribución como se observa en la figura 1.

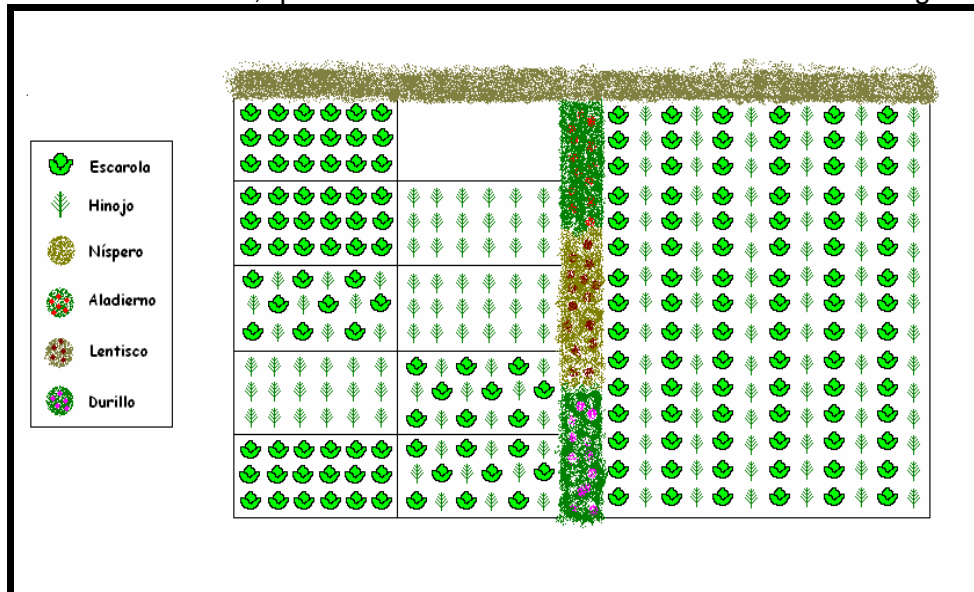


Figura 1. Distribución de la asociación de cultivos hinojo/escarola.

En las parcelas de la asociación lechuga/hinojo los sistemas de riego fueron el goteo y aspersión. Los ensayos se realizaron, en la plantación otoño-invierno. Las variedades cultivadas fueron Bacio para la lechuga romana y Latina para el hinojo. La densidad de plantación fue de 6 plantas por m^2 y el ciclo de cultivo es de unos 90 días, transplantándose en campo a principios de noviembre y recolectándose a mediados de febrero. La fertilización consistió en el aporte de 18029 kg ha^{-1} de estiércol de oveja antes de la plantación.

El número de riegos efectuados en esta asociación, fueron tres riegos por semana de cinco minutos para ambos sistemas, es a decir, un total de 39 riegos durante todo el ciclo de cultivo. La parcela se dividió en dos subparcelas de iguales dimensiones y dada la homogeneidad del terreno, se dispuso una para el riego por goteo y otra para el sistema de microaspersión. Se efectuaron tres repeticiones al azar de tres hortalizas (col china, hinojo dulce y lechuga romana), con tres líneas de cultivo cada una. En estas parcelas se asoció el hinojo dulce con el cultivo de lechuga y col china, contabilizando exclusivamente la lechuga y el hinojo, para los estudios de asociación. Las parcelas también se rodean de setos y la disposición de las diferentes parcelas queda según la distribución que muestra la figura 2.

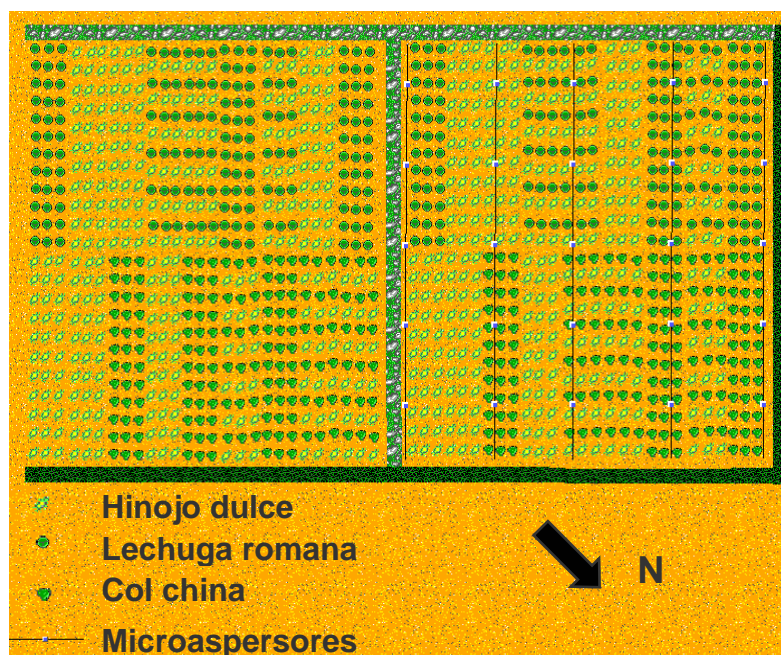


Figura 2. Distribución de la asociación de cultivos lechuga romana/hinojo.

La toma de muestras se realizó al azar, atendiendo a la distribución de las diferentes especies. Se analizaron un total de 33 plantas de escarola, 28 de hinojo y 34 plantas de lechuga romana.

El peso de las muestras se realizó exclusivamente sobre la parte comercial de la planta (en el caso de la escarola y la lechuga romana, se eliminaban las hojas externas en peores condiciones, mientras que en hinojo se eliminaban las hojas externas del bulbo, dejándose la parte en mejores condiciones del mismo junto a unos 5 cm de tallo).

Cuadro 1. Características químicas del suelo en función del tipo de riego

	Tipo de riego	
	Goteo y aspersión	Inundación
pH en H ₂ O	8,31	8,03
pH en KCl	7,95	7,67
C.E. (dS m ⁻¹)	0,27	0,31
N asimilable (NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻ +NH ₄ ⁺) (mg/100 g)	41,57	48,05
K ⁺ (meq/100 g)	14,24	14,70
Na ⁺ (meq/100 g)	3,65	4,57
P (mg/kg)	128,38	290,28
M.O (%)	4,16	5,11
CaCO ₃ (%)	5,76	9,88
Actividad enzimática (mg <i>p</i> -nitrofenol g ⁻¹ h ⁻¹)	2,03	2,12

Cuadro 2. Características químicas del agua de riego

Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	pH	Cloruros (mg L ⁻¹)	Sulfatos (mg L ⁻¹)	Carbonatos (mg L ⁻¹)	Bicarbonatos (mg L ⁻¹)	Nitratos (mg L ⁻¹)
0,2	7,1	170	360	0,0	287	223
P.S.S. (% saturación de sodio)	Potasio (mgL ⁻¹)	Calcio (mg L ⁻¹)	Magnesio (mg L ⁻¹)	Sodio (mg L ⁻¹)	S.A.R. (relación de absorción de sodio)	Adj. S.A.R. (ajustada)
8	3	308	56	42	0,58	1,54

RESULTADOS

Los resultados sobre el peso neto de las diferentes hortalizas estudiadas se analizan en función de la asociación y del tipo de riego. Para la asociación hinojo/escarola, se observa que el peso neto de la escarola (figura 3) es mayor en el caso de riego por goteo, aunque las diferencias entre los pesos de la escarola no son estadísticamente significativas. La mayor acumulación de agua en el tejido vegetal, como consecuencia de la mayor secuencialidad de los riegos por goteo puede ser el factor influyente sobre este resultado.

Se observa que las escarolas asociadas al cultivo de hinojo presentan menor peso neto (figura 4). Para el hinojo también se ha encontrado que el peso neto es menor en el caso de las hortalizas asociadas, que cuando se trata de monocultivo (figura 5), esto puede ser debido a que el hinojo asociado precisa de mayor superficie de suelo y por tanto tiene menor competencia por los nutrientes que están en una determinada concentración en el suelo. Las diferencias en el peso neto de la escarola, en función de la asociación son estadísticamente significativas (la 95% de confianza), pero en el caso del hinojo, la variabilidad en el peso unitario ha sido tan alta, que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas.

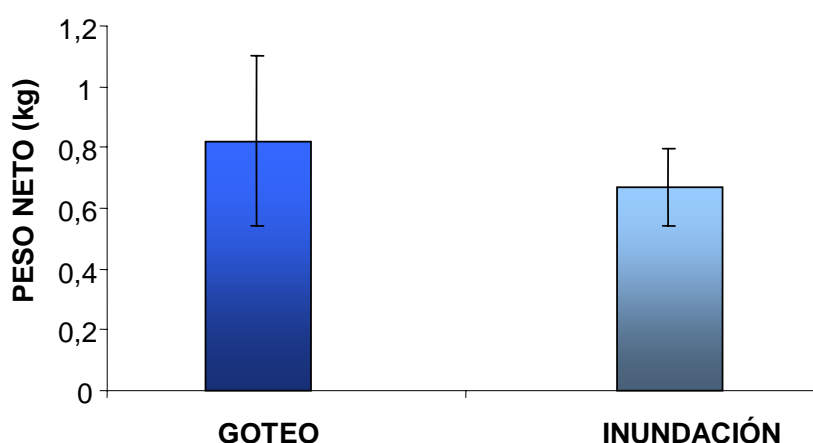


Figura 3. Peso neto (kg) de escarola en función del sistema de riego (goteo y inundación). Ensayo asociación hinojo/escarola.

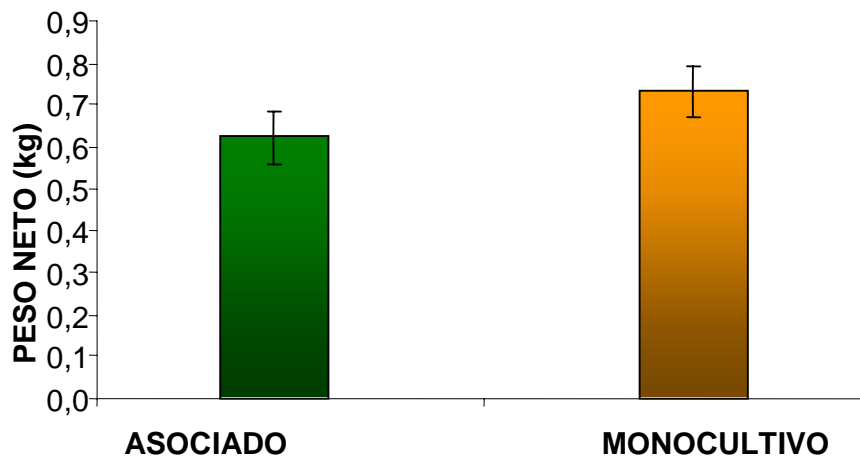


Figura 4. Peso neto (kg) de escarola en función de la asociación de cultivos. Ensayo asociación hinojo/escarola.

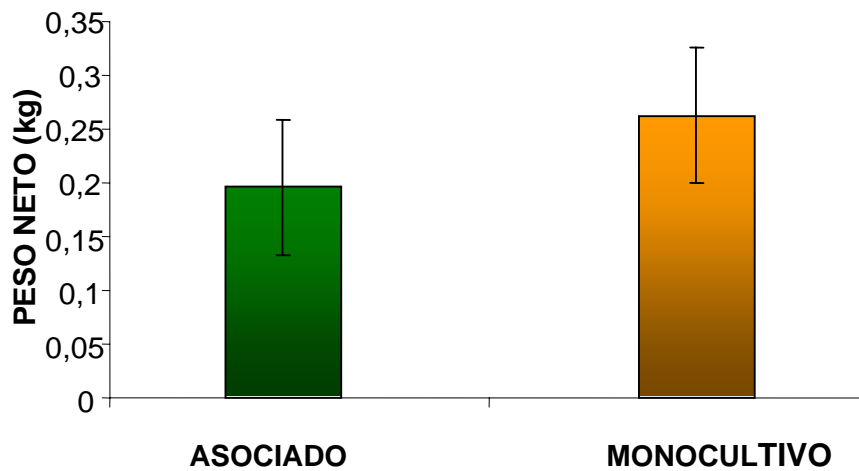


Figura 5. Peso neto (kg) de hinojo en función de la asociación de cultivos. Ensayo asociación hinojo/escarola.

Los resultados del peso neto de las lechugas de la asociación lechuga/hinojo se muestran en la figura 6. Se observa que en este ensayo los pesos netos unitarios de las piezas de lechuga, en promedio han sido superiores, los obtenidos cuando el cultivo está asociado, independientemente del tipo de riego empleado (goteo o aspersión). Las diferencias son mínimas (76,21 g, para el caso de las lechugas romanas sometidas a riego por goteo y 1,3 g, para el caso del riego por aspersión). Estas mínimas diferencias ponen de manifiesto que mediante las técnicas de asociación de cultivos, los rendimientos, en peso unitario de la producción de hortalizas, no se ven afectados.

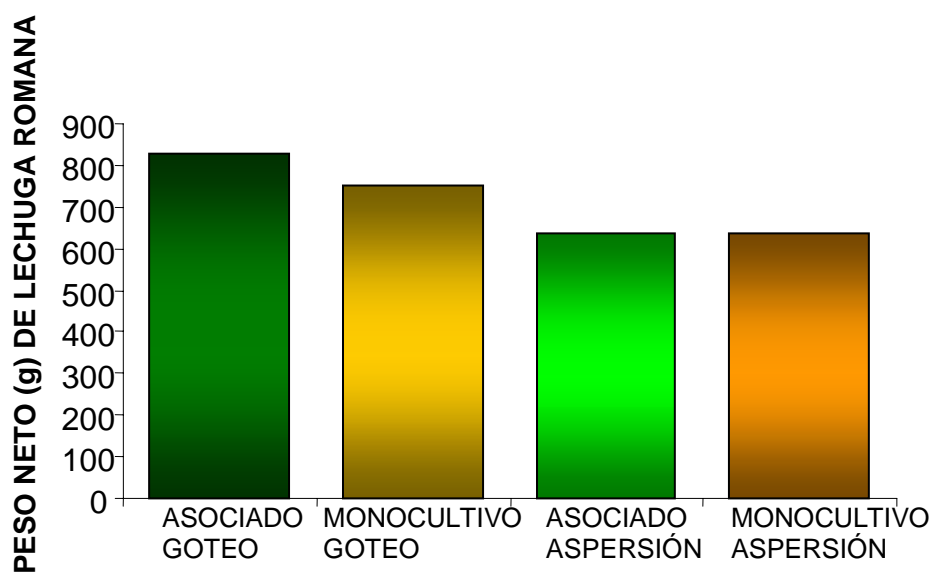


Figura 6. Peso neto (g) de la lechuga romana en función de la asociación de cultivos y el sistema de riego. Ensayo asociación lechuga/hinojo.

Los rendimientos ($t\ ha^{-1}$) y peso promedio de la planta (kg), de cada uno de los cultivos estudiados, en la asociación hinojo/escarola, en función del tipo de riego, se muestran en la tabla 3. La tabla 4 muestra los mismos resultados para los cultivos de la asociación lechuga/escarola.

Los rendimientos por hectárea obtenidos de los diferentes cultivos están dentro del rango estimado como aceptable, para la zona productora del mediterráneo y en las condiciones invernales, aunque los pesos unitarios de las hortalizas obtenidas en asociación han sido, en promedio, ligeramente inferiores.

Cuadro 3. Rendimientos de los cultivos, de la asociación hinojo/escarola en función del sistema de riego

CULTIVO	Especie	Tipo de Riego	TIPO DE ASOCIACIÓN	RENDIMIENTO (t ha ⁻¹)	PESO PROMEDIO (kg)
Asociación Hinojo/escarola	ESCAROLA	Goteo	Monocultivo	46,28	0,857
			Asociado	42,50	0,787
		Inundación	Monocultivo	32,72	0,606
			Asociado	26,28	0,461
	HIHOJO	Goteo	Monocultivo	33,48	0,620
			Asociado	17,28	0,320
		Inundación	Monocultivo	14,15	0,262
			Asociado	10,64	0,197

Los valores de la RES para las dos asociaciones estudiadas, y en función de los sistemas de riego correspondientes, se muestran en la tabla 5.

Cuadro 4. Rendimientos de los cultivos, de la asociación lechuga/hinojo en función del sistema de riego

CULTIVO	Especie	Tipo de Riego	TIPO DE ASOCIACIÓN	RENDIMIENTO (t ha ⁻¹)	PESO PROMEDIO (kg)
Asociación Lechuga/hinojo	LECHUGA	Goteo	Monocultivo	45,12	0,752
			Asociado	49,68	0,828
		Aspersión	Monocultivo	38,04	0,634
			Asociado	38,16	0,636
	HIHOJO	Goteo	Monocultivo	33,78	0,563
			Asociado	27,72	0,462
		Aspersión	Monocultivo	30,12	0,506
			Asociado	31,98	0,533

Cuadro 5. Valores de RES para cada asociación, en función del sistema de riego

CULTIVO	Tipo de Riego	VALOR DE RES
Asociación Hinojo/escarola	Goteo	0,92+0,52=1,44
Asociación Hinojo/escarola	Inundación	0,80+0,75=1,55
Asociación Lechuga/hinojo	Goteo	1,10+0,82=1,92
Asociación Lechuga/hinojo	Aspersión	1,00+1,06=2,06

El valor de la RES en la asociación de hinojo y escarola con sistema de riego por goteo es de 1,44, es decir, son necesarias 0,92 ha de escarola y 0,52 ha de hinojo en un manejo de monocultivo para obtener las mismas producciones que mediante 1 ha de asociación escarola-hinojo. En el caso del sistema de riego por inundación, la RES, para esta asociación, es más alta (1,55), ya que se necesitarían 0,80 ha en cultivo de escarola, pero 0,75 ha en cultivo de hinojo, en monocultivo, para obtener la misma cantidad de alimentos que se obtiene con una hectárea de la asociación hinojo/escarola en riego por inundación. Atendiendo a los resultados, el sistema de riego por inundación sería más eficaz, puesto que rentabiliza más el uso del suelo, en función de los rendimientos obtenidos.

En el caso de la asociación de lechuga con hinojo, aplicando el riego por goteo, el valor de la RES es de 1,92, indicando que son necesarias 1,1 ha de lechuga y 0,82 ha de hinojo, en monocultivo, para producir lo mismo que en el sistema del policultivo de las dos hortalizas. Estos valores son más elevados para el caso de la misma asociación, bajo el sistema de riego de microaspersión, precisándose 1 ha de lechuga y 1,06 ha de hinojo en monocultivo, para obtener la producción que se obtiene con 1 ha de la asociación.

En todos los casos estudiados el valor de la RES es superior a la unidad, lo que indica que se obtiene un mejor aprovechamiento del suelo a través de los sistemas de policultivo. Algunos autores han obtenido resultados similares en condiciones ecológicas (Zuofa *et al.*, 1992) y también en condiciones de manejo convencional (Cordero y McCollum, 1979).

De las asociaciones estudiadas la mejor utilización del suelo, con mayores beneficios económicos, se obtiene para el caso de asociar la lechuga romana con hinojo y que a estos cultivos se le aporte el agua mediante microaspersión. En futuros trabajos, además de la rentabilidad agraria, habría que tenerse en cuenta también la producción por hectáreas de proteínas o de otros nutrientes de los alimentos. Parámetros que se han analizado en el presente trabajo, pero sin diferencias entre las variables estudiadas.

Los inconvenientes encontrados en la implantación de los sistemas múltiples han sido la abundante mano de obra que necesita, así como la limitación para mecanizar las tareas. Una adecuada planificación, sobre todo en pequeñas explotaciones de cultivos hortícolas es imprescindible para la obtención de rendimientos óptimos.

CONCLUSIONES

Con las asociaciones de cultivo hinojo/escarola y lechuga/hinojo se han obtenido rendimientos de cultivo adecuadas a las de los sistemas en monocultivo, aunque los pesos unitarios en la escarola, lechuga e hinojo, sobre todo en la asociación hinojo/escarola, y en riego por goteo han sido inferiores.

La eficiencia en el uso del suelo, calculada mediante el coeficiente RES, es mayor en el cultivo asociado, independientemente del sistema de riego empleado. Los mejores resultados de la relación equivalente de suelo se ha obtenido para la asociación de lechuga romana e hinojo, regados por microaspersión, donde se necesita 1 ha de lechuga romana y 1,06 ha de hinojo en monocultivo, para obtener la misma cantidad de alimentos que se obtiene con una hectárea de la asociación.

BIBLIOGRAFÍA

- Bourgignon, C. 1989. El suelo, la tierra y los campos. Vida sana. Barcelona.
- Cordero, A.; McCollum, R.E. 1979. Yield potencial of interplanted food crops in southeastern. U.S Agron. Journal, 71: 834-852.
- Domínguez, A.; Roselló, J.; Aguado, J. 2002. Diseño y manejo de la diversidad vegetal en agricultura ecológica. Cuadernos de agricultura ecológica. SEAE. Ed. Phytoma. Valencia. 132 pp.
- Hernández, A.; Santos, R; Casanova, A. 1998. Clasificación y principios básicos de los sistemas de cultivos múltiples o policultivo. Agricultura Orgánica (La Habana), 4 (2): 8-11.
- Liebman, M; Dyck, E. 1993. Crop rotation and intercropping strategies for leed management. Ecological Applications, 3: 92-122.
- Roselló, J.; Domínguez, A. 2003. Agricultura ecológica. L`agricultura del segle XXI: 48 pp.

Zuofa, K.; Tariah, N.M.; Isirimah, N.O. 1992. Effects of goundnut, cowpea, and melon on leed control and yields of intercropped cassava and maize. *Field Crops Res.*, 28: 309-314.