

EFICIENCIA DE USO DE N-P-K EN UNA ASOCIACIÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.) Y QUINCHONCHO (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) CON O SIN FERTILIZACIÓN

Ana Isabel Quiroz¹ y Douglas Marín²

RESUMEN

La práctica del monocultivo representa una de las principales causas de los desequilibrios en el ambiente y en el suelo en la depresión de Quibor, en el estado Lara, Venezuela. Con el objeto de ofrecer alternativas de producción se estudió la eficiencia de uso de N, P y K en plantas de maíz y quinchoncho, conducidas como monocultivo o en asociación, sin fertilización o con aplicación de 120 kg·ha⁻¹ N y 30 kg·ha⁻¹ P, en un ensayo tipo aditivo en bloques al azar con cinco repeticiones. Se determinó la acumulación de estos elementos en las etapas de desarrollo vegetativo, floración y maduración de frutos así como la eficiencia de absorción y conversión en términos absolutos para la etapa de maduración. Se encontró una mayor absorción de N y K en el maíz asociado en comparación con el monocultivo. El quinchoncho mostró una mayor acumulación de N y P en el monocultivo, y el asociado resultó desfavorecido independientemente de la aplicación de fertilizante. La eficiencia de conversión absoluta presentó tendencias opuestas a la absorción, siendo superior para el maíz monocultivo respecto al asociado, mientras que en el quinchoncho ocurrió lo contrario, el asociado tuvo una mejor eficiencia de conversión absoluta para la elaboración de granos. Los valores de la relación de equivalencia de la tierra (RET) por elemento, calculados con base en las eficiencias de absorción y conversión de N, P y K, indicaron ventajas de las asociaciones sobre los monocultivos, independientemente de la aplicación de fertilizante.

Palabras clave adicionales: Cultivos asociados, acumulación de N-P-K, relación de equivalencia de la tierra (RET)

ABSTRACT

Use efficiency of N-P-K intercropping system of corn *Zea mays* L. and pigeonpea *Cajanus cajan* L. Millspaugh with or without fertilization

An experiment was conducted in Quibor Valley, Lara State, Venezuela, to evaluate the use efficiency of the elements N, P and K in plants of maize and pigeonpea sowed as monocrops or intercrops. Plants were grown without fertilizer application, or under 120 kg·ha⁻¹ of nitrogen and 30 kg·ha⁻¹ of phosphorus. It was measured the absorption of nutrients during plant vegetative growth, flowering and fruit maturation, along with the efficiency of absorption and conversion in absolute terms during the maturation stage, using a randomized block design with five replications. The results showed a higher absorption of N and K in intercropping corn in comparison with sole crop. In pigeonpea, there was a higher accumulation of N and P in the sole crop plot, and the intercropping was more affected independently of the fertilizer application. Efficiency of absolute conversion had opposed tendencies when it was compared to the absorption, therefore corn in monocrop was superior to the intercrop. In pigeonpea opposite result was observed. The land equivalent ratio (LER) for N-P-K, based on their absorption and conversion efficiencies, indicated advantages of intercropping over the sole crop regardless of the fertilizer application.

Additional key words: Intercropping, N-P-K accumulation, land equivalent ratio (LER)

INTRODUCCIÓN

Con la generalización de la “agricultura moderna” exportada desde los países desarrollados, los monocultivos han desplazado a los cultivos asociados incluso en los países

tropicales. En general, los monocultivos mecanizados se han considerado como los más adecuados para aumentar la producción, aunque esto podría ocasionar daños al ecosistema. Sin embargo, gracias a la necesidad de lograr no sólo la sostenibilidad económica sino también la

Recibido: Diciembre 15, 2006

Aceptado: Julio 18, 2007

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), CIAE Lara. Apdo. 592. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: anaisabelq@hotmail.com

² Instituto de Botánica Agrícola. Facultad de Agronomía, UCV. Apdo. 4579. Maracay. Venezuela.

ecológica en los sistemas agrícolas, existe un renovado interés prácticamente mundial por el estudio de los cultivos asociados. Se han abordado variadas líneas de investigación, como la que busca aclarar los efectos de las asociaciones sobre las propiedades del suelo (Reiter et al., 2002; Schmidtke et al., 2004) la del reparto de la radiación entre los componentes (Marín et al., 1998; Marín, 1996), o la que estudia el efecto de diferentes arreglos espaciales sobre el comportamiento de la asociación (Bulson et al., 1997; Neumann et al., 2007).

Los cultivos asociados forman parte de una estrategia tendente al logro de una agricultura tropical sostenible (Altieri, 1990) por sus ventajas conservacionistas y porque en su implementación intervienen principios ecológicos que funcionan en ecosistemas naturales estables, aun cuando la identificación de los factores operativos en cada situación particular, apenas empieza a lograrse. Por ejemplo, se han evidenciado mecanismos de transferencia de nutrimentos en los sistemas asociados, pero existen dificultades para discriminar entre sus efectos benéficos directos o su influencia sobre la competitividad (Wachquant et al., 1989; Zhang y Li, 2003). El uso de indicadores sensibles al sombreado ha permitido asignar a la competencia por luz, el papel determinante en los resultados de la especie menos competitiva (Marín et al., 1998). La relación de equivalencia de la tierra (RET) es un índice que se utiliza para medir la efectividad de los sistemas asociados relativo al crecimiento de los monocultivos para dar el rendimiento a obtener en asociación (Willey, 1985).

En la presente investigación se utilizó el maíz como componente principal de la asociación dada su importancia en la producción agrícola nacional, mientras que el quinchoncho fue utilizado como el cultivo secundario, en la búsqueda de una producción adicional para el agricultor y de un aporte de nitrógeno en el suelo a través de la fijación simbiótica. Adicionalmente, el quinchoncho presenta características ventajosas como fuente potencial de alimentos de alto valor nutritivo para el consumo humano y animal, así como por su excelente capacidad adaptativa a diversos tipos de suelos, su papel como mejorador del drenaje por poseer un sistema de raíces profundas y su gran aporte de materia orgánica y nitrógeno al suelo (ICRISAT, 1989). El objetivo

del trabajo consistió en estudiar la acumulación y eficiencia de uso de N, P y K para la producción de granos en una asociación de maíz y quinchoncho bajo dos niveles de fertilización en una zona de alta importancia agrícola del estado Lara, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la depresión de Quíbor, a 628 msnm entre 9°55'N y 69°38'W, en el municipio Jiménez del estado Lara, Venezuela. El clima de la zona es semiárido, con una precipitación media anual inferior a 700 mm, mientras que la evapotranspiración supera los 2000 mm. Durante el desarrollo del ensayo se registraron 204 mm de lluvia, la evaporación fue de 1253 mm y la temperatura media diaria fue de 25,5 °C; estas condiciones condujeron a la aplicación de riegos semanales por gravedad en toda el área experimental.

El suelo es un aridisol de origen aluvial, clasificado como Typic Camborthids. El análisis de fertilidad de una muestra compuesta del suelo superficial (20 cm de profundidad) mostró una textura arcillosa, porcentaje de materia orgánica medio (2,4 %) y concentraciones altas de P, Ca y K (42, 1500 y 152 mg·kg⁻¹, respectivamente). El pH es alcalino y la conductividad eléctrica baja.

Los materiales vegetales utilizados fueron maíz CENIAP PB8 y quinchoncho ICPL 87119. El diseño utilizado fue de bloques al azar con cinco repeticiones de los siguientes seis tratamientos: maíz monocultivo sin fertilizar (MS), maíz monocultivo fertilizado (MF), asociación maíz-quinchoncho sin fertilizar (MQS), asociación maíz-quinchoncho fertilizada (MQF), quinchoncho monocultivo sin fertilizar (QS) y quinchoncho monocultivo fertilizado (QF). Cada unidad experimental constó de 8 hilos de 7 m de largo en el caso de los monocultivos y 16 hilos de igual longitud en las asociaciones, con un arreglo de hileras alternas.

El monocultivo maíz se sembró con un espaciamiento de 0,80 m entre hilos y 0,20 m entre plantas para una densidad de 62.500 plantas·ha⁻¹, considerada como óptima en las zonas productoras más cercanas al lugar de trabajo. El monocultivo de quinchoncho tuvo una densidad de 50.000 plantas·ha⁻¹, con una separación de 0,80 m entre hilos y 0,25 m entre

plantas. Las parcelas asociadas contenían iguales densidades de cada especie en monocultivo, de manera que la población total era de 112.500 plantas·ha⁻¹ con una separación de 0,40 m entre hileras y las mismas distancias entre plantas antes señaladas para cada especie. El maíz se sembró 20 días después de la siembra (dds) del quinchoncho, para contrarrestar la mayor tasa de crecimiento típica de la gramínea (planta C4), lo cual conferiría una ventaja inicial a ésta. Por lo tanto, el experimento fue de tipo aditivo con siembra escalonada, en el cual se partió de los monocultivos de referencia en densidades óptimas para construir el cultivo asociado (Vandermeer, 1992).

La fertilización de ambos cultivos se hizo según las recomendaciones para el maíz en la zona, de una mezcla de fosfato diamónico y úrea que proporcionan el equivalente a 120 kg·ha⁻¹ de N y 30 kg·ha⁻¹ de P. El producto se aplicó en el camellón fraccionando la mitad en el momento de la siembra y la otra a los 35 días. No se aplicó potasio por su alto contenido en el suelo.

Para evaluar la acumulación de N, P y K en el tejido de las plantas de los distintos tratamientos se utilizaron muestras compuestas de cinco submuestras, correspondientes a los estadios vegetativo, floración y maduración en cada especie. Con las concentraciones promedio de N, P y K obtenidas más los pesos secos totales por planta se calculó la acumulación promedio de los nutrientes por planta en cada tratamiento. Con los datos de rendimiento para cada cultivo se calcularon las eficiencias de conversión absoluta en términos de granos producidos por nutriente acumulado. Los valores absolutos de absorción y conversión fueron empleados para estimar las eficiencias relativas y la relación de equivalencia de la tierra (RET), según Trenbath (1986). Para este autor si la absorción de un nutriente dado por el monocultivo maíz en kg·ha⁻¹ es A_{mm} y en la asociación es A_{ma} , y sus eficiencias de conversión respectivas (kg de granos por kg de nutriente absorbido) son E_{mm} y E_{ma} , siendo los valores correspondientes al quinchoncho A_{qm} , A_{qa} , E_{qm} y E_{qa} , entonces la RET para el uso del nutriente se calcula como:

$$RET = \left[E_{mm}E_{ma} \left(\frac{A_{mm}}{A_{ma}} \right) + \left(\frac{A_{qm}}{A_{qa}} \right) \left(\frac{E_{qm}}{E_{qa}} \right) \right]$$

Entonces, si consideramos que:

$$at = \left(\frac{A_{ma}}{A_{mm}} \right) - 1; \quad et = \left(\frac{E_{ma}}{E_{mm}} \right) - 1; \quad aa = \left(\frac{A_{qa}}{A_{qm}} \right) - 1 \quad \text{Y} \quad ea = \left(\frac{E_{qa}}{E_{qm}} \right) - 1,$$

y se reorganizan los términos, quedaría:

$$RET = 1 + (1 + am + aq) + (em + eq) + [(am \cdot em) + (aq \cdot eq)]$$

donde el primer término proporciona la desviación de la RET respecto a la unidad debida a diferencias de absorción del nutriente por el maíz y el quinchoncho en asociación y en monocultivos; el segundo término es la contribución de las eficiencias de conversión relativas a la RET y el último factor es la contribución de la interacción entre absorción y eficiencia de conversión a la RET, el cual es considerado como el residual. El método permitió estimar la contribución de la absorción, de la eficiencia conversión y de la interacción entre ambos factores o residual en la determinación del valor de la RET.

Los resultados fueron analizados utilizando el programa SAS versión 8.0 a través de análisis de variancia y comparación de medias por t-student. El método utilizado para el análisis univariado fue un factorial de 2 x 2, tomando en cuenta para cada especie los factores de sistema de cultivo (monocultivo y asociado) y fertilización (sin fertilizar y fertilizado).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, y con relación al crecimiento de ambas especies, la tasa de incremento del peso seco en el maíz tendió a decrecer luego de la fase de fructificación mientras que en el quinchoncho la tendencia fue a incrementar a partir de esa fase, lo cual se atribuyó a las características propias de cada especie vegetal (Figuras 1 y 2).

Los Cuadros 1 y 2 presentan, respectivamente, las concentraciones de N, P y K en maíz y quinchoncho en monocultivo y asociación durante las fases de crecimiento vegetativo, reproductivo y maduración. Los valores encontrados en maíz son comparables con los publicados por Benton et al. (1995).

En la observación general de los resultados se destaca que no hubo una tendencia clara del efecto de la fertilización sobre la acumulación de nutrientes en las plantas de ambas especies. En maíz, la concentración del N presentó diferencias

significativas ($P \leq 0,05$) para la interacción entre el sistema de cultivo y la fertilización en la fase vegetativa (47 dds) y la fase maduración (90 dds). En el caso del P no se encontró efecto ni de la fertilización ni de la interacción con el sistema de cultivo. Para el caso del K se

detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre los sistemas de cultivo en las fases vegetativa y de maduración, así como un efecto altamente significativo ($P \leq 0,01$) para la interacción entre la fertilización y sistema de cultivo en la fase reproductiva (65 dds).

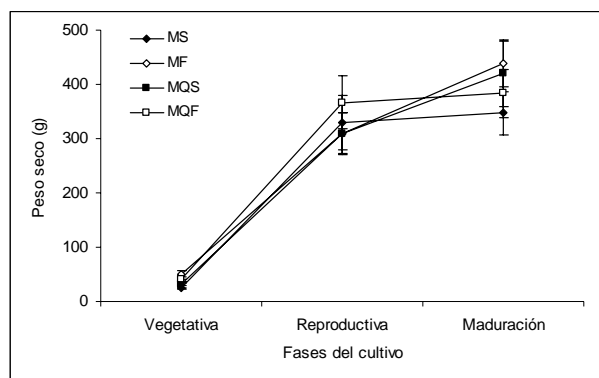


Figura 1. Peso seco de plantas de maíz (M) cultivadas en asociación con quinchoncho (Q), fertilizadas (F) o no (S), en tres fases de crecimiento del cultivo

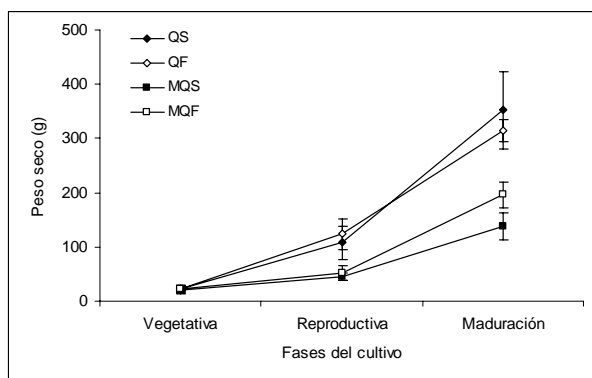


Figura 2. Peso seco de plantas de quinchoncho (Q) cultivadas en asociación con maíz (M), fertilizadas (F) o no (S), en tres fases de crecimiento del cultivo

Cuadro 1. Concentraciones de N, P y K (%) en plantas de maíz (M) en monocultivo y en asociación con quinchoncho (Q), fertilizado (F) o no (S), en tres fases de crecimiento del cultivo

Tratamiento	Fase								
	Vegetativa			Reproductiva			Maduración		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
MS	1,92 ab	0,25 a	3,15 a	1,42 a	0,24 a	1,96 a	1,16 b	0,24 a	2,12 a
MF	2,15 a	0,24 a	2,46 b	1,42 a	0,25 a	0,81 b	1,48 a	0,26 a	1,96 a
MQS	1,95 ab	0,24 a	2,96 a	1,33 a	0,25 a	0,68 b	1,49 a	0,24 a	2,13 a
MQF	1,81 b	0,24 a	2,57 b	1,40 a	0,25 a	1,36 ab	1,13 b	0,25 a	1,79 b
Valor de F	7,4*	1,4 ns	6,4*	0,4 ns	0,9 ns	38,8 **	4,7*	2,2 ns	6,0*
C.V.	40,5	37,4	38,6	20,9	21,6	27,5	25,8	38,7	25,4

Letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas según la prueba de t ($P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$)

ns: no significativo

Cuadro 2. Concentraciones de N, P y K (%) en plantas de quinchoncho (Q) en monocultivo y en asociación con maíz (M), fertilizado (F) o no (S), en tres fases de crecimiento del cultivo

Tratamiento	Fase								
	Vegetativa			Reproductiva			Maduración		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
QS	2,32 a	0,24 a	1,34 a	2,00 b	0,26 a	2,02 a	1,80 ab	0,26 a	0,58 b
QF	2,95 a	0,23 a	1,85 a	2,40 a	0,25 a	2,10 a	2,14 a	0,23 a	0,34 c
MQS	2,58 a	0,24 a	2,29 a	2,41 a	0,27 a	1,25 b	2,20 a	0,26 a	1,40 a
MQF	2,97 a	0,24 a	1,67 a	2,09 b	0,24 a	1,98 ab	1,59 b	0,26 a	1,23 ab
Valor de F	0,3 ns	0,01 ns	2,8 ns	6,5 *	0,3 ns	8,7 *	11,8*	1,9 ns	8,4*
C.V.	41,6	31,1	42,6	40,9	41,7	47,7	34,9	37,1	38,6

Letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas según la prueba de t ($P \leq 0,05$). ns: no significativo

Con respecto al quinchoncho, la respuesta al N mostró diferencias significativas para los sistemas de cultivo en la fase reproductiva (96 dds) y maduración de legumbres (153 dds), con tendencias hacia valores más altos en los monocultivos en el segundo caso. No se detectaron diferencias entre tratamientos con respecto al P. El K mostró un efecto significativo ($P \leq 0,05$) del sistema de cultivo a los 96 y 153 dds, con valores más altos en monocultivos en la fase reproductiva, y para los sistemas asociados en la etapa de llenado o maduración (Cuadro 2).

El Cuadro 3 contiene los valores de absorción de N, P y K estimados a los 90 dds en el maíz y los 153 dds en el quinchoncho, cuando las plantas tenían mazorcas y legumbres maduras. La tendencia general de los valores indica una mayor absorción de nutrimentos en el maíz asociado sin fertilización en comparación con el monocultivo sin fertilizar, en correspondencia con las

concentraciones ya señaladas de estos elementos. Por el contrario, en el quinchoncho hubo mayor acumulación de N en monocultivos fertilizados, pero no se encontró una tendencia clara en cuanto al K. Es decir, el quinchoncho asociado con el maíz resultó desfavorecido en su eficiencia de acumulación de N. En general, los valores de los índices de absorción son consistentes con las curvas de crecimiento presentadas previamente por Quiroz y Marín (2000). Los valores referentes a la extracción de N y P por el monocultivo quinchoncho se ubican dentro del intervalo encontrado por Irizarry y Rivera (1983) para plantas en monocultivo. Globalmente los valores de extracción de N, P y K en el presente trabajo, tanto por plantas de quinchoncho en monocultivo como asociadas, resultaron superiores a los reportados en la India (ICRISAT, 1989), probablemente a causa de diferencias en la fertilidad del suelo.

Cuadro 3. Absorción de N, P y K ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) en maíz y quinchoncho en monocultivos y asociados, en relación con la aplicación de fertilizante

		Maíz		Quinchoncho	
		Monocultivo	Asociado	Monocultivo	Asociado
N	Sin fertilización	220 b	381 a	266 a	127 b
	Fertilizado	213 b	330 a	322 a	196 b
P	Sin fertilización	57 a	67 a	35 a	15 b
	Fertilizado	33 b	62 a	38 a	26 b
K	Sin fertilización	463 b	582 a	79 a	78 a
	Fertilizado	299 b	517 a	42 b	121 a

Letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas según la prueba de t ($P \leq 0,05$)

Los rendimientos y eficiencias de conversión absoluta en términos de granos producidos por peso de nutrimento acumulado para las mismas edades de los cultivos se muestran en los Cuadros 4 y 5.

Las eficiencias de conversión presentaron tendencias opuestas a los de la absorción y puede observarse que los valores de los monocultivos en el maíz superaron a los de las parcelas asociadas, especialmente en presencia de fertilización, mientras que con el quinchoncho ocurrió lo contrario, con excepción del K. Esto significa que la asociación afectó la absorción de N y P en el quinchoncho, pero mejoró la eficiencia de conversión de ambos elementos en comparación con los monocultivos.

Los índices de eficiencias relativas de ambos

procesos son presentados en el Cuadro 6. Los valores positivos para la eficiencia de absorción relativa indican que con o sin aplicación de fertilizantes, la absorción de N, P y K en el maíz asociado resultó mayor que la de los monocultivos respectivos, en tanto que las cifras negativas para el quinchoncho indican la tendencia opuesta, con la salvedad del K. La eficiencia de conversión relativa presentó valores negativos para el maíz independientemente de la aplicación de fertilizante, lo cual significa una disminución en su eficiencia de conversión como cultivo asociado en comparación con el monocultivo, mientras que para el quinchoncho los valores fueron negativos sólo en el K, evidenciando una mayor eficiencia de la leguminosa asociada en el empleo de N y P para el llenado de los granos.

Cuadro 4. Rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) en granos de quinchoncho y maíz, asociados y en monocultivo, en relación con la aplicación de fertilizante

Tratamiento	Maíz	Quinchoncho
Monocultivo sin fertilización	6938	3437
Monocultivo fertilizado	7665	3464
Asociado sin fertilización	7030	3064
Asociado fertilizado	7507	3277
Valor de F	1,3 ns	2,0 ns
C.V.	8,9	8,8

ns: no significativo

Cuadro 5. Eficiencia de conversión de N, P y K (kg de granos por kg de nutrimento) en maíz y quinchoncho en monocultivos y asociados, en relación con la aplicación de fertilizante

		Maíz		Quinchoncho	
		Monocultivo	Asociado	Monocultivo	Asociado
N	Sin fertilización	32 a	19 b	8 b	15 a
	Fertilizado	36 a	21 b	6 b	11 a
P	Sin fertilización	112 a	106 a	62 b	126 a
	Fertilizado	229 a	117 b	53 b	81 a
K	Sin fertilización	14 a	12 a	27 a	25 a
	Fertilizado	25 a	14 b	48 a	18 b

Letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas según la prueba de t ($P \leq 0,05$)**Cuadro 6.** Eficiencia de absorción y de conversión relativa de N, P y K en la asociación maíz-quinchoncho, en relación con la aplicación de fertilizante

	Eficiencia de absorción relativa					
	Maíz			Quinchoncho		
	N	P	K	N	P	K
Sin fertilización	0,73	0,17	0,26	-0,52	-0,57	-0,02
Fertilizado	0,55	0,88	0,73	-0,39	-0,32	1,88
Eficiencia de conversión relativa						
Sin fertilización	-0,41	-0,05	-0,14	0,88	1,03	-0,07
Fertilizado	-0,42	-0,49	-0,44	0,83	0,53	-0,62

Finalmente, el Cuadro 7 presenta los valores de la relación de equivalencia de la tierra (RET) para los nutrimentos, a fin de separar la importancia relativa de la absorción, conversión e interacción de ambas, como determinantes del aumento de la RET sobre la unidad. Estos datos indican que global e independientemente de la aplicación de fertilizante, la asociación maíz-quinchoncho resultó favorable en términos del empleo de N, P y K en relación con los monocultivos, con una ventaja de orden doble respecto a los monocultivos de referencia. En general, la absorción fue el factor de mayor peso como determinante de la RET, con excepción del P en la asociación no fertilizada, en la cual la conversión resultó más importante que la

acumulación. Los residuales resultaron todos negativos reflejando las tendencias opuestas de la absorción y la conversión. El alto valor absoluto del K en la asociación fertilizada está influenciado por la gran absorción relativa del elemento por parte del quinchoncho (1,88 en el Cuadro 6). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en los trabajos de Quiroz y Marín (2003) con los mismos cultivos así como los obtenidos por Chowdhury y Rosario (1994), quienes encontraron valores de RET para N, P y K comprendidos entre 1,29 y 1,44 en una asociación de maíz y frijol, así como una mayor absorción total de nutrimentos en las parcelas asociadas en comparación con los monocultivos.

Tomando en cuenta que la RET para un

nutrimento determinado equivale igualmente a la suma de los productos de la absorción y conversión relativas de las especies participantes (Trenbath, 1986), fue posible separar la contribución de las RET parciales de cada especie, al valor total del índice. Este análisis mostró que sin aplicación de fertilizante los aportes del maíz a la RET total estuvieron entre 53 y 56 % mientras que los de la leguminosa oscilaron entre 47 y 44 %. En las parcelas fertilizadas la situación se invirtió, de manera que los aportes del maíz (34 a 47 %) fueron superados por la participación del quinchoncho, que fluctuó entre 66 y 53 %. Este hecho, que pudiera parecer contradictorio por el mayor grado de afectación de la leguminosa en la asociación señalada anteriormente, se podría explicar para el caso del N y P por la menor absorción relativa de esos elementos que estuvo acompañada por un aumento mayor en su eficiencia de conversión; por ejemplo, en el P la eficiencia de absorción relativa fue de -0,57 mientras que la eficiencia de conversión relativa alcanzó 1,03 (Cuadro 6), lo cual no sólo compensó sino que revirtió el efecto de la menor acumulación. En el caso del K la respuesta podría atribuirse a una alta acumulación relativa del elemento que habría permitido superar el efecto de la reducción de su eficiencia de conversión relativa.

Cuadro 7. Relación de equivalencia de la tierra (RET) para los nutrimentos y contribución de la absorción, conversión e interacción (residual) en relación con la aplicación de fertilizante en la asociación maíz-quinchoncho

	Sin fertilizante			
	RET	Absorción	Conversión	Residual
N	1,92	1,21	0,47	-0,76
P	1,99	0,60	0,98	-0,59
K	1,99	1,24	-0,21	-0,04
	Con fertilizante			
	RET	Absorción	Conversión	Residual
N	2,02	1,16	0,41	-0,55
P	2,00	1,56	0,04	-0,60
K	2,06	3,61	-1,06	-1,49

CONCLUSIONES

La eficiencia de absorción del nitrógeno y potasio por el maíz, resultaron mayores en la asociación no fertilizada, y para nitrógeno, fósforo y potasio en la combinación fertilizada, que en los

monocultivos respectivos. En el quinchoncho, independientemente del nivel de fertilización, la acumulación de nitrógeno y fósforo fue significativamente menor para los monocultivos, aunque no hubo diferencias con relación al elemento potasio.

La eficiencia de conversión de nutrimentos presentó tendencias opuestas a las de la absorción.

Los valores de la RET indicaron ventajas de las asociaciones sobre los monocultivos, independientemente de la aplicación de fertilizante.

Existen ventajas de la asociación maíz y quinchoncho en cuanto a la eficiencia de uso de los nutrimentos, nitrógeno, fósforo y potasio en términos de la producción de granos.

LITERATURA CITADA

1. Altieri, M. 1990. Sistemas agroecológicos alternativos para la producción campesina. Primer Encuentro Agroecológico de América Latina y el Caribe. Cochabamba, Bolivia. pp. 4-36.
2. Benton, J., B. Wolf y H. Mills. 1995. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro. International. Inc., Athens. Georgia. USA. 213 p.
3. Bulson, H.A., R.W. Snaydon y C.E. Stopes. 1997. Effect of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. *J. Agric. Sci.* 128: 59-71.
4. Chowdhury, M.K. y E.L. Rosario. 1994. Comparison of nitrogen, phosphorus and potassium utilization efficiency in maize/mungbean intercropping. *J. Agric. Sci.* 122: 193-199.
5. ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). 1989. Pigeonpea. Patancherú, India. 130 p.
6. Irizarry, H. y E. Rivera. 1983. Nutrient uptake and dry matter accumulation by intensively managed pigeonpeas grown on a Corozal Clay and Ultisol. *J. Agric. Univ. Puerto Rico.* 67(3): 12-17.
7. Marín, CH. D. 1996. Crecimiento, rendimiento

- en granos e intercepción de radiación en una asociación canavalia-sorgo con siembra escalonada. *Agron. Trop.* 46 (2):129-154.
8. Marín, CH. D., Y. Olivar y R. Cavanerio. 1998. Crecimiento, y rendimiento en granos en una asociación de maíz (*Zea mays* L.) y caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) con siembra simultánea. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 15: 297-311.
 9. Neumann, A., K. Schmidtke y R. Rauber. 2007. Effect of crop density and tillage system on grain yield and N uptake from soil and atmosphere of sole and intercropped pea and oat. *Field Crops Research* 100: 285-293.
 10. Quiroz, A. y D. Marín. 2000. Evaluación de la asociación maíz-quinchoncho con siembra escalonada y dos niveles de fertilización. I. Fenología y crecimiento. *Agron. Trop.* 50(1): 99-122.
 11. Quiroz, A. y D. Marín. 2003. Rendimiento en granos y eficiencia de una asociación maíz y quinchoncho con o sin fertilización. *Bioagro* 15(2): 121-128.
 12. Reiter, K., K. Schmidtke y R. Rauber. 2002. The influence of long term tillage system on symbiotic N₂ fixation of pea (*Pisum sativum* L.) and red clover (*Trifolium pretense* L.) *Plant Soil* 238: 41-55.
 13. Schmidtke, K., A. Neumann, C. Hof y R. Rauber. 2004. Soil and atmospheric nitrogen uptake by lentil and barley as monocrops and intercrops. *Field Crops Research* 87: 245-256.
 14. Trenbath, B.R. 1986. Resource use by intercrops. *In: C.A. Francis (ed). Multiple Cropping Systems.* Macmillan Publishing. New York. 126 p.
 15. Vandermeer, J. 1992. The ecology of Intercropping. The Press Syndicate. Cambridge Univ. Cambridge.
 16. Wachquant, J.P., M. Ouknider y P. Jacquard. 1989. Evidence for a periodic excretion of nitrogen by roots of grass-legume associations. *Plant and Soil.* 116: 57-68.
 17. Willey, R.W. 1985. Evaluation and presentation of intercropping advantages. *Exp. Agric.* 21: 119-133.
 18. Zhang, F. y L. Li. 2003. Using competitive and facilitative interactions intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. *Plant and Soil.* 248: 305-312.