

Factibilidad económico-energética de las asociaciones de sorgo con soya*

Álvaro Arias Vega (1), Leandro Marrero Suárez (2).

- (1) Facultad de Ciencias Agropecuarias. Dpto. de Zootecnia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
(2) Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

RESUMEN. El presente trabajo se desarrolló en la Estación Experimental "Álvaro Barba Machado"; con el objetivo de determinar el comportamiento de las variedades de sorgo CIAP-6 (blanco) y CIAP-2 (morado) en monocultivo y asociados con soya. Se procedió a la determinación de la eficiencia energética por tratamiento, el Uso Equivalente de la Tierra (U.E.T), así como el cálculo del nivel de daño causado en los tratamientos por la incidencia de plagas sobre los cultivos. Se aplicó un análisis de varianza en correspondencia con un diseño Cuadrado Latino en la variable energía metabolizable en miles de megacalorías por hectárea (Mcal/ha). En el caso del UET, se aplicó para la comparación contra el monocultivo una prueba t de Student para una media poblacional a través del Modulo One Sample Analysis del Statgraphigs Plus Versión 7.1 y para la comparación del UET obtenido en las dos variedades de sorgo se aplicó la misma prueba. Se realizó un análisis de factibilidad económica preliminar para el tratamiento con mejor comportamiento. Los resultados del trabajo reflejan que, tal y como se reporta en la literatura, las asociaciones de gramíneas con leguminosas representan una importante opción en el trópico, mejorándose no solo los rendimientos, sino la eficiencia energética y económica de los sistemas agrícolas, así como el mejor uso de la tierra y la disminución en la incidencia de plagas en los cultivos, disminuyendo, de forma significativa, el nivel de riesgo en los sistemas agrícolas diversificados.

Palabras clave: Asociación, sorgo, soya, eficiencia energética.

ABSTRACT. The present work was developed in Experiment Station "Alvaro Barba Machado". Its objective was to determine the grain sorghum plant varieties CIAP-6 (white) and CIAP-2 (red) behavior as monoculture and in cultivation associated with soy bean. The sorghum-soy bean proportion in the association was of 66:33. The energy efficiency for treatment and the earth equivalent use (E.E.U) were determined. The level of damage caused by the incidence of plague diseases on the cultures was calculated. A variance analysis was applied in agreement with a Latin Square design for the metabolizable energy (ME) variable (1000 Mcal ME/hectare.) To the UET values, the comparison against the monoculture a test's t Student for a populational stocking through the I Modulate One Sample Analysis of the Startgraphigs Bonus, Version 7.1 was applied and for the comparison of the UET values obtained in the two grain sorghum varieties was applied the same comparison. The preliminary feasibility economic analysis for de better behavior treatment was carried out. The results of this work reflect that, as in the literature reports, the gramineous-leguminous associations represent an important option in the tropic, improving the yields, and the energetic and economic efficiency of the agricultural systems too, as well as the best use of the earth and the decrease in the culture plague incidences, significantly reducing the level of risk in the diversified agricultural systems.

Key words: Culture association, *sorghum*, soy bean, energy efficiency.

INTRODUCCIÓN

En varias partes del mundo los policultivos forman parte del paisaje agrícola, constituyendo, por lo menos, el 80 % del área cultivable de África Occidental (Steiner, 1984).

En los últimos años se han experimentado incrementos importantes en la producción de alimentos en el mundo, particularmente en aquellos de origen animal; los diversos factores

para que ocurran estos extraordinarios cambios, tanto cuantitativamente como cualitativamente, en la producción animal, radican en el gran aumento que han tenido en el mundo las producciones vegetales, en cereales y soya principalmente, de las cuales más de la mitad se destina al consumo animal (Montilla, 1994).

El uso de los policultivos es el sistema de manejo que mayor incidencia positiva tiene sobre los elementos agroproductivos medibles,

* III Simposio de Agronomía

pues mejora la fertilidad del suelo, disminuye la erosión, así como el ataque de plagas, enfermedades y malezas; además eleva el reciclaje de los nutrientes del suelo, aumenta los rendimientos por área, reduce los costos e incrementa la eficiencia en el uso de la tierra y otros insumos (Quintero, 1995). Este incremento en la superficie de uso de la tierra es importante en diversas partes del mundo, donde los predios son pequeños debido a limitaciones económicas, o donde la producción de cultivos está limitada a la cantidad de tierra disponible factible de ser trabajada a mano, en un lapso de tiempo restringido (Liebman, 1996).

El presente estudio centró su objetivo en la posibilidad de utilizar este tipo de asociación para mejorar no solo la efectividad en el uso más racional de la tierra, sino la factibilidad de potenciar las bondades de la diversificación del sistema, con la finalidad de proveer a los animales de un alimento de mayor calidad nutritiva, traduciéndose en una mayor respuesta en la producción, sin afectar los rendimientos en grano del sorgo, como cultivo principal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en la Estación Experimental "Álvaro Barba Machado" de la UCLV, perteneciente al Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP). Se emplearon en el trabajo dos variedades de sorgo (*Sorghum bicolor*): CIAP-6 (variedad blanca) y CIAP-2 (variedad morada) como cultivos principales y como leguminosa, la soya, variedad Júpiter (*Glycine max* (L.) Merrill). Se emplearon cuatro (4) tratamientos:

- No. 1: CIAP-6 (monocultivo)
- No. 2: CIAP-6 + soya (policultivo)
- No. 3: CIAP-2 (monocultivo)
- No. 4: CIAP-2 + soya (policultivo).

Se utilizó el sorgo como cultivo principal y la soya como secundario, de tal forma que el primero representó las dos terceras partes del área (66,7 %) y la soya un 33,3 %. Se utilizó un diseño Cuadrado Latino con cuatro (4) réplicas y 16

parcelas en total, más cuatro parcelas de soya como cultivo puro, para propiciar la posterior estimación del Uso Equivalente de la Tierra (UET), según Vandermeer (1991).

Se aplicó un análisis de varianza en correspondencia con un diseño Cuadrado Latino en las variables forraje, grano, proteína. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Duncan (1955), para lo cual se empleó el Módulo GLM de SAS Versión 6.1 de 1990. Para medir la eficiencia energética se calcularon los gastos totales de energía, calculados para una hectárea de trabajo. La factibilidad económica se estimó partiendo de las potencialidades para la producción láctea que como alimento posee el mejor tratamiento (CIAP-6 + soya) como forraje mixto y el nivel de daño causado en los diferentes tratamientos se estimó mediante el conteo físico de los daños y valiéndonos del método práctico de la cuadrícula.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 aparece reflejada la eficiencia energética/tratamiento (Kcal de productos/Kcal de insumos); como puede apreciarse los valores arrojan resultados muy favorables con tendencia a ser mayores en el caso de ambos policultivos; estos valores coinciden ligeramente (aunque son superiores) con los reportados por Pimentel (1980), citado por Masera (1996), para el caso del maíz desarrollado con trabajo manual (10 Kcal producto/Kcal insumo), aunque parece evidente que en este caso se empleó algún agroquímico u otro soporte energético que repercutió en la reducción de la eficiencia energética, dado que, precisamente el maíz, es uno de los alimentos naturales que más energía produce por unidad de área cultivada. Sin embargo, la abundante bibliografía revisada no aborda este aspecto que, a nuestro juicio, permite apreciar, mediante un balance de los gastos y la producción de energía útil, la eficiencia del sistema en este aspecto que, evidentemente, parece potenciarse en el caso de los policultivos.

Tabla 1. Eficiencia energética/tratamiento (Kcal producida/Kcal de insumo)

Tratamientos	Eficiencia energética
CIAP-6	10,83
CIAP-6 + Leg.	12,13
CIAP-2	11,46
CIAP-2 + Leg.	11,79

Los sistemas alimentarios modernos enfrentan hoy grandes problemas desde el punto de vista energético: el aumento de la dependencia de combustibles fósiles y la disminución de la eficiencia energética de la producción de cultivos (Gligo, 1986 y Pimentel, 1989; citados por Masera, 1996). En la mayoría de los países, los sistemas alimentarios dependen actualmente de un subsidio energético importante para la producción, procesamiento y distribución de los alimentos.

En nuestro trabajo se empleó una tecnología de bajos insumos, lo cual indudablemente influyó en los valores alcanzados, y en este caso el empleo de policultivos mejoró la eficiencia energética.

La tabla 2 refleja los resultados obtenidos en el Uso Equivalente de la Tierra (UET) y su correspondiente análisis estadístico, encontrándose valores de 1,3 y 1,14 para los tratamientos 2 (CIAP-6 + soya) y 4 (CIAP-2 + soya), respectivamente; estos valores son inferiores a los reportados por Natarajan y Willey (1981), citados por Liebman (1996), quienes reportaron un UET de 1,60 para asociaciones de sorgo con soya, aunque parece evidente que, de acuerdo con las sugerencias de Vandermeer (1991), en este caso se utilizaron densidades de plantación mayores.

Tabla 2. Uso Equivalente de la Tierra (UET)

	UET	Esx
CIAP-6 + Leg.	1,30a	± 0,04
CIAP-2 + Leg.	1,14 b	± 0,03
Monocultivo	1,0 c	-

Letras desiguales difieren para $p < 0,01$

Hernández *et al.* (1995) reportaron valores del UET que oscilaron entre 1,6 y 1,9 en diferentes asociaciones, lo cual refleja la factibilidad de su empleo, aumentándose en todos los casos la eficiencia de utilización de la tierra; señala este autor que desde el punto de vista agronómico se brinda una mayor estabilidad en la producción, ya que tiende a asegurar alimentos y disminuir el riesgo de pérdida total, dando a su vez una respuesta económica más favorable.

Quintero (1995) reporta un número importante de asociaciones en las que el comportamiento del UET fue muy favorable en todos los casos e igualmente señala una menor afectación de las plagas en los cultivos; sus combinaciones fueron fundamentalmente entre cultivos viandas y hortalizas. Los valores obtenidos por este autor son realmente altos, oscilando entre 1,98 y 2,18 y concluye señalando que el uso de estos sistemas puede llegar a tener un peso muy importante en el mayor aprovechamiento de los recursos disponibles y sobre todo cuando estos son escasos.

Leyva (1995), reporta la factibilidad de utilizar policultivos, fruto de investigaciones en las que se han estudiado intercalaciones de leguminosas como la soya en la caña de azúcar, aumentando los rendimientos de esta última, respecto al testigo sin leguminosas, aumentándose con ello la eficiencia en la utilización de la tierra.

Valores del UET, reportados por Alvarez (1996), oscilan entre 1,11 y 1,24 en asociaciones utilizando igualmente tecnologías de bajos insumos.

Trabajos reportados por León (1997) en asociaciones de sorgo-soya, sorgo-frijol, arrojaron valores del UET entre 1,5 y 1,6, aunque en este caso se utilizaron densidades mayores.

En nuestro trabajo se utilizaron densidades de plantación muy semejantes, por tanto existen razones para estimar que estamos en presencia de un proceso de facilitación. En este sentido Liebman (1996) señala que si una de las especies componentes de un policultivo es una leguminosa portadora de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico, este puede ser transferido

a la no leguminosa asociada, incrementándose su rendimiento de modo importante; varios autores reportados por este autor observaron este fenómeno: Agbool y Fayemi (1972), Kapoor y Ramakrishnan (1975) y Eagleshman (1981). Continúa apuntando Liebman, que incluso cuando no es transferido directamente de la leguminosa a la no leguminosa, la fijación de nitrógeno atmosférico por las primeras para satisfacer sus propias necesidades, puede prescindir de las provisiones de nitrógeno del suelo, para que este quede a mayor disposición de las no leguminosas asociadas (De Wit *et al.*, 1966; Martin y Snaydon, 1982, citados por Liebman en el propio trabajo).

En la tabla 2 se aprecia que el análisis estadístico arrojó diferencias significativas a favor de los tratamientos con policultivos, siendo de estos el de mejor comportamiento el tratamiento 2 (CIAP-6 + soya). La figura 1 ayuda a ilustrar las diferencias entre el monocultivo y el policultivo en cuanto a la eficiencia con que este último supera al primero, pues permite cosechar una mayor producción por unidad de superficie, que en un área equivalente sembrada en parcelas separadas de monocultivos (Liebman, 1996).

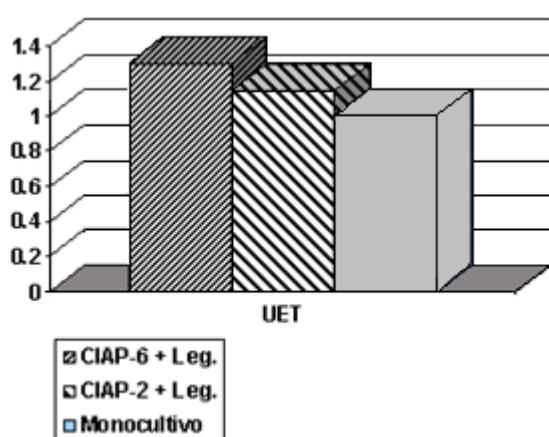


Figura 1. Referencia gráfica de los datos de la tabla 2

La tabla 3 refleja un análisis económico preliminar, bajo el supuesto de hacer efectiva la producción obtenida, con la finalidad, en esta ocasión, de suministrar el forraje a vacas lecheras y comercializar la semilla de sorgo

obtenida. Partimos, en este caso, de que se trata de un sistema integrado donde los animales forman parte del mismo y de hecho tributan hacia él; bajo esta concepción, un sistema de este tipo no resultaría ventajoso si el forraje se produce para la comercialización o venta a otros productores, pues este se subvaloraría, por el contrario empleándose dentro del sistema, para la producción de leche, se eleva considerablemente su valor de uso. Esta integración ganadería-agricultura a pequeña escala evidencia sus ventajas y estimula el uso de policultivos, con la finalidad de producir alimento para los animales, lo cual mejora en el tiempo la productividad de las áreas agrícolas, el suelo, la sanidad vegetal, etc.

Tabla 3. Factibilidad Económica/ha (CIAP-6 + Leg.)

Aspectos	\$
Gastos totales	1 124
Venta de leche	2 079
Venta de grano	1 580
Valor total de producción	3 659
Ganancia	2 535
Costo/beneficio	0,44 \$/peso

El estudio se realizó en base a una hectárea, tributaria del forraje que sería ofertado en la vaquería; se consideró un valor de consumo para el forraje mixto más bajo que el reportado por García Trujillo y Cáceres (1984), encontrándose que el nutriente limitante fue la energía, estimándose la producción a alcanzar por la fijada por esta, que fue de 3,5 litros/vaca. El forraje producido en esta área considerada equivale a 6,907 t de MS/ha, lo cual generaría, de acuerdo a los cálculos y según el valor de consumo estimado (1,5) y la capacidad de ingestión de las vacas, un total de 742 raciones (MS de forraje) que pueden ser consumidas en 12 días por 60 vacas en ordeño, bajo esa estimación se procedió para la sustentación razonable de este análisis.

Como se señaló anteriormente el costo de venta de leche se escogió entre los más bajos, así como el precio del grano de sorgo, de igual forma se procedió con el nivel de consumo del forraje verde, esto, a nuestro juicio, constituyó un cierto margen de seguridad a la hora de ofrecer un

criterio sobre la factibilidad económica del policultivo, en este caso se empleó como referencia el CIAP-6 + soya, que fue el de mejor comportamiento.

El resultado de 0,44 \$/peso en la relación costo/beneficio es una muestra de la factibilidad del empleo de los policultivos integrados con explotaciones animales, independientemente de que el trabajo no llega a abordar los beneficios que los propios animales reportan a las áreas agrícolas como es el caso de la producción de estiércol que, unido a los residuos de cosecha, pajas y rechazos de los propios animales, pueden ser empleados para la fabricación de compost de alta calidad, con lo cual se puede reducir o eliminar la compra de fertilizantes.

En la figura 2 aparece reflejada la incidencia de plagas y el daño ocasionado por estas en la soya, tanto en asociación como en monocultivo; el sorgo no experimentó ningún tipo de daño visible. En la soya en monocultivo se calculó, a través de muestreos realizados durante la cosecha, que un 62 % de las hojas se encontraban dañadas por el ataque de crisomélidos (*Andrector ruficornis*, fundamentalmente) y el nivel de daños alcanzó como promedio hasta el 26 % del área foliar en contraste con un 23 % y un 8 %, respectivamente, para el caso de la soya en la asociación. Estas evidentes diferencias entre el nivel de daños experimentado por la soya asociada y en monocultivo parecen indicar que, ciertamente, la gramínea jugó un papel protector sobre la leguminosa, creando una especie de barrera de difícil acceso para los crisomélidos, que fueron los responsables casi exclusivos de los daños ocasionados en la soya. En este sentido, Vandermeer (1991) plantea que se trata en este caso de un proceso bien conocido de facilitación en cultivos intercalados donde tiene lugar la protección contra las plagas, especialmente insectos. Los trabajos reportados por Alvarez (1996) y León (1997) arrojan igualmente un efecto protector de las gramíneas sobre la leguminosa asociada, con daños significativamente inferiores en esta en comparación con el monocultivo. Aunque la soya manifiesta un buen comportamiento ante una evidente defoliación, en nuestro trabajo este

aspecto resulta de importante consideración, sobre todo porque las hojas constituyen el componente fundamental y más nutritivo del forraje cosechado.

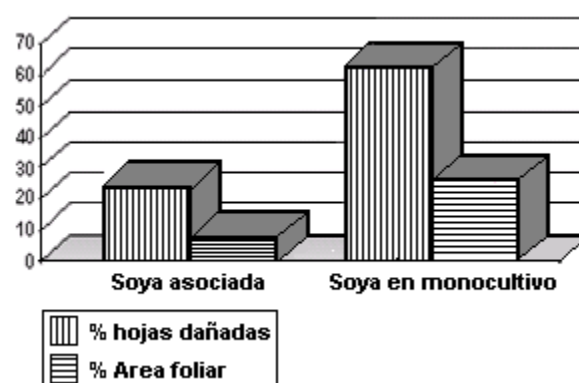


Figura 2. Nivel de daño en la soya asociada y en el monocultivo

CONCLUSIONES

1. La asociación de sorgo con soya puede aumentar los rendimientos de forraje verde por unidad de área entre un 14-30 %, en comparación con la misma área cosechada del monocultivo; el proceso de facilitación que se verifica en este caso constituye una ventaja innegable a favor de los policultivos donde se asocian gramíneas con leguminosas.
2. Es evidente que el sorgo desempeña un papel protector hacia la soya y esta, en recompensa, le brinda un hábitat más propicio para su desarrollo; la reducción considerable del ataque de plagas en la leguminosa y el mejor comportamiento del sorgo, así lo demuestran.
3. El empleo de este tipo de asociaciones puede constituir una vía importante para el ahorro de proteína en las explotaciones animales, siendo este el nutriente más costoso que conforma sus raciones.

RECOMENDACIONES

1. Continuar desarrollando trabajos en policultivos en los que se empleen, además de soya, otras leguminosas que permitan evaluar otras asociaciones como alimento animal.

2. Estudiar otras densidades y proporciones variables de gramíneas y leguminosas en asociación, incluyendo otras épocas del año, para lograr un mayor conocimiento y optimización de estos agroecosistemas, que hagan posible disminuir los riesgos al aumentar la diversificación de los mismos.

de cultivos múltiples. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", 23-24 de mayo.

Steiner, K. G. (1984): Intercropping in tropical smallholder Agriculture with special preference to west Africa. Znd. De. Deutsche. Gessell Techm. (GTZ) Federal Rep. Germany. Esch. born.

Vandermeer, J. (1991): Policultivos: La teoría y evidencia de su factibilidad. Conferencia. Department of Biology, University of Michigan, EE.UU.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, U. (1996): Cultivo de maíz y calabaza intercalados y en monocultivo. Su influencia sobre la entomofauna y rendimientos. Tesis de Maestría, CIAP, UCLV.

Duncan, D. B. (1955): "Multiple range and multiple F". *Test. Biometrics*. 11: 1.

García Trujillo, R. A. y O. Cáceres (1984): Nuevos sistemas para expresar al valor nutritivo de los alimentos y el requerimiento de los rumiantes. E.E.P.F. "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.

León, María del Carmen (1997): Estudio de policultivos para una agricultura de bajos insumos en la localidad de Santa Clara, Villa Clara. Tesis en opción al título académico de Master en Agricultura Tropical Sostenible, CIAP, UCLV.

Leyva, A. (1995): Sistemas de cultivos múltiples en la caña de azúcar. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimítrova", Asociación Cubana de Agricultura Orgánica, I Curso Taller "Sistemas de Cultivos Múltiples".

Liebman, M. (1996): Sistemas de policultivos. Agroecología y Agricultura Sostenible. Módulo II. Curso para Diplomado de postgrado, CLADES. CEAS-ISCAH.

Masera, O. y Marta Astier (1996): Energía y sistema alimentario en México; aportes de la agricultura alternativa. Curso para diplomado. Agroecología y Agricultura Sostenible. Módulo I. CLADES. CEAS-ISCAH.

Montilla, J. J. (1994): Agricultura para la alimentación de cerdos en el trópico. II Encuentro Regional de Nutrición y Alimentación de Monogástricos. ICA, ISCAH, Cuba, pp. 1-7.

Quintero, P. L. (1995): Uso de policultivos en áreas de producción agrícola. Primer curso taller. Sistemas