

INTERCULTIVO SORGO-SOJA: UNA ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

G. Giambastiani^{*}, G. Mamani

Departamento de Producción Vegetal, Fac. Cs. Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Felix Aldo Marrone 746 - Ciudad Universitaria.

*ggiamba@agro.unc.edu.ar

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la productividad del intercultivo sorgo-soja y su contribución a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Se sembraron de forma intercalada hileras de soja y de sorgo de acuerdo a diferentes arreglos espaciales, además de la siembra convencional de sorgo y soja (cultivos puros). La eficiencia productiva de los diferentes arreglos del intercultivo, medida a través del índice Rendimiento Relativo (RR) dependió de la proporción de hileras de cada cultivo componente. El rango de valores de RR para materia seca total (MST) osciló entre 0,97 y 1,48, en tanto que para producción de granos varió entre 0,96 y 1,31. La soja presentó el balance de carbono más negativo al contrario que el sorgo. El intercultivo disminuyó notablemente el balance de carbono negativo de la soja. Se concluyó que el intercultivo sorgo-soja puede contribuir positivamente a la productividad y sustentabilidad de los sistemas agrícolas.

Palabras clave: *productividad - sostenibilidad – granos*

INTRODUCCIÓN

Más del 50% de la superficie agrícola en la provincia de Córdoba está ocupada por el cultivo de soja. Esto constituye un factor de deterioro de la calidad de los suelos debido al balance de carbono negativo producto del escaso aporte y alta tasa de descomposición de los rastrojos de este cultivo (Broder y Wagner, 1988; Studdert y Echeverría, 2000; Alvarez y Steimbach, 2006). Para atenuar estas consecuencias negativas se recomienda disminuir la frecuencia de soja en la secuencia de cultivos y aumentar la participación de gramíneas que aporten mayor cantidad de rastrojos como por ejemplo el sorgo granífero (Plaza Bonilla, et al., 2016; Alvarez et al., 2014).

Un intercultivo consiste en la siembra de dos o más cultivos en el mismo espacio y con distintos grados de superposición en el tiempo. La ventaja más frecuente de este sistema es la obtención de un mayor rendimiento por unidad de superficie y tiempo debido a la combinación de cultivos con diferente habilidad de enraizamiento, estructura de canopia, altura y requerimiento de nutrientes que permite la utilización complementaria y más eficiente de los recursos para el crecimiento (Lithourgidis et al., 2011; Li et al., 2006). En este sentido, la combinación de leguminosas con gramíneas es uno de los sistemas más utilizados, y el intercultivo de sorgo con soja es una posibilidad para nuestra región.

Se carecen de antecedentes locales sobre productividad del intercultivo sorgo-soja. En estudios realizados en otros países se lograron mejoras en la producción de granos de entre 11 al 97% (Wahua y Miller, 1978; Mohta y De, 1980; Singh y Jain, 1984, citados por Ofori y Stern, 1987; Ghosh et al., 2006; Egbe, 2010), sin embargo Quainoo et al. (2000) obtuvieron valores negativos de entre 7 y 12%.

En qué medida la práctica del intercultivo puede afectar positivamente la sustentabilidad ambiental de los sistemas agrícolas es un tema escasamente abordado. El potencial de almacenamiento de carbono de un suelo en los agroecosistemas depende en gran medida de la actividad biológica del suelo y de la cantidad y calidad de las entradas anuales de carbono (Bolinder et al., 2008). En este sentido es esperable que un aumento en la productividad por unidad de superficie aumente las entradas de carbono al sistema y por ende mejore la sustentabilidad del mismo.

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la capacidad de diferentes arreglos espaciales del intercultivo sorgo-soja para mejorar la productividad y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas.

DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS O AVANCES EN EL TEMA

Materiales y metodologías necesarias para alcanzar resultados

Los experimentos se realizaron en el Área Experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba (31° 19' LS, 64° 13' LO), ubicado en camino a Capilla de los Remedios Km 15 ½, sobre un suelo Haplustol éntico, franco limoso en superficie y en subsuelo, con drenaje bueno y con Capacidad de Uso III e Índice de Productividad 68.

Las siembras se realizaron el 20/12/11 y el 4/11/12 con los cultivares AW9737 de sorgo y DM 52i de soja. El control de malezas se hizo con glifosato en soja pura, atrazina en sorgo puro y s-metolaclo en el intercultivo. Los insecticidas clorpirifos y deltametrina se utilizaron para controlar pulgón verde de los cereales en sorgo y defoliadoras en soja. Las dosis utilizadas fueron las recomendadas de acuerdo al marbete de cada producto.

Los tratamientos evaluados fueron distintos arreglos espaciales del intercultivo sorgo-soja: 1sg1sj (una hilera de sorgo intercalada con una hilera de soja), 1sg2sj (una hilera de sorgo intercalada con dos hileras de soja), 1sg3sj (una hilera de sorgo intercalada con tres hileras de soja), 2sg2sj (dos hileras de sorgo intercaladas con dos hileras de soja) y 2sg1sj (dos hileras de sorgo intercaladas con una hilera de soja), además de los respectivos cultivos puros de sorgo y soja. El distanciamiento entre hileras fue de 52 cm y la distancia entre plantas de 13 cm en sorgo y de 6 cm en soja. Se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento.

En madurez fisiológica se cosecharon, sobre una superficie de 2 m², cada una de las hileras de los distintos arreglos. Las plantas fueron cortadas a nivel del suelo, colocadas en estufa a 60°C hasta peso constante obteniéndose el valor de Materia Seca Total (MST). Las panojas de sorgo y las vainas de soja fueron trilladas mecánicamente y se obtuvo el valor de Materia Seca en Granos (MSG).

Como índice de eficiencia productiva del intercultivo se utilizó el Rendimiento Relativo Total (RRT) que es la suma de los Rendimientos Relativos (RR) de cada uno de los cultivos

componentes del intercultivo, de manera tal que RRsg es la relación entre el rendimiento del cultivo sorgo en intercultivo y el rendimiento del cultivo puro de sorgo, y RRs_j es la relación entre el rendimiento del cultivo soja en intercultivo y el rendimiento del cultivo de soja puro (Ofori y Stern, 1987).

Se estimó el balance de carbono (BC) de cada arreglo de intercultivo en base a la metodología propuesta por Alvarez y Steinbach (2006). Sintéticamente:

$$BC = R * CAH - CO * CM$$

donde:

BC = balance de carbono (t de carbono * ha⁻¹)

R = rendimiento de los cultivos (t de grano * ha⁻¹)

CAH = coeficiente de aporte de humus de los residuos (t de carbono en el humus / t de grano).

Para sorgo y soja se consideró 0,40.

CO = carbono orgánico del suelo de 0 a 30 cm (t de carbono * ha⁻¹).

CM = coeficiente de mineralización de la materia orgánica = 0,057.

Los datos climáticos fueron obtenidos de una estación agrometeorológica ubicada próximo a los experimentos.

Se utilizó el programa Infostat (Di Rienzo, et al., 2017) para el análisis estadístico de los datos y el Test de Duncan para establecer las diferencias significativas de medias.

Resultados observados

La temperatura media durante los experimentos fue ligeramente menor a la histórica en el primer ciclo, y ligeramente superior en el segundo. La radiación solar tampoco varió significativamente con respecto a la histórica aunque el comportamiento fue inverso al de la temperatura media. En ambos ciclos las precipitaciones fueron menores a las históricas, -155 mm en el primero y -167 mm en el segundo.

La productividad del sorgo en la hilera de cultivo, tanto en MST como en MSG, fue mayor en los arreglos de intercultivo con una sola hilera de sorgo y aumentó a medida que se intercaló con mayor cantidad de hileras de soja. La menor productividad por hilera se dio en el cultivo puro

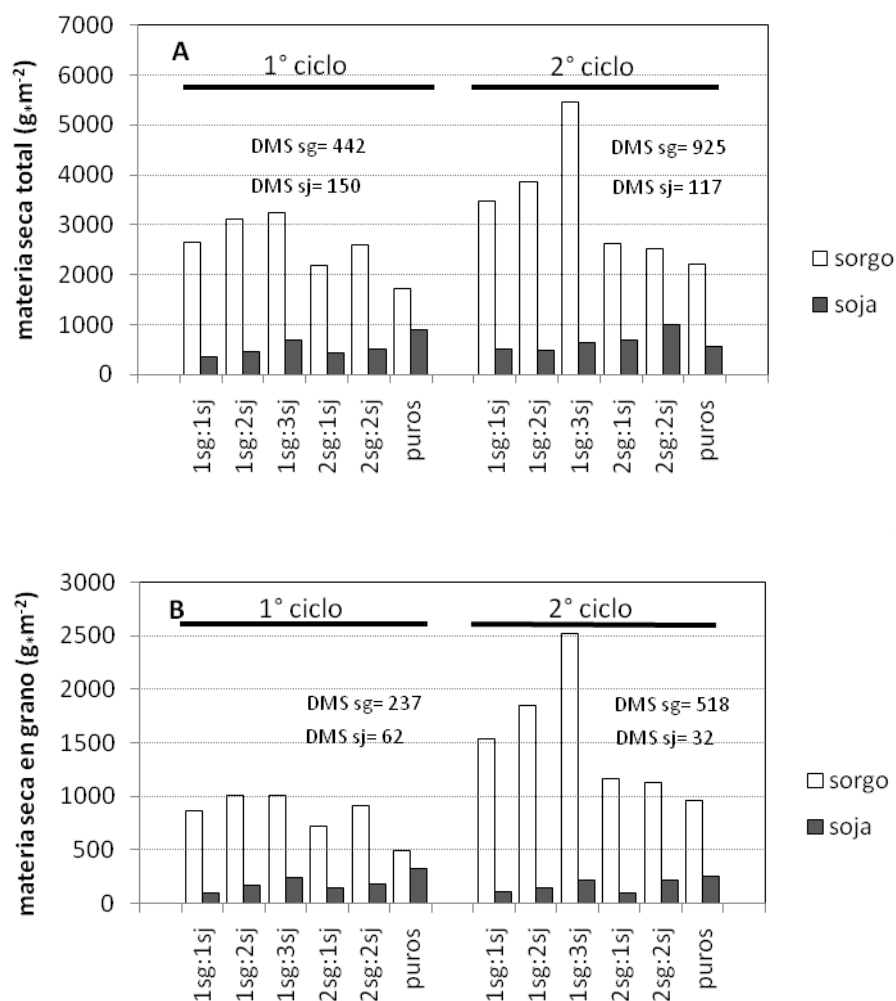


Figura 1: Materia seca total (A) y Materia seca de granos (B) por hilera en sorgo y soja en cada tratamiento. DMS es la Diferencia Mínima Significativa según el Test de Duncan

de sorgo. Productividades intermedias se obtuvieron en los sistemas con dos hileras de sorgo apareadas (Fig. 1 A y B).

En soja se observó una tendencia a una mayor productividad en MST y MSG por hilera en el arreglo de soja pura y fueron decreciendo a medida se incrementaba la cantidad de hileras de sorgo (Fig. 1 A y B).

Estos resultados se pueden explicar por la diferencia de altura de las plantas a favor del sorgo lo que determinó una captura diferencial de la radiación solar. En los arreglos con menor proporción de hileras de sorgo y mayor proporción de hileras de soja (1sg:3sj) se observa

el mayor rendimiento en la hilera del sorgo debido a la escasa competencia por luz que ejercen las plantas de soja. En los arreglos de menor proporción de soja (1sg:1sj y 2sg:1sj) el rendimiento en la hilera de soja tiende a ser menor debido a la elevada competencia por luz de las plantas de sorgo.

La figura 2 muestra las tendencias, en función de la superficie relativa de ocupación de cada cultivo componente, de los RRT y de los RR de los cultivos componentes del intercultivo en MST y en MSG. En el 1° ciclo los valores de RRT para MST se presentaron en un rango de 0.97 a 1.07; en tanto que para MSG el rango fue de 1 a 1.21 (Fig 2 A y B). Los arreglos con proporciones en torno al 50%

de cada cultivo componente permitieron la mayor productividad en MSG.

En el 2º ciclo, los RRT para MST se dieron en un rango de 1 a 1.48; en tanto que los RRT para MSG

se dieron entre 0.96 a 1.31 (Fig 2 C y D). En este ciclo se observó una mayor productividad en los arreglos con proporciones de sorgo entre el 50 a 25%.

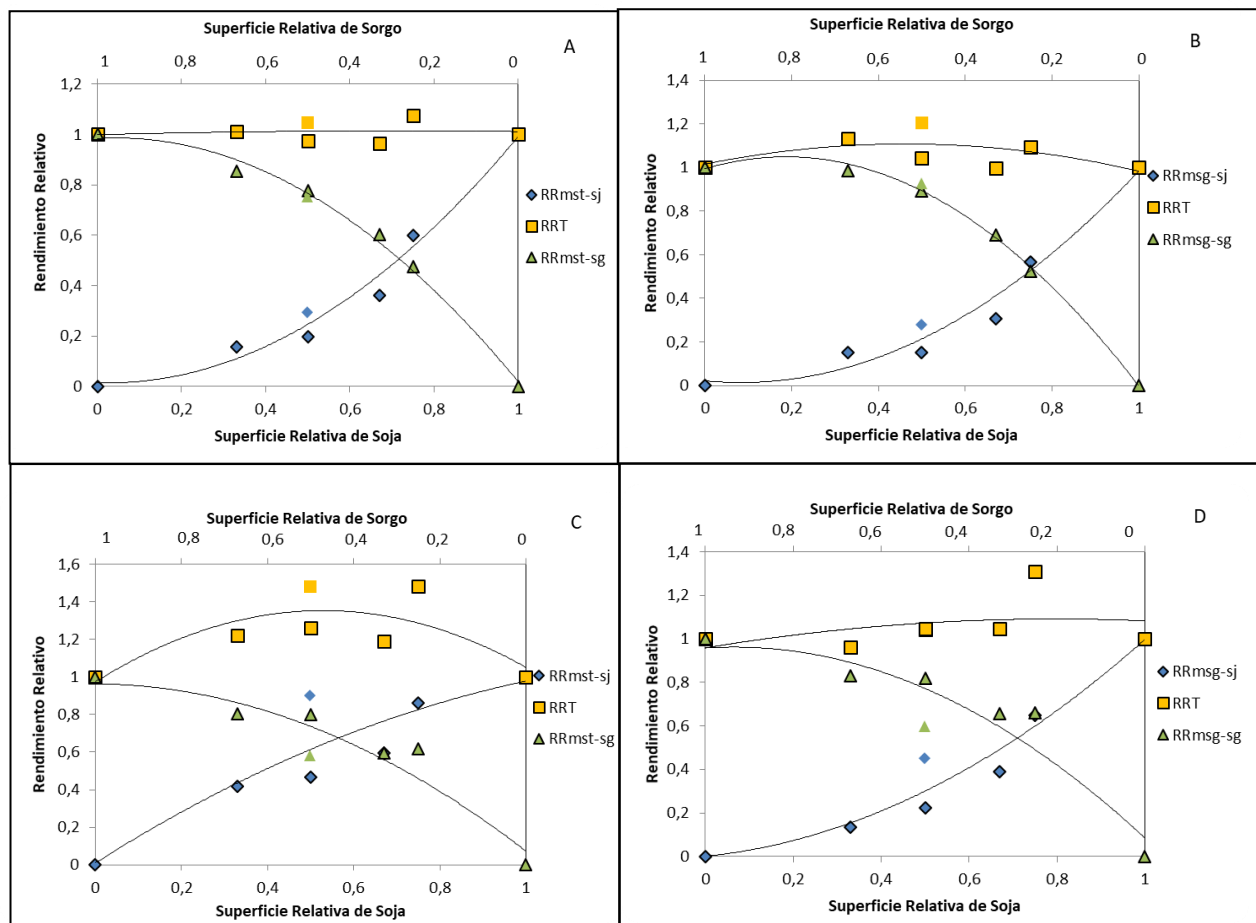


Figura 2: Rendimiento relativo total (RRT), Rendimiento relativo de sorgo (RRsg) y Rendimiento relativo de soja (RRsj) en función a la superficie relativa de ocupación de la tierra de sorgo y soja en intercultivo. A: MST - 1º ciclo, B: MSG - 1º ciclo, C: MST - 2º ciclo y D: MSG - 2º ciclo. El tratamiento 2sg:2sj se diferencia del 1sg:1sj por sus símbolos sin borde

Los valores obtenidos de RRT se corresponden con el rango inferior a los citados en la bibliografía. Posibles causas de este comportamiento serían las condiciones ambientales que en ambos ciclos no fueron las normales para la región ya que las precipitaciones ocurridas fueron sustancialmente menores a la normal.

El BC estimado en ambos experimentos fue siempre positivo en el cultivo puro de sorgo y negativo en el cultivo puro de soja (figura 3). Los distintos arreglos de intercultivo arrojaron valores tanto positivos como negativos y en este último caso, siempre muy alejados de los valores de la

soja pura. En el primer ciclo el BC de los diferentes arreglos de intercultivo fue entre un 60 a 91% menos negativo que el del cultivo puro de soja. En el segundo ciclo la reducción se dio en un rango de 72 a 105%.

Los resultados obtenidos indicaron que los distintos arreglos espaciales del intercultivo sorgo-soja evaluados superaron en productividad tanto de materia seca como de granos a los cultivos puros. Sin embargo esta mayor productividad no fue muy marcada ubicándose en el rango inferior de resultados de otros estudios, Probablemente las limitaciones hídricas producidas en ambos

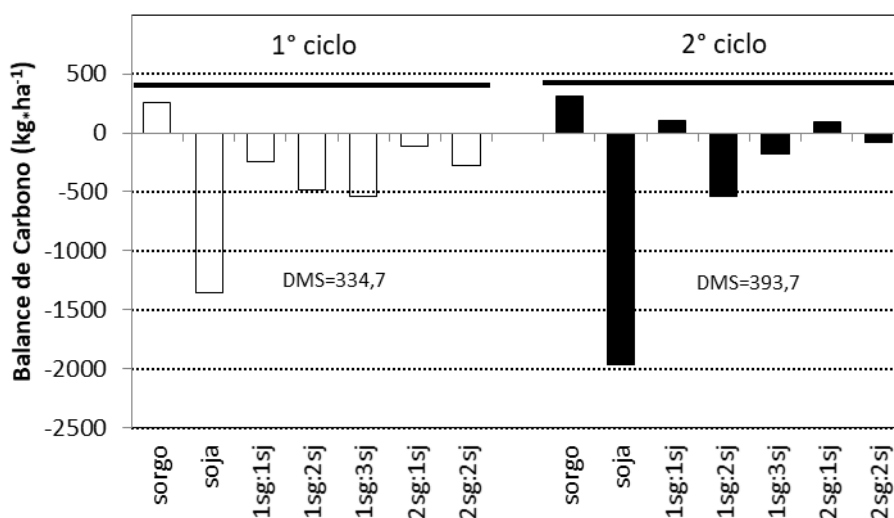


Figura 3: Balance de carbono estimado en los distintos arreglos espaciales del intercultivo sorgo-soja y de sus respectivos cultivos puros. DMS es la diferencia significativa de medias

ciclos puedan explicar este comportamiento poco relevante. La realización de un intercultivo a nivel comercial implica una complejidad de tareas en el manejo del sistema que en función de los resultados obtenidos no parece compensarse. Sin embargo, el análisis desde el punto de vista de la sustentabilidad es quizás el aspecto más revelador de este estudio ya que todos los arreglos evaluados en ambos ciclos mostraron una reducción marcada del BC negativo del cultivo puro de soja.

CONCLUSIONES

El sistema de intercultivo sorgo-soja se presenta como una alternativa al cultivo puro convencional y demostró ser una opción de manejo que permite lograr una mayor productividad con los mismos recursos, además de mejorar variables relacionadas a la sustentabilidad como el balance de carbono.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto financiado por SECYT - UNC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, R., H. Steinbach, 2006. Balance de Carbono en suelos cultivados, in: Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Buenos Aires, Argentina

(Ed.), *Materia Orgánica. Valor agronómico y dinámica en los suelos pampeanos*, pp., 55-68.

Álvarez C., C. R. Álvarez, A. Costantini, M. Basanta, 2014. Carbon and nitrogen sequestration in soils under different management in the semi-arid Pampa (Argentina). *Soil & Tillage Research*, 142, 25–31.

Bolinder M.A., O.Andrén, T.Kätterer, L.Parent, 2008. Soil organic carbon sequestration potential for Canadian Agricultural Ecoregions calculated using the Introductory Carbon Balance Model. *Canadian Journal of Soil Science*, 88 (4), 451-460.

Broder M.W., G. H. Wagner, 1988. Microbial Colonization and Decomposition of Corn, Wheat, and Soybean Residue. *SSSAJ* 52 (1), 112-117.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Egbe O.M., 2010. Effects of plant density of intercropped soybean with tall sorghum on competitive ability of soybean and economic yield at Otobi, Benue State, Nigeria. *Journal of Cereals and Oilseeds*, 1(1), 1-10.

Ghosh P.K., M.C.Manna, K.K.Bandyopadhyay, A.K AjayTripathi, R.H. Wanjari, K.M.Hati, A.K.Misra, C.L.Acharya, A.Subba Rao, 2006. Inter-specific Interaction and Nutrient use in soybean/sorghum intercropping system. *Agron J.* 98, 1097-1108.

Li L. , J. Sun, F. Zhang, T. Guo, X. Bao, F.A. Smith, S.E. Smith, 2006. Root distribution and interactions between intercropped species. *Oecologia*, 147 (2), 280-290.

Lithourgidis A.S., C.A. Dordas, C.A. Damalas, D.N. Vlachostergios, 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science* 5(4), 396-410.

Ofori F., R.W. Stern, 1987. Cereal-Legume intercropping Systems. *Adv. in Agronomy* 41, 41-90.

Plaza-Bonilla D., J.M. Nolot, S. Passot, D. Raffailac; E. Justes, 2016. Grain legume based rotations

managed under conventional tillage need cover crops to mitigate soil organic matter losses. *Soil and Tillage Research* 156, 33-43. DOI:10.1016/j.still.2015.09.021.

Quainoo A.K., I.Y.D. Lawson, A. Yawson, 2000. Intercrop performance of maize, sorghum and soybean in response to planting pattern. *Journal of the Ghana Science Association* 2 (2), 31-35.

Studdert, G and H Echeverría. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 1496-1503



Figura 4.: Arreglo espacial 1sg:3sj