

Interacción entre variedades de sorgo y trigo en la producción del sistema de relevo trigo por sorgo.

O. H. Moreno Ramos.¹, M. H. Herrera Andrade*, J. C. González Núñez¹ e I. R. Cruz Medina²

¹Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui.

²Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, Ciudad Obregón, Sonora, México.

Interaction between sorghum and wheat varieties in the production of a relay system wheat-sorghum.

Abstract

From winter 2011 to spring 2012 cycle was conducted a field experiment which aim was to quantify the interaction between wheat and sorghum varieties at the yield of relay intercropping system wheat-sorghum. This work consisted in three series of experiments, using three different wheat varieties (Jupare, Borlaug and CM98542). On each experiment (wheat variety) were planted on relay nine genotypes of sorghum: DK38, P8358, D55, DK50, BR57, Sapphire, Bravo L, M911 and P8171. Each experiment was (variety of wheat) in randomized blocks and it was made with four repetitions; everything was fertilized with 230-40-00 kg/ha of N, P₂O₅ and K₂O respectively. The results showed that the structure of wheat plant, given by the plant high, shape of the leaves and capacity to produce tillers modifies the behavior of sorghum plants, which competitive effect is exhibit by slowing their phenological events. Under working conditions the wheat yield was of 7032, 6645 and 6560 kg of grain/ha for Jupare, Borlaug and CMH98542 varieties respectively. The most attractive sorghum varieties for the system in order of importance were BR57, DK50 and Saphire with yields of 7052, 7051 and 6949 kg/ha respectively. Seen by the profit-earning capacity the combination performed by Jupare (wheat) and Dekalb BR57 (sorghum), with a net income of 947 dollars per hectare was the most attractive.

Key words: wheat *Triticum aestivum*, sorghum *Sorghum bicolor*, relay intercropping systems, wheat-sorghum relay intercropping.

Resumen

Desde el ciclo invierno 2011 hasta primavera 2012, se llevó a cabo un experimento de campo, cuyo objetivo fue cuantificar la interacción entre las variedades de trigo y sorgo, en el rendimiento del sistema de relevo trigo por sorgo. El trabajo consistió de tres experimentos en serie, dado por cada una de las tres variedades de trigo empleadas (Júpare, Borlaug y CM98542). Dentro de cada experimento (variedad de trigo) se sembró en relevo nueve genotipos de Sorgo: DK38, P8358, D55, DK50, BR57, Zafiro, Bravo L, M911 y P8171. Cada experimento fue en bloques al azar con cuatro repeticiones, todo el lote se fertilizó con 230-40-00 kg por ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente.

Los resultados indicaron que la estructura de la planta de trigo, dada por la altura, la forma de la hoja y la capacidad para producir macollos, modifican el comportamiento de las plantas de sorgo, cuyo efecto competitivo se manifiesta retardando sus eventos fenológicos. En condiciones del trabajo, el rendimiento del trigo fue de 7032, 6645 y 6560 kg de grano por ha⁻¹ para las variedades Júpare, Borlaug y CMH98542 respectivamente. Las variedades de sorgo más atractivas para el sistema fueron en orden de importancia: BR57, DK50 y Zafiro, con rendimientos de 7052, 7051 y 6949 kg de grano de sorgo por ha⁻¹ respectivamente. Desde el punto de vista de su rentabilidad, la combinación formada por Júpare (trigo) y Dekalb BR57

*Autores de correspondencia
Email: hermelinda111@hotmail.com

(sorgo), con ganancia neta de 947 dólares por ha⁻¹ fue la más atractiva.

Palabras clave: trigo *Triticum aestivum*, sorgo *Sorghum bicolor*, sistemas de relevo, relevo de trigo por sorgo.

Introducción

Los sistemas de producción que emplean la técnica de relevo comprenden una intersección entre los ciclos de crecimiento de los cultivos involucrados, donde las necesidades de factores de crecimiento (luz, agua y nutrimentos) de ambos son de baja magnitud. En el primero (el trigo) dicho ciclo está por concluir, mientras que en el segundo (el sorgo) apenas se inicia, por lo que las necesidades de luz y otros factores de crecimiento son pequeñas. Por lo anterior, la competencia entre el trigo y el sorgo es pequeña y se espera que los rendimientos de ambos cultivos sean atractivos (Moreno-Ramos *et al.*, 1995 y 1997).

El sistema trigo en relevo con sorgo ofrece una gran cantidad de oportunidades para reducir los costos y aumentar las ganancias, por lo que es importante que su tecnología sea estudiada a fondo, para de esta manera ofrecerla al productor con la menor cantidad de riesgo posible. En esta técnica, se usa el último riego del trigo para sembrar el sorgo; no se usa labranza y no implica pago adicional de la renta de la tierra, lo que redundaría en una mayor tasa de retorno al capital, lo que es congruente con el objetivo central del productor (Moreno-Ramos *et al.*, 1995 y 1997).

El objetivo de este trabajo fue adaptar la tecnología existente al cambio en el sistema de producción, en consecuencia la hipótesis propone la existencia de interacción entre los genotipos de sorgo y trigo en el comportamiento del sistema.

De manera central se supone que:

1. Los genotipos de ambos cultivos, representan adecuadamente la variabilidad pertinente al sistema.
2. El tipo de suelo es representativo del correspondiente al área de los suelos de barrial en el sur de Sonora (Verticxerofluvert) (Moreno-Ramos *et al.*, 2014).
3. La tecnología de producción empleada en el manejo agronómico, es la apropiada a los sistemas de producción involucrados.

En el ciclo biológico de los cultivos existen etapas donde los requerimientos hídricos son bajos, como la etapa de plántulas hasta antes de floración y

también la etapa de maduración posterior al llenado de grano. Este hecho es de importancia capital, donde la disponibilidad de agua es la limitante central de los fenómenos bióticos, y sirve como premisa central para iniciar la búsqueda de arreglos cronológicos de especies de plantas con potencial para usar el agua disponible en dichas etapas y también el diseño de asociaciones con el apropiado arreglo cronológico, de manera que puedan usar eficientemente esta circunstancia. Este es el caso de los sistemas de relevo de cultivos.

El uso de los sistemas de relevo lo inició Turrent (1970) citado por Moreno-Ramos *et al.*, 1998 en el Plan Puebla, donde se trató de usar de manera más eficiente el agua de lluvia para lograr dos cultivos por ciclo, utilizando la técnica de relevo de dos especies (maíz y frijol) en todas sus combinaciones: en el espacio (posición en el surco, mezclados en el mismo surco, surcos alternos y además si es en el lomo o en fondo del surco) y en el tiempo (cual es primero y cual le sigue). El sistema era atractivo y ofrecía magníficas posibilidades de incrementar las ganancias del residente del área; sin embargo, el uso obligado de siembra con labranza obstaculizó el desarrollo de estos sistemas de producción y los resultados no fueron los esperados (Moreno-Ramos *et al.*, 1995).

Con el objeto de incrementar el retorno económico de la actividad agrícola, Moreno-Ramos y colaboradores en 1978, en el Valle del Yaqui, Sonora, iniciaron una línea de investigación la cual denominaron "Asociaciones e imbricaciones", cuya estrategia consistía en intensificar el uso de los recursos mediante varias formas, entre ellas la de relevar cultivos para obtener cuatro cosechas por año en lugar de dos, que era la situación en esa época con la rotación trigo-soya. En este trabajo se usó trigo y garbanzo en invierno, algodón y sorgo en primavera, soya y ajonjolí en verano y maíz y sorgo en otoño. Los de primavera, no permitieron el establecimiento de los de verano y no fue posible que se cumplieran los objetivos planteados. La técnica de relevo fue rediseñada durante 1982-1983, a la vez que se construyó una máquina para sembrar estos sistemas, lo que superó la limitante principal (siembra de un cultivo dentro del otro).

Marking en 1985 mencionó que los agricultores de Ohio, U. S. A., utilizaron la técnica de relevar soya por trigo, los últimos cuatro años en 121 y 202 ha, con rendimiento de 3700 a 4400 kg de trigo por ha⁻¹, por lo que la Universidad de Ohio inició la evaluación de este sistema de producción. Según el autor, el rendimiento de trigo decrece en 300 - 350 kg por ha⁻¹, lo que se compensa con 150 a 175 kg de soya, puesto que el rendimiento bajo relevo, resultó de 2600 kg por ha⁻¹ este sistema de producción es sumamente rentable pues se gana algo más que 2400 kg de soya por ha⁻¹.

En Iowa, Bechard (1983) citado por Marking, 1985 señala que se sembraron 35 ha; 14 de trigo y 21 de avena, cada cuatro chuzos se tapó uno (70 cm) para sembrar en soya sin esperar la cosecha. Para todos estos trabajos con relevo en USA lo común es una reducción de los rendimientos en trigo entre el 6 y el 15%, mientras para Soya tal decremento fue de 20 a 30% (Ehmke y Barnes, 1985; Bechard, 1983; Marking 1985).

En Mexicali, México Villegas (1985) citado por Moreno-Ramos *et al.*, 1995, condujo un experimento en el que usó la tecnología de relevo con diferentes variedades de algodón. El rendimiento de trigo fue de 5400 kg por ha⁻¹, mientras que los de algodón variaron entre 2500 y 4500 ton/ha. Es desafortunado que los sistemas de cultivos por separado no se hayan evaluado en este trabajo, por lo que nada puede indicarse acerca de su potencial. El sistema también fue evaluado en Cd. Constitución, México por el Ing. Jaime López, citado por Moreno-Ramos *et al.*, 1995, quien obtuvo rendimientos de 7000 kg por ha⁻¹ y 5500 kg por ha⁻¹ en trigo y sorgo respectivamente. Concluye Villegas la alta factibilidad del sistema, en condiciones del Distrito de Mexicali y que el genotipo con mejor comportamiento fue la Delta Pine 30. Este resultado requiere trabajo adicional para darle soporte científico, que sería implementar pruebas de variedades para este sistema de producción, en condiciones de esta región y por supuesto adaptar la tecnología de producción a los cambios que se proponen (Moreno-Ramos *et al.*,

1998).

El noroeste de México se ubica en la zona de transición entre dos regiones climatológicas (tropical y templada) y la intersección entre dos ecosistemas recibe el nombre de "ecoton" (Odum, 1975). La característica central de esta región es la posibilidad de hacer crecer un gran número de especies. Se estima que en el sur de Sonora pueden cultivarse 125 especies y que se da la existencia de aproximadamente 138 especies de malas hierbas, lo que forma una flora muy diversificada (Quezada y Agundis, 1984). Durante 1972, Moreno-Ramos agrupó los cultivos en cuatro categorías en base a la fecha de siembra, dado que ésta coincide aproximadamente con la sucesión de los solsticios y los equinoccios (Moreno-Ramos *et al.*, 1998). Tal clasificación fue como se presenta en la tabla 1

Los sistemas de relevo, se refieren a la existencia de una cierta intersección entre los ciclos biológicos de los cultivos involucrados, bajo la premisa de que el primero de ellos (el trigo) está por finalizar su ciclo de vida, mientras que el segundo (Sorgo, Algodón o Maíz de primavera) lo inicia; en ambos casos los requerimientos por factores de crecimiento son bajos y el efecto de la competencia debiera ser pequeño. Los sistemas de relevo que aquí se tratan, se refieren a la participación de un cultivo de invierno (trigo, cebada, incluso linaza), que será relevado por uno de primavera (algodonero, sorgo o maíz).

El arreglo cronológico y topológico de estos sistemas según Moreno-Ramos *et al.*, 1997, Beuerlein, 2001 y Pochaska, 2004, implica sembrar el cultivo de invierno de noviembre-diciembre, en surcos anchos de 100 cm con dos hileras en el lomo del surco a 40 cm una de la otra. El manejo agronómico del cultivo de invierno es el que se hace tradicionalmente. Con el último riego al trigo (a mediados de Febrero) se siembra el segundo cultivo y se cosecha el primero a finales de abril principios de mayo, continuándose el manejo agronómico del segundo. El sistema es técnica y económicamente factible y sólo dependerá de la capacidad para generar tecnología de producción, que garantice el

Tabla 1. Las épocas de siembra de los cultivos en el sur de Sonora.

Ciclo	Fecha de siembra	Cultivos de alternativa
Primavera	Febrero 15 – Marzo 15	Algodonero, Sorgo, Maíz, Frijol
Verano	Mayo 15 Junio 15	Soya Ajonjolí, Guar y Kenaff
Otoño	Agosto 15 – Septiembre 15	Maíz, Sorgo y Remolacha
Invierno	Noviembre 15 – Diciembre 15	Trigo, Cártamo, Garbanzo, Linaza y Girasol

adecuado desempeño del sistema, en condiciones del productor del Noroeste de México. El relevo de cultivos de invierno con algodón conserva y permite la abundancia de predadores de los áfidos del algodón (*Aphis gossypii* Glover), en contraste, Phoofole et al., 2010 no encontraron diferencias entre sistemas de relevo y tradicionales en lo que se refiere a la dama escarabajo (Coleoptera: Coccinellidae). Los resultados 1992-1994 en Texas indicaron que este efecto fue mayor cuando el primer cultivo fue canola. La abundancia de áfidos, fue menor en los cultivos de relevo; lo que sugiere que si se pretende conducir el algodón sin aplicar insecticidas, esta técnica podría contribuir a reducir su número y retrasar el incremento de la población de áfidos del algodón (Parajulee et al., 1997; Zhang, 2007). En China, el relevo de trigo por algodón se lleva a cabo en grandes áreas. En su estudio, Zhang et al., 2008 reportó que con respecto a la eficiencia del nitrógeno el contenido de N por unidad de área fue menor en relevo (0.11 a 0.127 ton por ha⁻¹) y la producción de biomasa fue inferior. La absorción de N decrece durante la fase de asociación, pero tiende a recuperarse posteriormente, por lo que su eficiencia fisiológica no se modificó. El rendimiento relativo varió de 1.4 a 1.7 mientras que la relativa total varió de 1.3 a 1.4, lo que indica que el relevo usa más nitrógeno por unidad de producción.

Materiales y métodos

En el ciclo de invierno de 2011-2012, se sembró un lote con las variedades de trigo Júpare C89, Borlaug F86 y CM98542 T89, elegidas de manera que representaran la variabilidad genética de importancia para la técnica de cultivo en relevo. En este trabajo se utilizó la técnica de trigo en surcos a 100 cm, con dos hileras en el lomo. Todo el lote se fertilizó con 180-40-00 kg de N, P₂O₅ y K₂O por ha⁻¹. Durante la primavera de 2012, con el último riego al trigo, se sembró dentro de éste, entre las dos

hileras, un experimento de 9 variedades de sorgo (DK38, P8358, D55, DK50, BR57, Zafiro, Bravo L, M911 y P8171), en cada una de las variedades de trigo. Una vez que se cosechó el trigo, todo el lote se fertilizó con 230-40-00 kg de N, P₂O₅ y K₂O por ha⁻¹. Posteriormente el trabajo se condujo igual que un experimento de un solo cultivo. El resto de la tecnología de producción se aplicó de manera convencional. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 1 m por 5 m de largo. Dadas las variaciones tan frecuentes en la tasa de intercambio peso-dólar, se optó por llevar a cabo el análisis económico que consistió en calcular el ingreso bruto para cada tratamiento, multiplicando los rendimientos por su precio de venta, para luego descontarle los costos involucrados en el proceso, lo que resultó en la ganancia o ingreso neto, en US Dólares, bajo los supuestos que se presentan en la tabla 2.

En el desarrollo del trabajo se cuantificaron gran cantidad de variables de respuesta, de las cuales solo se presentan siete de ellas:

Trigo: Altura final de las plantas en cm (Alt), Densidad del grano en kg por hl⁻¹, Rendimiento en grano en kg por ha⁻¹ (Rend)

Sorgo: Altura final de las plantas en cm, Densidad del grano (DG) en kg por hl⁻¹, Fecha de floración en días después de la siembra del sorgo y Rendimiento en grano de sorgo (Rend) en kg por ha⁻¹.

Resultados

Los resultados agronómicos del trabajo se presentan en la tabla 3; en donde cada dato es el promedio de las cuatro repeticiones de que constó cada experimento, para siete variables de diagnóstico que se cuantificaron en el desarrollo del trabajo. En la tabla 4, se presentan los estimadores de los principales parámetros del análisis de la varianza, que dan idea de la variabilidad y permiten establecer comparaciones rápidamente.

Tabla 2. Supuestos en el análisis económico en dólares.

Cultivo	Precio del producto Dólares ton ⁻¹	Costo de producción dólares por ha ⁻¹		Renta de la tierra Dólares ha ⁻¹
		Tradicional	Relevo	
Trigo	320	1314	1314	668
Algodonero	859	2385	1979	668
Maíz	237	1338	1065	668
Sorgo	214	1113	858	668

Tabla 3. Interacción entre variedades de trigo y sorgo en la producción del sistema de relevo de trigo-sorgo.

Variedad de		Variables de respuesta trigo				Variables de respuesta Sorgo			
Trigo	Sorgo	Alt	DG	EMC	RGT	Alt	DG	Flor	RGS
Júpare	DK38	70	80.1	273	7089	145	76.8	108	6000
Júpare	P8358	71	80.3	271	6987	135	74.18	117	5328
Júpare	D55	70	80.0	275	7002	148	77.3	107	6343
Júpare	DK50	69	80.5	273	6975	157	72.8	118	7030
Júpare	BR57	69	80.4	285	7075	171	70.7	117	7118
Júpare	Zafiro	69	80.4	283	6985	158	71.6	114	7022
Júpare	Bravo L	69	80.5	280	7007	163	68.2	124	5437
Júpare	M911	70	80.4	278	7106	157	69.5	111	6917
Júpare	P8171	69	80.5	265	7058	169	67.4	116	6246
Borlaug	Dk38	61	76.7	385	6596	153	76.8	107	5812
Borlaug	P8358	63	76.8	386	6687	127	73.1	122	5243
Borlaug	D55	63	76.3	378	6760	145	76.9	106	6094
Borlaug	DK50	62	77.2	378	6541	153	71.7	121	6983
Borlaug	BR57	62	77.7	386	6501	179	71.5	118	6942
Borlaug	Zafiro	61	77.7	386	6687	157	71.9	123	7053
Borlaug	Bravo L	61	76.3	376	6645	169	69.9	115	5229
Borlaug	M911	61	77.5	380	6702	166	67.2	113	6368
Borlaug	P8171	61	77.5	385	6685	167	63.4	128	6066
CM98542	Dk38	80	79.7	331	6573	143	75.8	104	5886
CM98542	P8358	84	80.2	319	6501	135	75.3	116	5740
CM98542	D55	82	80.0	317	6441	144	76.2	104	6561
CM98542	DK50	83	80.4	327	6641	148	72	118	7140
CM98542	BR57	81	80.5	318	6641	172	72	116	7096
CM98542	Zafiro	81	80.4	327	6660	153	71.4	118	6772
CM98542	Bravo L	81	80.4	331	6596	153	68.8	123	5506
CM98542	M911	83	80.5	326	6440	159	70.9	118	6332
CM98542	P8171	82	79.8	319	6544	162	66.6	125	6065

Alt = Altura cm, DG = Densidad del grano kg.h⁻¹, EMC = Espigas por metro cuadrado, RGT = Rendimiento en grano de trigo en kg por ha⁻¹, Flor = Días a floración. RGT = Rendimiento en grano de trigo en kg por ha⁻¹.

Tabla 4. Parámetros del análisis de la varianza.

Variedad de		Variables de respuesta trigo				Variables de respuesta Sorgo			
Trigo	Sorgo	Alt	DG	EMC	Rend	Alt	DG	Flor	Rend
Júpare	Media	70	80.3	276	7032	156	72	115	6382
Borlaug	Media	62	77.1	382	6645	157	71	117	6199
CM98542	Media	82	80.2	324	6560	152	72	116	6344
Media	DK38	70	78.8	330	6753	147	76	106	5899
Media	P8358	73	79.1	325	6725	132	74	118	5437
Media	D55	72	78.8	323	6734	146	77	106	6333
Media	DK50	71	79.4	326	6719	153	72	119	7051
Media	BR57	71	79.5	330	6739	174	71	117	7052
Media	Zafiro	70	79.5	332	6777	156	72	118	6949
Media	Bravo L	70	79.1	329	6749	162	69	121	5391
Media	M911	71	79.5	328	6749	161	69	114	6539
Media	P8171	71	79.3	323	6762	166	66	123	6126
Media	Media	71	79.2	327	6745	155	72	116	6309
C. M. E.		5.36	0.36	38.95	146022	46.60	4.60	84.03	263107
Fcalc	Vt	697.71	341.78	2620.83	15.59	5.62	1.30	0.58	1.28
Fcalc	Vs	1.40	2.72	2.94	0.03	39.59	33.78	5.28	19.22
Fcalc	VtVs	0.38	1.13	3.07	0.21	1.45	1.07	0.63	0.43
D. M. S.	Vt	1.09	0.28	2.93	179.51	3.21	1.01	4.31	240.96
D. M. S.	Vs	1.09	0.28	2.93	179.51	3.21	1.01	4.31	240.96
D. M. S.	VtVs	1.09	0.28	2.93	179.51	3.21	1.01	4.31	240.96
P[F]	Vt	1.1E-09	1.8E-08	5.4E-12	1.7E-03	3.0E-02	3.2E-01	5.8E-01	3.3E-01
P[F]	Vs	2.1E-01	1.1E-02	6.6E-03	1.0E+00	1.5E-23	1.4E-21	3.1E-05	3.3E-15
P[F]	VtVs	9.8E-01	3.5E-01	5.7E-04	1.0E+00	1.4E-01	3.9E-01	8.5E-01	9.7E-01

Alt = Altura cm, DG = Densidad del grano kg.h⁻¹, EMC = Espigas por metro cuadrado, Rend = Rendimiento en grano en kg por ha⁻¹, Flor = Días a floración.

Desde el punto de vista económico, se calculó (bajo los supuestos que se dieron a conocer en la tabla 2) el ingreso neto obtenido con cada uno de los tratamientos involucrados en este trabajo y los resultados se presentan en la tabla 5.

Discusión

La producción y otras variables de diagnóstico. De acuerdo con el análisis de la varianza (tabla 3), la altura de las plantas de sorgo fue afectada por la variedad de trigo empleada. Aparentemente, la altura promedio de las plantas de sorgo en relevo con la variedad CM98542, fue 6.5 cm inferior a la correspondiente a Júpate y Borlaug, las cuales se asociaron con altura del sorgo cercanas a los 157 cm. La altura del sorgo fue diferente para los genotipos empleados, como era de esperarse, puesto que así fueron elegidos. Como se observa, se usaron genotipos altos (BR 57, con altura de 174 cm), intermedios (Bravo M, M911 y P 8171, con altura entre 160 y 166 cm), intermedio bajos (DK 50 con 153 cm de altura), enanos (DK 38 y D 55 con altura de 144 y 145 cm) y muy enanos (P 8358 con 130 cm de altura).

El tamaño de la panoja no fue afectado por la variedad de trigo y esta es una característica del genotipo empleado. En apariencia, los genotipos P8358, BR57, Bravo M y M911 tuvieron panoja relativamente grande (entre 29 y 32 cm), P8171 por el contrario fue de panoja chica (26 cm en promedio) y el resto, tuvo un tamaño de panoja intermedio.

Según el análisis de la varianza (tabla 4), el número de panojas cosechadas no fue afectado por la variedad de trigo ni por la variedad de sorgo empleada. De acuerdo con los datos en el

experimento, se cosechó alrededor de 113 panojas por m².

La densidad del grano es una característica de la variedad, como lo muestra el análisis de la varianza. D55 y DK38 son genotipos de sorgo cuyo grano es muy denso (76.6 kg/hl), en cambio P8171, posee un grano cuya densidad es la más baja de las empleadas en este ensayo (65.8 kg/hl); el resto de los genotipos fue intermedio entre estos dos extremos.

De acuerdo con el análisis de la varianza (Tabla 4), la floración del sorgo fue afectada por la variedad de trigo empleada, ya que en apariencia esta se retardó en promedio dos días, diferencia que aunque pequeña, fue altamente significativa ($P[F] = 3.1E-05$), como se observa en la tabla 4, cuando la variedad de trigo empleada fue Borlaug por lo que es probable que dicha variedad, ejerza un mayor nivel de competencia al cultivo del sorgo en sus etapas iniciales. En cuanto a la diferencia entre variedades era obvio (puesto que así fueron elegidas) que el periodo entre siembra y floración varió entre 104 (D55) y 128 (P8171) días, con lo cual se cubre uno de los supuestos centrales del trabajo.

En lo que se refiere a la interacción variedad de trigo variedad de sorgo, el análisis de la varianza (Tabla 4), indica que las diferencias fueron significativas, lo que parece estar dado por el hecho de que el retraso en la presencia de los eventos fenológicos de ciertas variedades de sorgo, lo que fue muy aparente cuando éstas se sembraron dentro de Borlaug, como fue el caso de P8358, DK50, Zafiro y P8171. En algunos casos fue indiferente, como es el caso de DK38, BR57 y M911 y aun sucedió que en el caso de D55 se dio un adelanto ontogénico.

Tabla 5. El ingreso neto (en dólares por ha⁻¹) derivado de cada tratamiento.

Variedad de Sorgo	Variedad de trigo usada en el relevo			INMPVS
	Júpate	Borlaug	CM98542	
DK38	712	514	469	565
P8358	536	422	625	528
D55	758	627	813	733
DK50	896	747	804	816
BR57	947	726	740	805
Zafiro	898	809	449	719
Bravo L	566	405	576	516
M911	914	667	552	711
P8171	755	597	776	709
INMPVT	776	613	645	678

INMPVS = Ingreso Neto Promedio por Variedad de Sorgo, INMPVT = Ingreso Neto Promedio por Variedad de Trigo.

De acuerdo con los datos, el rendimiento de sorgo fue mayor cuando la variedad de trigo fue Júpare, inferior bajo la variedad Borlaug e intermedio, bajo la variedad CM98542, aun cuando en la práctica era de esperarse lo contrario, dada la estructura de las plantas para dichas variedades. Sin embargo, de acuerdo con los datos, no solo es importante la altura de las plantas, sino también detalles de la forma y tipo del aparato fotosintético, como es cantidad de hijuelos producidos y el tipo de la hoja, fundamentalmente el grado de erección y por supuesto el tamaño de la misma.

Con respecto al rendimiento de las variedades de sorgo, destacan en este aspecto, BR57, M911 y Zafiro en el caso de híbridos tardíos. Cuando se use híbridos precoces, como podría ser la situación en condiciones de agricultor (el cual siembra a 80cm entre surcos) los híbridos D55 y DK 38 podrían ser los indicados, de acuerdo con esta información.

En toda la información revisada hay reducciones en la producción de los cultivos que participan en el sistema (en comparación con las siembras tradicionales); sin embargo, al realizar el análisis económico se observa que, hay ventajas para el sistema de relevo. Sólo en nuestro caso, se ha logrado un sistema en donde los rendimientos en el

con 405 dólares por ha⁻¹.

La comparación con los sistemas tradicionales, se presenta en la tabla 5, donde se usa la combinación de Júpare y Dekalb BR57 (TRS), con ganancia promedio de 947 dólares por ha, para compararlo con las ganancias logradas en las secuencias tradicionales que son solo trigo (TT) solo sorgo de primavera (SP) solo sorgo de verano (SV) y la secuencia trigo-sorgo de verano (TSV).

Como puede observarse en la información de la tabla 6, los cultivos tradicionales aportan ganancias semejantes 0.61 y 0.84 de la secuencia trigo sorgo. Sin embargo, el sistema de relevo casi duplica la ganancia derivada de ambos cultivos.

Conclusiones

El conjunto de híbridos de sorgo elegidos cubre los requerimientos de variabilidad genética indispensable para los objetivos de éste trabajo.

El diseño del aparato fotosintético de la planta de trigo es importante en el posterior rendimiento del sorgo, lo cual deberá ser la combinación de la altura de las plantas, el número y capacidad para producir macollos, así como el tamaño de la hoja, su posición o grado de erección.

Tabla 6. Ganancia comparativa del sistema de relevo, en relación a los sistemas tradicionales de producción.

Sistema de prod.	Rendimiento kg ha ⁻¹		Ingreso Neto*	Ingreso neto relativo			
	Trigo	Sorgo		TT	SP	SV	TSV
TRS	7075	7118	947	2.84	2.05	4.36	1.72
TT	7235		333	1.00	0.72	1.53	0.61
SP		7365	463	1.39	1.00	2.13	0.84
SV		6216	217	0.65	0.47	1.00	0.39
TSV	7235	6216	550	1.65	1.19	2.53	1.00

TRS=Trigo relevado con sorgo, TT=Trigo tradicional, SP=Sorgo de primavera, SV=Sorgo de verano, TSV=Trigo en secuencia con sorgo de verano.* En Dólares por ha⁻¹.

sistema de relevo, son muy cercanos a los correspondientes en la metodología tradicional.

Con respecto al análisis económico, en promedio para todos los tratamientos, el rendimiento económico fue de 678 dólares por ha⁻¹. Sin embargo, destacan las combinaciones que involucran a la variedad de trigo Júpare con los genotipos de sorgo BR57, D50, M911 y Zafiro, con ingresos netos de 947, 898, 914 y 896 dólares por ha⁻¹ respectivamente. La mejor combinación de genotipos de trigo y de sorgo es Júpare y BR57, con ganancia promedio de 947 dólares por ha⁻¹, en contraste, la que menor ganancia logró fue la correspondiente a los genotipos Borlaug y Bravo L,

Cuando se pretende un manejo integrado del sistema, los genotipos más adecuados parecen ser BR 57, Master 911 y Zafiro.

El análisis financiero indicó que el relevo puede aportar 947 dólares netos; ganancia que representa 2.84, 2.05, 4.36 y 1.72 veces la correspondiente al cultivo de trigo tradicional, sorgo tradicional de primavera, sorgo tradicional de verano y la secuencia trigo-sorgo de verano respectivamente.

Bibliografía

- Beuerlein, J. 2001. Relay cropping wheat and soybeans. Horticulture and Crop Science, FactSheetAGF, 106-01.
Ehmke, V. y Barnes, H. 1985. Wheat may be dethroned as

- double cropping. Soybean digest, 45: 68-69.
- Marking, S. 1985. Intercropping: farmers plants beans between the wheat. Soybean digest, 45: 84-86.
- Moreno-Ramos, O. H., Herrera-Andrade, M. H., Cruz-Medina, I. R. y Turrent-Fernández, A. 2014. Estudio de la tecnología de producción de trigo por agrosistema, para señalar necesidades de información. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5: 1351-1363
- Moreno-Ramos, O. H., Valenzuela-Cornejo, E., González-Riande, A., Zayre, K. D. y Ortiz-Monasterio, I. 1998. Tecnología de alta eficiencia económica para la producción de trigo. Folleto Técnico No. 36.
- Moreno-Ramos, O. H., Salazar-Gómez, J. M., Carrillo-Méndez L. E., Cano-Ávila M. de J., Duarte-Ramírez J. J., Morales-Cuen A. y Sayre, K. D. 1997. El relevo de trigo por sorgo: una estrategia para integrar actividades agrícolas y pecuarias. Folleto Técnico N° 31.
- Moreno-Ramos, O. H., Salazar-Gómez, J. M., Cano-Ávila, M. de J., Duarte-Ramírez, J. J. y Camacho-Casas, M. A. 1995. Los sistemas de cultivos en relevo, su uso en la agricultura empresarial del noroeste de México. Folleto Técnico No. 25.
- Odum, E.P. 1975. Ecology: The link between the natural and social sciences (2nd Edition). Holt-Saunders, New York, 244 pp.
- Parajulee, M. N., Montandon, R. y Slosser, J. E. 1997. Relay intercropping to enhance abundance of insect predators of cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover) in Texas cotton. International Journal of Pest Management, 43: 227-232.
- Phoofolo, M. W, Giles, K. L. y Elliot N. C. 2010. Effects of relay-intercropping sorghum with winter wheat, alfalfa, and cotton on lady beetle (*Coleoptera: Coccinellidae*) abundance and species composition. Environmental Entomology, 39: 763 - 774
- Prochaska, S. C. 2004. Modified relay intercropping. Horticulture and Crop Science, AGF-504-01: 1-5
- Quezada, G., E. y Agundis, O. M. 1984. Maleza del Estado de Sonora y cultivos que infesta. Folleto Técnico N° 82.
- Zhang, L. 2007. La productividad y el uso de recursos en el algodón y el trigo intercalado en relevo. Tesis de Ph D. Universidad de Wageningen, Wageningen, Países Bajos, 198 pp.
- Zhang, L. J., Spiertz, H. J., Zhang, S., Li, B. y Van Der Werf, W. 2008. Nitrogen economy in relay intercropping systems of wheat and cotton. Plant and soil. 303: 55-68.