

CASOS DE ÉXITO

ALTO RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD CON AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL VALLE DE YAQUI: RESULTADOS DE LA PLATAFORMA DE INVESTIGACIÓN CAJEME II, SONORA, CICLO 2016-2017

NELE VERHULST, ANA ROSA GARCÍA, MANUEL RUÍZ, SIMON FONTEYNE CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO

Introducción

La región de los Valles del Yaqui y del Mayo es una de las principales regiones agrícolas de México, se encuentra en el sur del estado de Sonora con una extensión aproximadamente de 450,000 hectáreas. El principal cultivo de la región es el trigo, pero además en la región se producen oleaginosas y hortalizas. La agricultura en el Valle de Yaqui es muy intensiva, con alto uso de insumos, lo que causa altos costos de producción, degradación del suelo y polución ambiental. Con el fin de desarrollar opciones para los productores, que permitiera hacer una agricultura más sustentable y rentable en la región, se instaló una “Plataforma de Investigación” del proyecto MasAgro en Ciudad Obregón en el municipio de Cajeme, Sonora.


MasAgro (Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional) es una inciativa de SAGARPA y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Su finalidad es contribuir al logro de la seguridad alimentaria y promover acciones de mitigación y adaptación al cambio climático a través de la investigación, el desarrollo y la innovación, la creación y fortalecimiento de capacidades, la construcción conjunta de conocimientos, la transferencia de tecnología y la promoción de prácticas agrícolas sustentables.

Las plataformas de investigación son espacios en campo destinados a la investigación de nuevas prácticas agrícolas, la generación de conocimientos e información, así como al desarrollo y adaptación de los sistemas productivos, las prácticas culturales y las tecnologías más adecuadas para una zona agroecológica determinada; por lo que la parcela donde se establece una plataforma debe ser representativa de las condiciones locales de la zona agroecológica donde se realizará la investigación (tipo de suelo, clima, régimen hídrico, etc.), y estar ubicada en un lugar de fácil acceso para visitantes. Cada plataforma tiene un objetivo específico a nivel local y que se adapta tanto a las capaci-

dades e intereses del investigador y de los colaboradores del área de estudio, como a las necesidades de los productores de la zona, su situación económica y sistema de producción.

La plataforma de investigación se instaló en el 2013. En el diseño de la plataforma participaron los productores del Valle del Yaqui y Valle del Mayo, con el objetivo de considerar las necesidades, problemáticas e intereses de los productores de cereales en la región e identificar cuales manejos son los que se realizan en forma tradicional. Entre los temas más relevantes que interesan a los productores de la región se encuentran: i) realizar la siembra de trigo en tres o más número de hileras por cama (en vez de dos, lo que es la recomendación común para agricultura de conservación en la zona, mientras los productores están acostumbrados a sembrar tres o cuatro hileras por cama), ii) hacer uso eficiente del agua, iii) disminuir los problemas de emergencia cuando la siembra se hace en suelo seco e iv) implementar una diversificación de cultivos alternativos al trigo. A partir de este trabajo, se diseñó la plataforma con el objetivo de evaluar diferentes prácticas agronómicas dentro del sistema de producción de trigo en condiciones de riego.



The background of the page features a soft-focus, golden-brown image of wheat stalks, showing the grain heads and long, thin leaves. The lighting is warm, creating a natural and agricultural atmosphere.

En concreto, en los tratamientos se compara el rendimiento y la rentabilidad de trigo sembrado con la práctica común de los productores (sembrado en camas con labranza convencional, trigo en monocultivo, incorporando todo el rastrojo) con el rendimiento y rentabilidad de trigo sembrado en camas permanentes (las camas permanentes se forman en el año inicial del ensayo y después cada año solo se hace una reformación de los fondos, la siembra se hace directamente en las camas del año anterior). En los tratamientos con camas permanentes se evalúa además el efecto de dejar o remover rastrojo, el efecto de sembrar en dos o tres hileras y el efecto de la rotación de trigo con cártamo. Se evalúan dos rotaciones, uno de trigo en un año y cártamo en el siguiente año y una rotación de dos años de trigo y un año de cártamo. Se evalúan dos rotaciones porque el cultivo de trigo suele ser más rentable que el cultivo de cártamo y por eso se evalúa si una rotación con más años de trigos aporta los mismos beneficios que una rotación de trigo cada otro año. Se eligió el cultivo de cártamo porque en otros experimentos ha mostrado ser un cultivo con efectos positivos sobre la calidad física de suelo y porque ha sido promovido con programas de apoyos en la zona. Para investigar el uso más eficiente del agua se evalúa el rendimiento de trigo con solo tres riegos de auxilio en vez de cuatro, como es la práctica común.

Material y métodos

La plataforma está ubicada en el Centro Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) en Ciudad Obregón, Sonora, situada a una altitud de 37 msnm, con coordenadas 27°23'46.26"N 109°55'23.11"O. Los factores evaluados en los tratamientos incluyen diferentes prácticas de labranza, manejos de rastrojo, número de riegos de auxilio, rotaciones de con cartamo y número de hileras (Tabla 1). El tratamiento TT, CC, Dej representa la practica común de los productores en la region: monocultivo de trigo sembrado en camas mediante labranza convencional y dejando (incorporando) el rastrojo. Los otros tratamientos evalúan practicas que podrían hacer la practica del productor más sustentable o rentable, excepto el tratamiento TT, CP, Rem que fue incluido para evaluar los efectos de remover rastrojo en camas permanentes, una práctica que ha mostrado tener efectos negativos sobre la calidad de suelo en otras condiciones. El diseño experimental es de bloques completos al azar con tres repeticiones. Todos los tratamientos se siembran durante el ciclo otoño-invierno con descanso en verano y usan camas de 80 cm de ancho con riego aplicado por gravedad en el fondo de los surcos.

En el ciclo otoño-invierno 2016/17 la siembra de trigo se realizó el 13 de diciembre de 2016 y el cártamo el 11 de enero de 2017. La siembra se llevó a cabo en húmedo. Se utilizó trigo de la variedad Cirno a densidad de 120 kg/ha y cártamo Ciano oleico a densidad de 15 kg/ha. El tratamiento con dos hileras se sembró con la misma densidad de semilla que los tratamientos con tres hileras. Para trigo la dosis de fertilización fue de 59 kg N/ha y 52 kg P₂O₅/ha en pre-siembra y 175 kg N/ha antes del primer riego de auxilio. Para cártamo se aplicaron 25 kg N/ha y 52 kg P₂O₅/ha en pre-siembra y 120 kg N/ha antes del primer riego de auxilio.

Las condiciones meteorológicas fueron favorables, lo cual ayudó al desarrollo del cultivo y con ello obtener buenos rendimientos. Al finalizar la temporada del cultivo, se cosecharon tres muestras de 15 m de largo y dos camas (1.6 m) de ancho en cada parcela y se determinó rendimiento de grano. A lo largo del ciclo se mantuvo un registro de todas las operaciones de campo, los insumos y su costo, para permitir un análisis de rentabilidad. No se incluyeron costos de renta de terreno en el análisis. Se incluyeron los costos de mantener el terreno libre de malezas durante el verano de 2017. Los datos agronómicos y los de rendimiento se analizaron mediante el análisis de varianza de Proc glm (ANOVA) utilizando el paquete estadístico SAS. La comparación de medias de los tratamientos se hizo con la prueba del rango estudentizado de Tukey's, considerando como significativas diferencias con p<0.05.

TABLA 1. TRATAMIENTOS EN LA PLATAFORMA CAJEME II, SONORA, CICLO 2016-2017.

Trat	Abreviación	Rotación	Práctica de labranza	Manejo de rastrojo	No. de riegos de auxilio para trigo	No. de hileras de trigo*
1	TT, CC, Dej	Trigo	Camas angostas con labranza convencional	Dejar	4	3
2	TT, CP, Dej	Trigo	Camas permanentes angostas	Dejar	4	3
3	TT, CP, Rem	Trigo	Camas permanentes angostas	Remover	4	3
4	TT, CP, Dej, 2H	Trigo	Camas permanentes angostas	Dejar	4	2
5	TC, CP, Dej	<u>Trigo</u> -cártamo	Camas permanentes angostas	Dejar	4	3
6	CT, CP, Dej	<u>Cártamo</u> -trigo	Camas permanentes angostas	Dejar	4	3
7	TTC, CP, Dej	Trigo-trigo- <u>cártamo</u>	Camas permanentes angostas	Dejar	4	3
8	TCT, CP, Dej	Trigo-cártamo- <u>trigo</u>	Camas permanentes angostas	Dejar	4	3
9	CTT, CP, Dej	Cártamo-trigo- <u>trigo</u>	Camas permanentes angostas	Dejar	4	3
10	TT, CC, Dej, 3R	Trigo	Camas angostas con labranza convencional	Dejar	3	3
11	TT, CP, Dej, 3R	Trigo	Camas permanentes angostas	Dejar	3	3

Cultivo sembrado en el ciclo otoño-invierno 2016-2017:

Abreviaciones: T=trigo, C=cártamo; Practica de labranza: CC=camas con labranza convencional, CP= camas permanentes; Manejo de rastrojo: Dej= dejar todo el rastrojo, Rem= remover todo el rastrojo; 3R= 3 riegos de auxilio y 2H= Siembra a 2 hileras.

Resultados y discusión

Rendimientos de grano

El rendimiento en la práctica tradicional (monocultivo, camas con labranza convencional e incorporación de rastrojo) fue de 7.4 t/ha mientras que el rendimiento en camas permanentes con monocultivo de trigo y dejando el rastrojo fue 7.9 t/ha, con tres hileras por cama en ambos tratamientos. El tratamiento con la práctica tradicional fue significativamente menor que el tratamiento con el mayor rendimiento de trigo, de 8.3 t/ha que se obtuvo con el tratamiento monocultivo en camas permanentes, dejando rastrojo, cuando la siembra se realizó a 2 hileras (TT, CP, Dej, 2H), seguido por los tratamientos TC, CP, Dej y CTT, CP, Dej de siembra en 3 hileras, rotación con cártamo en camas permanentes y dejar rastrojo que obtuvieron un rendimiento de 8.1 t/ha cada uno (Fig. 1). Los tratamientos que incluyeron camas permanentes, retención de residuos y cuatro riegos de auxilio obtuvieron rendimientos similares para las diferentes opciones de rotación y número de hileras por cama.

Trigo y cártamo (al lado derecho) en la plataforma Cajeme II, Sonora, el 24 de febrero de 2017.

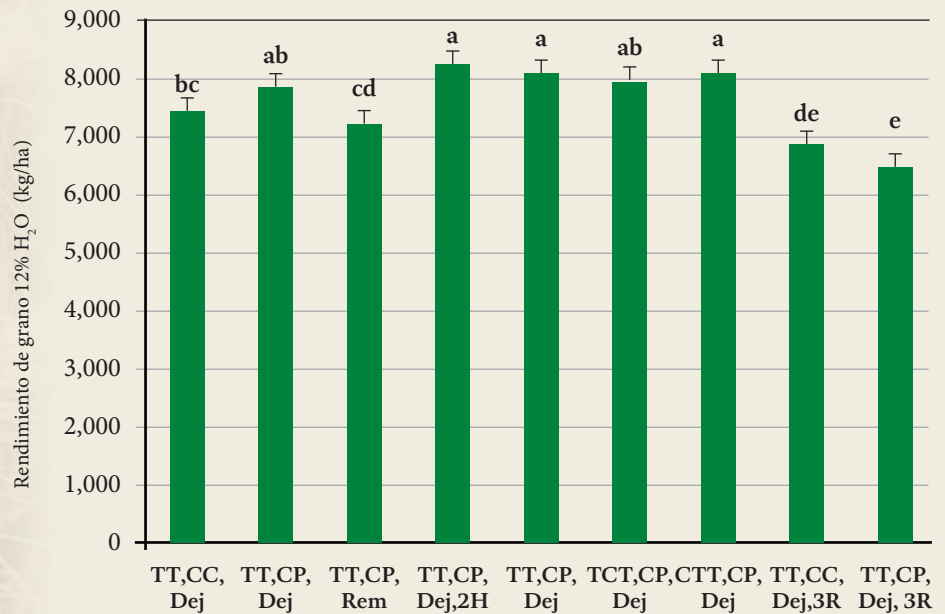




Los productores en la zona están acostumbrados a sembrar tres o cuatro hileras de trigo por cama. Esto porque les da la seguridad de tener al menos dos hileras por cama en caso de alguna falla en la siembra de una hilera. Además, creen que la siembra de dos hileras por cama reducirá el rendimiento en comparación con tres hileras, por tener menor cobertura de cultivo al inicio del ciclo. Los resultados muestran que el uso de dos hileras por cama no baja el rendimiento, mientras facilita la siembra en agricultura de conservación porque se necesitan menos cuerpos en la sembradora de trigo y permite sembrar fácilmente un cultivo de rotación de una hilera en el centro de la cama.

Omitir el cuarto riego de auxilio resultó en los menores rendimientos de trigo, con un rendimiento de 6.5 t/ha en camas permanentes (TT, CP, Dej, 3R) y 6.9 t/ha en camas con labranza convencional (TT, CC, Dej, 3R). En camas permanentes remover el rastrojo (TT, CP, Rem) resultó en un rendimiento significativamente menor que dejar el rastrojo (TT, CP, Dej), con rendimientos de 7.2 y 7.8 t/ha respectivamente.

Los tratamientos con rotación de trigo con cártamo obtuvieron en promedio un rendimiento de 8.0 t/ha. Los rendimientos de trigo de los tratamientos con rotación con cártamo no fueron significativamente diferentes de los rendimientos de los otros tratamientos con camas permanentes y retención de rastrojo. Fue el tercer ciclo con implementación de diferentes tratamientos en la plataforma (2013-2014 fue año cero con un tratamiento uniforme para la plataforma). Es posible que se expresará un efecto de rotación de cultivo después de un periodo de tiempo más largo. El rendimiento de cártamo no presentó diferencias significativas entre tratamientos, obteniendo en promedio un rendimiento de 2.5 t/ha.



Abreviaciones: T=trigo, C=cártamo; Practica de labranza: CC=camas con labranza convencional, CP= camas permanentes; Manejo de rastrojo: Dej= dejar todo el rastrojo, Rem= remover todo el rastrojo; 3R= 3 riegos de auxilio y 2H= Siembra a 2 hileras.

Fig. 1. Resultados del rendimiento de trigo en el ciclo 2016-2017 de la plataforma Cajeme II, Sonora. Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes. Las barras de error representan los errores estándares de los promedios.

Análisis de rentabilidad

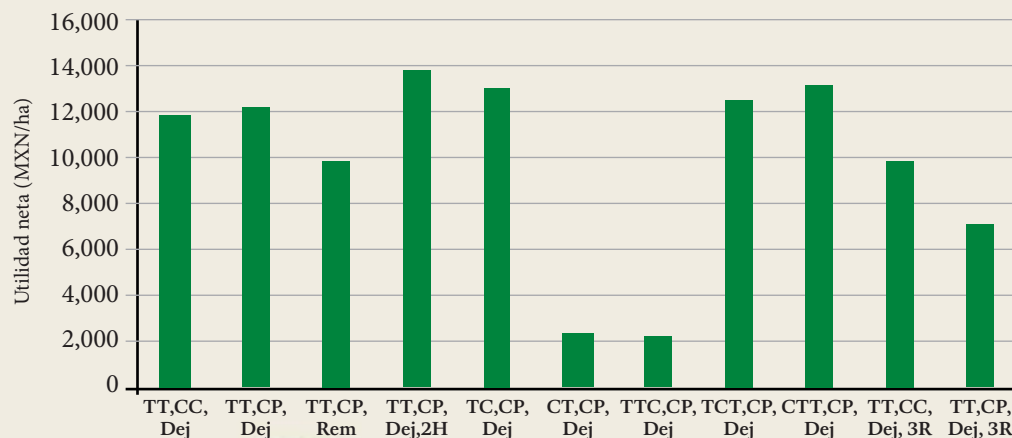
En general, las utilidades netas obtenidas para todo el año fueron positivas para todos los tratamientos (Fig. 2). La mayor utilidad se obtuvo en el tratamiento con monocultivo de trigo sembrado a 2 hileras en camas permanentes, con 4 riegos y retención de rastrojo (TT, CP, Dej, 2H) (\$13,783 MXN/ha) debido a que este tratamiento obtuvo el mayor rendimiento (Tabla 2). En el tratamiento con la práctica común del productor, con monocultivo de trigo, camas convencionales y incorporando rastrojo se tuvo una utilidad de 11,887 MXN/ha.

Los costos de producción de trigo fueron \$18,431 MXN/ha en todos tratamientos con camas permanentes, mientras que en TT, CC, D los costos fueron \$17,129 MXN/ha. Cabe mencionar que los costos en camas permanentes fueron más altos que normal debido a que se tuvo que aplicar cuatro veces glifosato durante el verano debido a un problema con la aplicación.

La menor utilidad de trigo se tuvo en camas permanentes con aplicación de 3 riegos (TT, CP, Dej, 3R) (\$7,052 MXN/ha), mientras que la utilidad en el tratamiento con 3 riegos en camas convencionales fue de \$9,875 MXN/ha. El costo de un riego en la región es \$350 MXN/ha mientras que el rendimiento con tres riegos es aproximadamente una tonelada de grano o \$3,900 MXN más bajo que el rendimiento con cuatro riegos. Reducir el número de riegos entonces no es una práctica económicamente atractiva por

el momento, sin embargo, los tratamientos con tres riegos demuestran que con tres riegos todavía se puede producir trigo en la región de manera rentable. Si en el futuro se presenta una escasez de agua, la producción de trigo con tres riegos podría ser una opción.

La utilidad del cultivo de cártamo en camas permanentes con rotación de trigo, dejando rastrojo fue en promedio \$2,211 MXN/ha. La rotación con cártamo entonces es menos rentable que el monocultivo de trigo, con los precios y condiciones del ciclo otoño-invierno 2016-2017. En la rotación de trigo con cártamo la utilidad promedio fue de \$7,681 MXN/ha y en la rotación de dos años trigo y un año cártamo la utilidad promedio fue \$9,282 MXN/ha.



Abreviaciones: T=trigo, C=cártamo; Practica de labranza: CC=camas con labranza convencional, CP= camas permanentes; Manejo de rastrojo: Dej= dejar todo el rastrojo, Rem= remover todo el rastrojo; 3R= 3 riegos de auxilio y 2H= Siembra a 2 hileras.

Fig. 2. Utilidad neta de los tratamientos en la plataforma Cajeme II, Sonora, en el ciclo 2016-2017.

Trilla de trigo en la plataforma Cajeme II, Sonora, el 26 de abril de 2017.



TABLA 2. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CICLO 2016-2017 DE LA PLATAFORMA CAJEME II, SONORA.

Tratamiento	TT, CC, Dej	TT, CP, Dej	TT, CP, Rem	TT, CP, Dej, 2H	TC, CP, Dej	CT, CP, Dej	TTC, CP, Dej	TCT, CP, Dej	CTT, CP, Dej	TT, CC, Dej, 3R	TT, CP, Dej, 3R
Costo preparación suelo (MXN/ha)	1,900	0	0	0	0	0	0	0	0	1,900	0
Costo siembra (MXN/ha)	1,202	1,202	1,202	1,202	1,202	980	980	1,202	1,202	1,202	1,202
Costo fertilización (MXN/ha)	5,740	5,740	5,740	5,740	5,740	4,220	4,220	5,740	5,740	5,740	5,740
Costo control plagas y malezas (MXN/ha)	4,837	8,039	8,039	8,039	8,039	6,959	6,959	8,039	8,039	4,837	8,039
Costo riegos (MXN/ha)	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,150	2,150	2,400	2,400	2,150	2,150
Costo cosecha (MXN/ha)	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
Costo total (MXN/ha)	17,129	18,431	18,431	18,431	18,431	15,359	15,359	18,431	18,431	16,879	18,181
Rendimiento (t/ha)	7.44	7.83	7.23	8.26	8.08	2.52	2.50	7.93	8.09	6.86	6.47
Precio venta (MXN/t)	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	7,000	7,000	3,900	3,900	3,900	3,900
Ingreso (MXN/ha)	29,016	30,537	28,197	32,214	31,512	17,640	17,500	30,927	31,551	26,754	25,233
Utilidad neta (MXN/ha)	11,887	12,106	9,766	13,783	13,081	2,281	2,141	12,496	13,120	9,875	7,052
Relación beneficio/costo	1.7	1.7	1.5	1.7	1.7	1.1	1.1	1.7	1.7	1.6	1.4

Abreviaciones: T=trigo, C=cártamo; Practica de labranza: CC=camas con labranza convencional, CP= camas permanentes; Manejo de rastrojo: Dej= dejar todo el rastrojo, Rem= remover todo el rastrojo; 3R= 3 riegos de auxilio y 2H= Siembra a 2 hileras.

Conclusiones

La producción de trigo en camas permanentes con retención de residuos alcanzó mayor rendimiento y utilidad que la producción de trigo con la práctica común. La producción en camas permanentes entonces no solamente es una manera de producción más sustentable, también es beneficiosa para el productor. La siembra en dos hileras obtuvo el mayor rendimiento y utilidad de todos los tratamientos y se presenta como opción de mejora del sistema de producción. La producción de trigo con tres riegos de auxilio podría ser una opción en años con poca disponibi-

lidad de agua, sin embargo, por el momento es menos rentable que la producción con cuatro riegos de auxilio.

La rotación de trigo con cártamo fue menos rentable que el monocultivo de trigo con los precios y condiciones de ese año. Se deberá evaluar los tratamientos con rotación por varios años para determinar si los beneficios de la rotación superan las desventajas. Además, se pueden considerar otros cultivos de rotación como el garbanzo, que es una opción muy rentable para la zona. En otro experimento en el mismo sitio experimental se están haciendo estas comparaciones con diferentes cultivos alternativos.

