

## Desarrollo y rendimiento del maíz bajo cuatro sistemas productivos basados en Agricultura de Conservación

GONZÁLEZ C., Marino†, CANTÚ A., Miguel Angel, GÓMEZ M., Noel O., y FIGUEROA L., Hugo.O. *gonzalez.marino@inifap.gob.mx*

Recibido Julio 10, 2015; Aceptado Febrero 8, 2016

### Resumen

#### Desarrollo y rendimiento del maíz bajo cuatro sistemas productivos basados en Agricultura de Conservación

Durante el ciclo PV2014 en Iguala, Gro., por tercer año consecutivo se estableció una plataforma experimental bajo un diseño de bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones, en donde se probó el efecto sobre el desarrollo y rendimiento del maíz de 16 tratamientos resultantes de la combinación de cuatro niveles de labranza: Tradicional (LT), Conservación con rastrojo (LCR), Conservación sin rastrojo (LCS) y Cero Labranza (CL); y cuatro sistemas productivos: monocultivo de maíz (M-M), asociación maíz-mucuna (M-MU), rotación maíz-cacahuete (M-C) y rotación maíz-soya (M-S). La parcela experimental constó de 8 surcos de 11 m de largo separados a 80 cm (70.40 m<sup>2</sup>) y como parcela útil se tomaron 10 m de los dos surcos centrales (16 m<sup>2</sup>). De acuerdo a la prueba de comparación de medias (Tukey,  $\alpha$ : 0.05), en cada sistema bajo evaluación, la CL se tradujo en incrementos del rendimientos de grano que variaron en un rango de 23.1 al 141.6% respecto a la LT. Hubo diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a rendimiento de grano y longitud de mazorcas, destacando como mejor tratamiento el sistema M-S+CL y como el peor M-M+LT, considerado como tratamiento testigo.

**Palabras clave:** Rotación de cultivos, Labranza de Conservación, Rastrojo, Maíz.

### Abstract

#### Development and yield of maize under four production systems based on Conservation Agriculture

During the cycle PV2014 in Iguala, Gro., for the third consecutive year established an experimental platform under a complete block design randomized with four replicates, in where it is proved the effect on the development and performance of 16 treatments resulting from the combination of four levels of tillage corn: Traditional (LT), Conservation with stubble (LCR), Conservation no stubble (LCS) and Zero Tillage (CL); and four farming systems: corn monoculture (m-m), corn-mucuna association (M-MU), rotation corn-peanut (M-C) and rotation corn-soybean (M-S). The experimental plot consisted of 8 rows of 11 m long separated to 80 cm (11 x 6.40: 70.40 m<sup>2</sup>) and as plot useful was taken 10 m from the two central furrows (10 x 1.60 = 16 m<sup>2</sup>). According to the mean comparison test (Tukey,  $\alpha$ : 0.05), within four systems under evaluation, the CL resulted in increases in the yields of grain that varied in a range of 23.1 to the 141.6% compared to the LT. There were significant differences between treatments in terms of grain yield and length of ears, standing as best treatment system M-S+CL and M-M+LT worse, considered as control treatment.

**Keywords:** Rotation of crops, Conservation Tillage, Stubble, Corn.

**Citación:** GONZÁLEZ C., Marino† *et al.* Desarrollo y rendimiento del maíz bajo cuatro sistemas productivos basados en Agricultura de Conservación. Foro de Estudios sobre Guerrero, Noviembre de 2015. *Mayo 2015 – Abril 2016, 2-3:117-121*

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: *gonzalez.marino@inifap.gob.mx*)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

De las 70, 230 hectáreas de maíz que cada año se siembran en la región norte de Guerrero, sólo el 2 % dispone de riego y el promedio de rendimiento es de 2.3 toneladas por hectárea, lo que ha permitido sostener una producción regional por arriba de las 180 mil toneladas (SIAP, 2015).

Por su alta dependencia de las lluvias, aunada a las fuertes limitantes que el desnivel y erosión de los suelos imponen en general al cultivo de maíz, las siembras de este grano básico no sólo en esta sino en todas las regiones del estado, resultan susceptibles a las sequías, inundaciones y vientos huracanados que están siendo más frecuentes por efecto del cambio climático. Aparte de esto, el encarecimiento de los insumos y volatilidad del precio del grano, tornan tan riesgosa e incosteable la producción de maíz, que muchos agricultores optan por dejar de cultivarlo, lo que puede conducir a un grave problema de desabastecimiento comercial del grano.

Ante la inviabilidad de la tecnología convencional para enfrentar estos retos productivos, ha surgido la demanda de tecnologías de tipo biológico u orgánico y de prácticas agronómicas que, aparte de ser rentables y competitivas, frenen y reviertan la influencia negativa de factores tecnológicos responsables del cambio climático y, al mismo tiempo, doten a la actividad agrícola de un carácter de sostenibilidad que aún no tiene.

En este sentido, la estrategia nacional denominada Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro), que estará vigente durante el periodo 2010-2020, entre sus acciones contempla el establecimiento de plataformas experimentales, como la que aquí se describe, en regiones agroecológicas específicas de cada entidad del país, donde a través de la aplicación de los principios básicos de la Agricultura de Conservación (AC), como

son mínima remoción del suelo, rotación de cultivos y manejo de rastrojo, se validen y desarrollen tecnologías, prácticas agronómicas y sistemas de producción que al final contribuyan a alcanzar la meta de aumentar los rendimientos de maíz y trigo, bajar los costos de producción y lograr la sustentabilidad en el campo.

**Metodología**

En 2014 la plataforma experimental ubicada en terrenos del Campo Experimental Iguala (CEIGUA) del INIFAP entró oficialmente en su tercer año de ejecución luego de que en PV2013 las labores de preparación del terreno ya estuvieron apegadas a los principios de AC. El objetivo principal de esta plataforma experimental es evaluar el efecto de niveles de labranza y manejo de rastrojo en el desarrollo y rendimiento del maíz de temporal en rotación con cacahuate y soya y en asociación con mucuna, acorde con las demandas tecnológicas de los productores estatales, especialmente los de la región norte de Guerrero.

En el ciclo PV 2014, todos los lotes o tratamientos fueron sembrados con maíz, solo o asociado con mucuna, porque así correspondía a los distintos sistemas de rotación de cultivos que se están probando. Las coordenadas geográficas del lugar son: 18° 20'58.13" L.N. y 99° 30'25.55" L.O. Se trata de un suelo plano, franco arcilloso, muy alcalino (pH: 8.06), moderadamente bajo contenido de materia orgánica (1.48 %) y fósforo (P-Olsen: 13.4 ppm), moderadamente alto en N-inorgánico (24.6 ppm). Las condiciones de la zona son: clima cálido subhúmedo Aw<sub>0</sub> (w) (e) g, precipitación media anual de 800 a 1100 mm, temperatura media 28 °C.

Con base en los tres componentes fundamentales de la AC, se definieron 16 tratamientos resultantes de la combinación de cuatro niveles de labranza: tradicional (LT), de conservación con (LCR) y sin rastrojo (LCS) y

**ALIMENTOS**

cero labranza (CL) y cuatro sistemas de cultivo: monocultivo de maíz (M-M), asociación maíz-mucuna (M-MU), rotación maíz-cacahuete (M-C) y rotación maíz-soya (M-S), cuya distribución en campo se ciñó a un diseño de bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones por tratamiento, en donde la parcela experimental constó de ocho surcos o hileras de siembra de 11 m de largo distanciados a 80 cm ( $11 \times 6.40 = 70.40 \text{ m}^2$ ) y la dimensión de la parcela útil para rendimiento de grano y biomasa del maíz (solo o asociado con mucuna) fueron 10 m de los dos surcos centrales ( $10 \times 1.60 = 16 \text{ m}^2$ ).

Las prácticas de labranza, incluyendo el manejo del rastrojo en cada caso se conceptualizaron como sigue: CL: sin remoción o roturación del suelo, dejando 50% del rastrojo en la superficie; LC: un rastreo (15 cm) y surcado antes de la siembra, con dos variantes, una quitando el rastrojo (LCS) y otra incorporando el 50% de éste mediante rastreo (LCR); LT: barbecho profundo con arado reversible de discos (30 cm) y surcado antes de la siembra, quitando el rastrojo.

La determinación del rendimiento de grano y biomasa del maíz (solo o asociado con mucuna) se realizó empleando los métodos especificados por el CIMMYT (2012). Al momento de realizar los muestreos de rendimiento, en todos los casos se estimaron en el maíz otras variables: altura de planta, diámetro de tallo, número y tamaño de mazorcas y densidad de plantas.

Las labores de preparación del suelo como son barbecho, rastreo y surcado con maquinaria se realizaron del 18 y 19 de junio, el surcado el 12 de julio y el trazado de hileras en los lotes bajo CL el 14 de julio. Las variedades, fechas y densidades de siembra, fórmulas de fertilización y labores agrícolas específicas de cada uno de los cultivos sembrados estuvieron apegadas a los lineamientos propuestos por

Mayo 2015 – Abril 2016 Vol.2 No.3 117-121  
Gómez *et al.*, 2007; Manjarrez *et al.*, 2002a; y Manjarrez *et al.*, 2002b.

**Resultados**

De acuerdo con los datos de la Tabla 1, en cuanto a las características agronómicas del maíz sólo se detectaron diferencias significativas en longitud de mazorca, aspecto en el cual el mejor tratamiento fue el M-C+CL (14.67 cm) y el peor tratamiento el M-M+LT (11.91 cm). Fueron las plantas de los tratamientos M-C y M-S bajo CL y LCS las que desarrollaron una altura cercana a la normal del genotipo sembrado (223- 250 cm), en tanto que con LT la planta en general tuvo baja altura al no sobrepasar los 208 cm. En cuanto a diámetro del tallo, el valor mayor (2.32 cm) le correspondió al tratamiento M-M+CL y el menor valor (1.92 cm) al tratamiento M-MU+LCR. La tendencia del maíz a lograr una altura normal de planta y producir mazorcas de mayor longitud fue más consistente en los tratamientos bajo CL, sin importar el sistema de cultivo que se tuvo.

En la Tabla 2 se observa que únicamente hubieron diferencias significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ) entre tratamientos para densidades de plantas y rendimiento de grano, en donde el grupo de mayor promedio de rendimiento lo encabezaron los tratamientos M-S+CL (5,259 kg/ha) y M-C+CL (5,227 kg/ha) y en el fondo del grupo de más bajo rendimiento se ubicó el tratamiento M-M+LT (1,519 kg/ha).

Considerando que el rango de densidad de plantas recomendable para el híbrido de maíz H-565 va desde 62 mil hasta 65 mil plantas/ha, y que según la prueba de comparación de medias sólo tres de los tratamientos evaluados –que tuvieron por cierto un rendimiento de grano cercano a la media general- difirieron estadísticamente del resto (Tabla 1), los factores que probablemente influyeron más en el mejor desarrollo de la planta, un mayor tamaño de mazorca y los más altos rendimientos fueron en primer lugar el sistema de rotación de cultivos y

## Artículo

## Foro de Estudios sobre Guerrero

### ALIMENTOS

en segunda instancia el tipo de labranza del suelo. Es difícil discernir si la incorporación del rastrojo tuvo influencia benéfica en el incremento del rendimiento, porque según los datos de la Tabla 2, en ninguno de los sistemas productivos se observa que la LCR superó estadísticamente en rendimiento al uso de LCS.

CUADRO 1. PROMEDIOS Y SIGNIFICANCIAS DE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL MAÍZ .P.V. 2014

Trat.	Altura Planta (cm)	Diám. Tallo (cm)	Long. Mazorca (cm)	Diám. Mazorca (cm)
M-C+LT	208.55 a	2.29 a	14.48 ab	4.86 a
M-S+LT	197.60 a	2.20 a	14.02 ab	4.66 a
M-M+LT	200.87 a	2.19 a	11.91 b	4.46 a
M-MU+LT	189.92 a	1.96 a	13.47 ab	4.53 a
M-C+LCS	217.10 a	2.18 a	14.31 ab	4.63 a
M-S+LCS	216.62 a	2.11 a	13.65 ab	4.75 a
M-M+LCS	210.72 a	2.14 a	13.25 ab	4.79 a
M-MU+LCS	204.92 a	2.01 a	13.03 ab	4.55 a
M-C+LCR	216.37 a	2.22 a	14.18 ab	4.91 a
M-S+LCR	207.85 a	2.15 a	13.79 ab	4.68 a
M-M+LCR	206.72 a	2.05 a	13.51 ab	4.71 a
M-MU+LCR	196.55 a	1.92 a	13.91 ab	4.57 a
M-C+CL	217.65 a	2.21 a	14.67 a	4.91 a
M-S+CL	216.85 a	2.31 a	14.21 ab	4.78 a
M-M+CL	211.30 a	2.34 a	14.43 ab	4.63 a
M-MU+CL	198.50 a	2.21 a	13.72 ab	4.56 a
MEDIA	207.38	2.16	13.78	4.69
C.V.	5.6952	10.5697	7.3562	4.2987
DMS (Tukey=0.05)	30.17	0.58	2.59	0.51

M-C=Rotación maíz-cacahuete; M-S=Rotación maíz-soya; M-M=Monocultivo maíz; M-MU=Asociación maíz mucuna; LCR=Labranza de Conservación con 50% de rastrojo incorporado; LCS=Labranza de Conservación quitando todo el rastrojo; LT=Labranza Tradicional quitando todo el rastrojo; CL=Cero Labranza con 50% de rastrojo encima

Según los promedios generales de rendimiento de grano incluidos en el Gráfico 1, entre los tres tratamientos más sobresalientes figura en primer lugar M-S+CL (5,259 kg/ha) seguido muy de cerca por M-C+CL (5,227 kg/ha) y un poco más abajo aparece M-C+LCR (4,879 kg/ha). Esto refleja las ventajas que se obtienen al combinar la rotación de cultivo con la nula o mínima rotación de cultivos y conservación de la mitad del rastrojo en el terreno. El doble efecto benéfico de la mínima labranza y conservación del rastrojo queda de manifiesto

Mayo 2015 – Abril 2016 Vol.2 No.3 117-121

en el sistema de cultivo M-M en donde el mayor rendimiento global se obtuvo bajo CL (3,670 kg/ha) que superó en 141.6% (2,151 kg/ha) el rendimiento de este sistema bajo LT considerado como testigo regional.

CUADRO 2. PROMEDIOS Y SIGNIFICANCIA DE RENDIMIENTOS DE GRANO Y BIOMASA DEL MAÍZ P.V. 2014

Trat.	Núm. Plantas por ha	Rend. grano (kg/ha)	Biomasa (kg/ha)
M-C+LT	60,979 ab	3,200 abc	7,278 a
M-S+LT	57,199 b	3,241 abc	5,964 a
M-M+LT	64,643 ab	1,519 c	6,501 a
M-MU+LT	62,355 ab	2,562 bc	10,647 a
M-C+LCS	66,478 ab	4,379 ab	8,921 a
M-S+LCS	61,874 ab	4,845 ab	6,839 a
M-M+LCS	59,518 ab	2,994 abc	6,586 a
M-MU+LCS	67,298 ab	2,970 abc	10,614 a
M-C+LCR	66,422 ab	4,879 ab	7,399 a
M-S+LCR	66,586 ab	3,405 abc	9,182 a
M-M+LCR	57,227 b	3,241 abc	7,490 a
M-MU+LCR	64,156 ab	1,881 c	7,784 a
M-C+CL	66,953 ab	5,227 a	8,957 a
M-S+CL	66,832 ab	5,259 a	7,766 a
M-M+CL	65,608 ab	3,670 abc	7,489 a
M-MU+CL	69,268a	3,154 abc	8,094 a
MEDIA	63,962	3,527	8,094
C.V.	6.2501	27.2269	29.2359
DMS (Tukey=0.05)	10,213	2,453	6,045

M-C=Rotación maíz-cacahuete; M-S=Rotación maíz-soya; M-M=Monocultivo maíz; M-MU=Asociación maíz mucuna; LCR=Labranza de Conservación con 50% de rastrojo incorporado; LCS=Labranza de Conservación quitando todo el rastrojo; LT=Labranza Tradicional quitando todo el rastrojo; CL=Cero Labranza con 50% de rastrojo encima

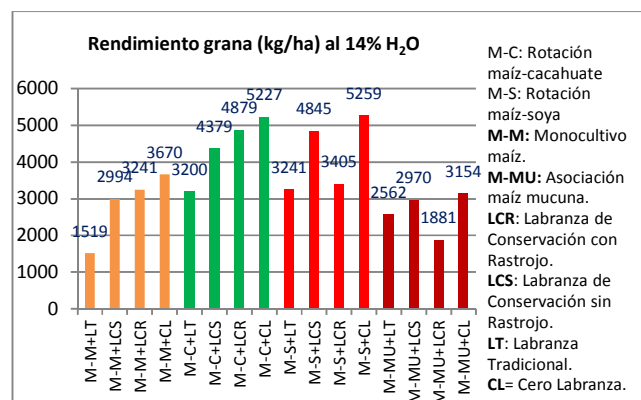


Gráfico 1. Rendimiento de grano del maíz H-565 en cuatro sistemas productivos basados en AC. P.V.2014

**Artículo****Foro de Estudios sobre Guerrero****ALIMENTOS****Agradecimiento**

Los resultados aquí publicados provienen del proyecto “Plataforma experimental de Agricultura de Conservación en Iguala, Guerrero, año tres” financiado con fondos de la estrategia MasAgro SAGARPA-CIMMYT.

**Conclusiones**

- 1) La aplicación de los principios de la Agricultura de Conservación permite mejorar notoriamente el desarrollo y rendimiento de grano del maíz de temporal en la región Norte de Guerrero
- 2) Hay notorios incrementos del rendimiento de grano en los cuatro sistemas de maíz evaluados al aplicar cero labranza y labranza de conservación sin rastrojo respecto a labranza tradicional, pero los incrementos resultan estadísticamente significativos solamente en los sistemas M-S y M-C
- 3) La cero labranza en combinación con los sistemas anuales de rotación maíz-cacahuete y maíz-soya permiten incrementar el rendimiento y la sustentabilidad del cultivo de maíz.

**Referencias**

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2012. **Manual de determinación de rendimiento**. México, D.F. 36 p.

Gómez MNO, González CM, Manjarrez SM, Murillo NP y Cruzaley SR. 2007. **Manual para producir maíz en el estado de Guerrero**. CIRPAS, CEIGUA. Iguala, Gro. 36 p. (Folleto para Productores Núm. 15)

Gómez MNO, Cantú AMA, Sierra MM, Hernández GCA, Espinosa CA y González CM. 2013. **H-565, Nueva alternativa de maíz para el trópico bajo de México**. CEIGUA, CIRPAS, INIFAP. Iguala, Gro. 52 p. (Folleto Técnico Núm. 19)

Mayo 2015 – Abril 2016 Vol.2 No.3 117-121

Manjarrez SM, Murillo NP, Hernández HH y Aguilar JA. 2002. **Maíz asociado con mucuna. Excelente sistema de producción para el ganadero guerrerense**. CIRPAS, CEIGUA. Iguala, Gro. 12 p. (Folleto para Productores Núm. 8)

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-producción-agricola-por-cultivo/> (Consulta realizada el 13 de agosto de 2015)

Torres JIC y Noriega CDH. 2002. **Guía para producir cacahuete de temporal en la región Norte de Guerrero**. CIRPAS, CEIGUA. Iguala, Gro. 27 p. (Folleto para Productores Núm. 9)

Torres JIC, Hernández SJH, Sánchez DS, Barrera OA, Alvarado MS, Martínez GC, Muñoz OA, Santacruz VA y Soriano BM. 2005. **Guía para cultivar cacahuete de temporal en la cuenca del Alto Balsas**. INIFAP, CP, UACH, UAG. Zacatepec, Mor. 28 p. (Folleto para Productores Núm. 41)