



Avances en Agricultura Sustentable

Resultados de plataformas de investigación
de los hubs Chiapas y Península de
Yucatán. México 2016-2023



Avances en Agricultura Sustentable

Resultados de plataformas
de investigación de
los hubs Chiapas y
Península de Yucatán.
México 2016–2023



Autores

Rodolfo Vilchis Ramos
Simon Fonteyne

Revisión Técnica

Simon Fonteyne
Ana Rosa García Lopez

Editores

Fernando Morales Garcilazo

Diseño y diagramación editorial

Mayra Katy Servín Meza

Cita correcta: Vilchis Ramos, R., & Fonteyne, S. (2024). *Avances en agricultura sustentable: Resultados de plataformas de investigación de los hubs Chiapas y Península de Yucatán. México 2016-2023*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

ISBN: 978-607-8263-97-7

© Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), 2024. Todos los derechos reservados. Las designaciones empleadas en la presentación de los materiales incluidos en este documento de ninguna manera expresan la opinión del cimmyt o de sus patrocinadores respecto al estado legal de cualquier país, territorio, ciudad o zona, o de las autoridades de estos, o respecto a la delimitación de sus fronteras. Las opiniones expresadas son las del (los) autor (es) y no necesariamente representan las del CIMMYT ni las de nuestros aliados. El CIMMYT autoriza el uso razonable de este material, siempre y cuando se cite la fuente. La información contenida en la publicación *Avances en Agricultura Sustentable. Resultados de plataformas de investigación de los hubs Chiapas y Península de Yucatán, México, 2016 - 2023, México, 2012-2021*, se deriva de las actividades en las plataformas como parte de: MasAgro productor y Cultivos para México, apoyado por la SADER, y la iniciativa AgriLAC Resiliente del CGIAR, Milpa Sustentable, apoyado por Fundación Citibanamex.



CIMMYT

Director General
Bram Govaerts

Directora del Programa de Sistemas
Agroalimentarios Sustentables
Sieglinde Snapp

Coordinador de Investigación Agronómica
Simon Fonteyne

Gerente de Divulgación
Francisco Alarcón

Gerente de Hub
Jorge Octavio García Santiago

Coordinador de Investigación Hub
Rodolfo Vilchis Ramos



AVANCES EN AGRICULTURA SUSTENTABLE
Resultados de plataformas
de investigación de los hubs Chiapas
y Península de Yucatán. México 2016-2023

Índice de Contenidos

Introducción	8
Chiapas	9
Comitán de Domínguez, Chiapas	10
Resultados y aprendizajes	12
Práctica de labranza	13
Densidad de siembra	14
Manejo de residuos	15
Sistema de producción	16
Variedades de jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.)	19
Genotipos de maíces criollos	20
Conclusiones	21
Bibliografía	21
Archivo fotográfico	22
Larráinzar, Chiapas	24
Resultados	26
Fertilización	26
Diversificación de cultivos	28
Manejo de residuos	29
Arreglo topológico	30
Aprendizajes y resumen de resultados de la plataforma de investigación Larráinzar, Chiapas	31
Archivo fotográfico	32
Ocosingo, Chiapas	34
Resultados	36
Diversificación de cultivos	36
¿Cultivos intercalados o rotación?	36
Arreglo topológico de cultivos intercalados	37
Agricultura de conservación	38
Cultivos asociados al maíz	39
Aprendizajes y Resumen de resultados de la plataforma de investigación Ocosingo, Chiapas	40
Bibliografía	40
Archivo fotográfico	41
Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas	44
Resultados y Aprendizajes	46
Labranza	46
Uso de rastrojo como cobertura	47
Efecto de la rotación de cultivos	48
Manejo de malezas	49
Siembra mecanizada	50
Evaluación de híbridos	51
Evaluación de criollos	53
Uso de micorrizas	55
Conclusiones	57
Bibliografía	57
Archivo fotográfico	58

Plataforma Villa Corzo, Chiapas	62
Resultados y Aprendizajes	63
Mayor rendimiento con Labranza Cero que Convencional	63
Manejo de residuos de cosecha	65
Agricultura de conservación y convencional	66
Leguminosas una opción para disminuir dosis de fertilizantes nitrogenados	68
Híbridos y fechas de siembra	70
Conclusiones	71
Bibliografía	72
Archivo fotográfico	72

Yucatán	77
Hopelchén, Campeche	78
Resultados y aprendizajes	79
Práctica de labranza	79
Rotación de cultivos	81
Uso de microorganismos	82
Manejo de la fertilización	83
Conclusiones	84
Archivo fotográfico	85
Plataforma de Investigación Peto, Yucatán	88
Introducción	88
Resultados y aprendizajes	89
Manejo del rastrojo (dejar y quemar)	89
Efecto de los cultivos intercalados (ibes-calabaza o cajanus-calabaza y mucuna)	91
Arreglos topológicos (1 m×1 m×4 semillas y 1 m×0.5 m×2 semillas)	92
Vitrina de maíces criollos	93
Ensayo de fertilización	95
Cultivos alternativos	98
Conclusiones	99
Bibliografía	100
Archivo fotográfico	100
Plataforma de Investigación Yaxcabá, Yucatán	104
Introducción	104
Resultados y aprendizajes	105
Manejo del rastrojo (dejar y quemar)	105
Efecto de los cultivos asociados al maíz (ibes-calabaza y mucuna)	106
Arreglos topológicos (1 m×1 m×4 semillas y 1 m×0.5 m×2 semillas)	107
Conclusiones	108
Archivo fotográfico	108



Introducción

Los cereales y legumbres constituyen la base de la alimentación humana y su consumo es beneficioso para la salud. A nivel mundial, estos constituyen la fuente principal de energía de la dieta en prácticamente todas las poblaciones. De hecho, se estima que el arroz, el maíz y el trigo representan alrededor del 60% de la energía que se obtiene de los alimentos a nivel mundial (Hervert-Hernández, 2022).

En México, el maíz es el cereal más importante. Su importancia es tal, que forma parte de la propia cultura y de la identidad de los mexicanos. Sin embargo, este no es el único cereal que se siembra en nuestro país. Algunos de los cereales principales que se encuentran en el listado de cultivos de interés en México son el trigo, el sorgo, el arroz y la avena (SIAP, 2023).

Con respecto a las legumbres, en la alimentación humana y animal se utilizan hasta 150 especies de leguminosas. Las más relevantes para el consumo humano son los frijoles o judías, lentejas, chícharos o guisantes, garbanzos, habas y caupíes (Olmedilla *et al.*, 2010). Las leguminosas, al ser fijadoras de nitrógeno, contribuyen a la fertilidad y productividad de las tierras agrícolas, por lo que su siembra contribuye a la agricultura sostenible y a la protección de los suelos.

La fijación biológica de nitrógeno representa una alternativa a la fertilización nitrogenada, ya que puede disminuir muchos de los efectos negativos que dicha fertilización produce tanto a nivel medioambiental, como a nivel sanitario (Baquero Peñuela y Salamanca Solís, 2006). Considerando que la productividad de los suelos se ve influenciada por sus propiedades físicas, biológicas y químicas —mismas que se afectan por diversos factores derivados del tipo de uso de suelo—, por lo tanto, integrar leguminosas en los sistemas de producción de maíz resulta una alternativa ante dicha problemática (Pérez González *et al.*, 2022).

La expansión y la intensificación de la agricultura son las principales causas de la degradación y pérdida de los recursos naturales. Por lo tanto, se necesita

un nuevo modelo de producción de cultivos para enfrentar los desafíos que plantea lograr la seguridad alimentaria, mientras se minimizan los impactos negativos en el medioambiente (Fortin y Miroslava, 2020), considerando, por ejemplo, que los estados del sur de México enfrentan problemas fuertes de degradación de suelos, bajos rendimientos en los cultivos, altos costos de producción, plagas y enfermedades, además de la deforestación y pérdida de biodiversidad.

Dado este contexto, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) inició en 2011 la red de plataformas de investigación en los nodos de innovación Chiapas y Península de Yucatán (Campeche, Yucatán y Quintana Roo) donde se realiza investigación aplicada para validar prácticas y tecnologías sustentables que puedan contribuir a mejorar los procesos productivos de los cultivos de maíz y frijol, principalmente, y enfrentar los desafíos de lograr la seguridad alimentaria, minimizando los impactos negativos en el medioambiente.

Durante el periodo que han funcionado las plataformas de investigación agronómica se ha generado información relevante que se presentaran en este libro. Las plataformas del hub Chiapas y hub Península de Yucatán han sido resultado de las colaboraciones con el Instituto Tecnológico de Comitán (ITC), la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Servicios Integrales de Asesoría Externa Profesional S. de R.L. (SIAEP), Desarrollo Humano y Servicios Profesionales EL Can'chix S C (Can'chix), Agroenlace Campeche S. A. de C. V. (Agroenlace), Rubén de la Piedra Constantino, Reynel Espinosa Solís y Mateo Pérez Santiz.

Los lectores podrán encontrar en este libro los resultados de las plataformas en donde ya se han podido generar suficientes datos para hacer conclusiones basadas en evidencias sólidas. Esperamos que el libro pueda servir de inspiración a los productores y su red de actores para que sus actividades en el campo sean más productivas, rentables y sustentables.



Comitán de Domínguez, Chiapas

Nombre plataforma	Comitán de Domínguez, Chiapas
Colaboradores	Isac Carlos Rivas Jacobo - Instituto Tecnológico de Comitán
Ubicación	Instituto Tecnológico de Comitán, situado en la avenida Instituto Tecnológico, coordenadas geográficas: 16°13'38" LN y 92°04'50" LO
Altitud	1 558 msnm
Clima	Semicálido subhúmedo con lluvias en verano. Precipitación 1150 mm, temperatura media 20 °C
Tipo de producción	Temporal
Año de instalación	2014

La plataforma de investigación agronómica Comitán de Domínguez, Chiapas, se encuentra en los terrenos del Instituto Tecnológico de Comitán, situado en la avenida Instituto Tecnológico Km. 3.5, Yocnajib El Rosario, Comitán de Domínguez, Chiapas. El sistema de producción (Tabla 1) que representa la plataforma es el que prevalece en la región Meseta Comiteca Tojolabal bajo condiciones de temporal.

Los cultivos principales de este sistema son el maíz y el frijol con poca diversificación de otras especies, donde la mayor parte de los productores siembran genotipos criollos y variedades de polinización libre de estos dos cultivos. Con respecto al manejo de los residuos, normalmente estos se queman o se utilizan como alimento para el ganado (empacados, molidos o pastoreo directo).

La siembra convencional en la región se realiza sobre el suelo preparado mediante el paso de arado de discos (25 cm de profundidad), después un paso de rastra (15 cm de profundidad), seguido del trazo de surcos y siembra de forma manual a fondo de raya, la fertilización se basa en el uso de fertilizantes químicos de forma empírica, por lo que suele ser deficiente para complementar los requerimientos de los cultivos.

El manejo de malezas se realiza mediante un alto uso de herbicidas de contacto (principalmente paraquat), de igual manera el manejo de plagas y enfermedades se realiza mediante el uso de productos químicos sin considerar acciones preventivas o de manejo alternativo con bajo impacto ambiental.

Así, en la plataforma de investigación Comitán se busca validar alternativas para los productores locales y de los alrededores en términos de productividad, sustentabilidad y rentabilidad. Las actividades de investigación agronómica en la plataforma iniciaron en el ciclo primavera-verano (PV) 2014, cuando se realizó la siembra de maíz con el objetivo de estandarizar las condiciones del suelo y producir rastrojo para que en el ciclo PV 2015 se iniciaran las evaluaciones de sistemas de producción agronómica con base en los componentes de agricultura de conservación (AC).

Previo a la siembra se realizó el diagnóstico de parcela: se midió la profundidad del suelo (30 cm), se tomaron muestras de suelo para realizar el análisis fisicoquímico (con base a ello se determinó la fórmula de fertilización que es 59-48-00-S15), no se detectó piso de arado, aunque sí pequeñas ondulaciones que presentaban inundaciones, por lo que se realizó la nivelación y se trazaron camas angostas permanentes en la parcela con tratamientos con base en AC.

En los ciclos agrícolas PV 2015, 2016, 2017 y 2018, los factores estudiados fueron:

- prácticas de labranza: camas permanentes angostas y camas angostas con labranza convencional
- manejo del rastrojo: dejar el 100% y remoción del 100%
- densidades de siembra: 31 250, 46 875 y 62 500 semillas por hectárea (semillas/ha.)



Las combinaciones de los niveles de los factores originaron 12 tratamientos, donde las densidades tuvieron los siguientes arreglos topológicos:

- Para 31 250 semillas/ha, la siembra fue a 0.40 m entre mata por 0.80 m entre surco, depositando una semilla.
- Para 46 875 semillas/ha a 0.80 m por 0.80 m sembrando tres semillas por mata.
- Para 62 500 semillas/ha a 0.40 m entre mata y 0.80 m entre surco, depositando dos semillas por mata.

En labranza convencional se realizó un paso de arado de discos a una profundidad de 17 cm, seguido de un paso de rastra a 12 cm de profundidad y surcado, mientras que, en camas permanentes, solo se realizó la reformación de las camas en cada ciclo.

En 2019 se hizo un rediseño de los tratamientos, pero debido al cierre del Instituto Tecnológico durante la pandemia, aun no se han podido generar conclusiones de estos tratamientos, por lo que en este capítulo se reportan resultados preliminares.

■ **Tabla 1:** Características del sistema de producción de la región en torno a la plataforma Comitán Domínguez, Chiapas.

Condiciones agroecológicas	Características sistema de producción	Manejo agronómico	Aspectos socioeconómicos
Clima: Semicálido subhúmedo con lluvias en verano	Régimen hídrico de temporal principalmente	Labranza: convencional (1 paso de arado de discos, 1 paso de rastra y surcado)	Pequeña propiedad, parcela ejidal, comunal (1–5 ha) y arrendamiento de tierras para la agricultura
Temperatura media anual: 14 – 26°C	Cultivo primario maíz y frijol	Uso de criollos, variedades e híbridos	Producción: venta local y el extranjero.
Precipitación anual: 800 – 1 500 mm	Producción agrícola de transición y autoconsumo	Fertilización: química	Mano de obra por pago de jornadas
Suelo: Planosol	Siembras en planicies	Manejo de malezas y plagas principalmente con agroquímicos	Actividad pecuaria de ganado bovino de doble propósito, ovinos, porcinos y ganadería de traspatio
	Suelos degradados	Uso de rastrojo para pastoreo y/o quema	



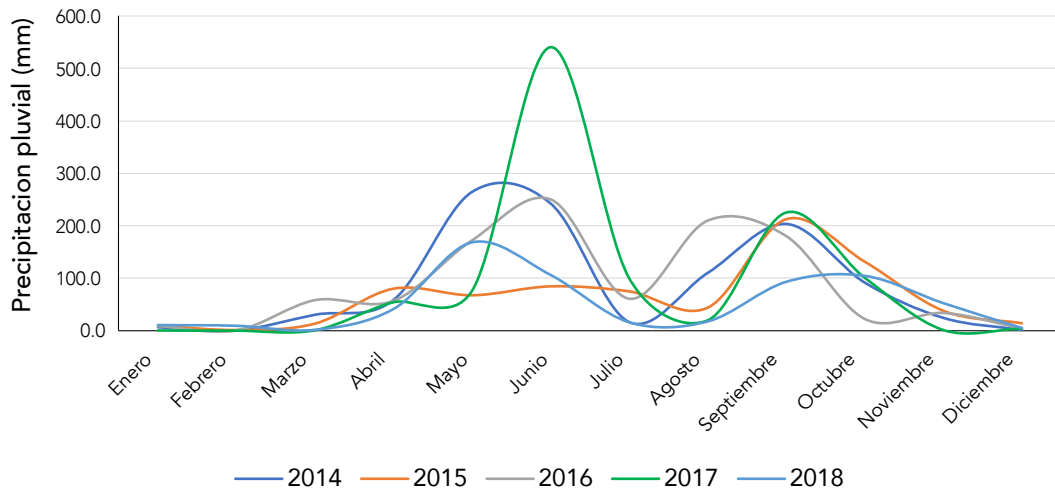
Resultados y aprendizajes

Durante los años 2015, 2016 y 2018 las lluvias que se presentaron en la región fueron atípicas, iniciaron en mayo, disminuyeron en junio, julio y agosto (con distribución errática durante esos meses), y aumentaron y mejoraron su distribución en septiembre y octubre. El año 2017 fue el único en el que las lluvias se presentaron de manera típica y en mayor cantidad anual en la región (Figura 1), a diferencia de los años 2015 y 2018, cuando se tuvieron las más bajas precipitaciones (Figura 1).

En el ciclo PV 2015 se sembró el 10 de septiembre, en el 2016 el 12 de agosto y en el 2018 fue el 18 de septiembre. En el ciclo PV 2017 la siembra se realizó el 29 de junio. Se utilizó semilla de una variedad de maíz de polinización libre que recibe el nombre de V-560 (la cual se originó del proceso de mejoramiento genético para renovar la variedad V-424, realizado por el INIFAP del 2002 al 2006), sembrándose en tres densidades.

Se fertilizó con base en la fórmula 59-48-0- S15, obtenida de los resultados del análisis de suelo. Como fuente se utilizó sulfato de amonio (60 kg), urea (60 kg) y fosfato diamónico (105 kg). Se realizó en dos partes: en la primera se aplicó la mitad de nitrógeno y todo el fósforo y azufre, y en la segunda el resto del nitrógeno, enterrándose de forma manual a unos 10 cm de profundidad y de lado del tallo.

El control de malezas se realizó mediante la aplicación de herbicidas y de forma manual. Para el control de gusano cogollero se realizó mediante el manejo etológico, colocando trampas con feromonas específicas para lepidópteros de *Spodoptera frugiperda*, la primera se instaló al inicio de la emergencia y la segunda a los 30 días después de la primera. Únicamente en el ciclo 2015 se aplicó Spinetoram, y para el control de araña roja se aplicó Dimetoato. En los años 2015, 2016 y 2018, por los problemas de falta de precipitación al final del ciclo de maíz, no se logró establecer cultivo de relevo (canavalia).



■ **Figura 1.** Distribución de la precipitación en Comitán de Domínguez, Chiapas, durante los años 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018. Fuente: Estación meteorológica de Comitán, Chiapas. CNA.



Práctica de labranza

La labranza convencional en las áreas mecanizadas de la región Meseta Comiteca consiste en realizar un paso de arado de discos, seguido de uno o dos pasas de rastra de discos, dependiendo de la condición del suelo. Con esta práctica los productores buscan que el suelo quede lo más mullido (allanado o pulido) posible, de tal manera que no se encuentren terrones al momento de la siembra.

Una tendencia en esta región socioeconómica del estado de Chiapas ha sido dejar de utilizar el arado de discos y solo hacer entre dos y tres pasas de rastra para preparar el suelo, una causa es el incremento en el costo de la labranza con arado de discos.

En la plataforma Comitán, del 2015 al 2018 (PV), se validaron dos prácticas de labranza para el acondicionamiento del suelo previo a la siembra y, como testigo, se implementó la labranza convencional y camas (CC), que consistió en un paso de arado de disco a una profundidad de 20 cm, seguido de un paso de rastra con una profundidad de 15 cm y el surcado; aunque normalmente los productores siembran en el fondo de raya después de hacer el surcado, en la plataforma la siembra no se realizó de esta manera y se cambió a sembrar en el bordo (camas), ya que en la parcela se habían tenido problemas de saturación (exceso de humedad) cuando se presentaban buenas lluvias.

La otra práctica de preparación de suelo que se compara es la de camas permanentes angostas (CP), que consiste primero en acondicionar el suelo mediante labranza convencional y nivelación para después trazar las camas angostas (0.80 m) equidistantes, repitiendo la última raya y una altura promedio de 17 cm. Posteriormente en los siguientes ciclos solo se realizó la reformación de las camas empleando una surcadora.

Después de evaluar los efectos de la labranza convencional y camas (CC) y camas permanentes angostas (CP) por un periodo de cuatro ciclos no se encontraron diferencias en el rendimiento obtenido en el cultivo de maíz cuando se implementaron estas dos prácticas de labranza, teniendo rendimiento promedio de 2.6 toneladas por hectárea (t/ha) con CC y 2.4 t/ha con CP (Figura 2).

En 2015, 2016, y 2018 las lluvias en la región Meseta Comiteca fueron atípicas (iniciaron en mayo; en junio, julio y agosto disminuyeron y estuvieron mal distribuidas; y en septiembre y octubre mejoraron su distribución), afectado negativamente el desarrollo del cultivo. En cambio, en el ciclo PV 2017 las lluvias se presentaron de manera regular y uniforme, alcanzando un promedio de precipitación anual mayor a los otros años de evaluación (Figura 1). Ese año sobresalió el rendimiento con la labranza CC (5 t/ha), en comparación con el rendimiento que tuvo la práctica de CP (3.5 t/ha).

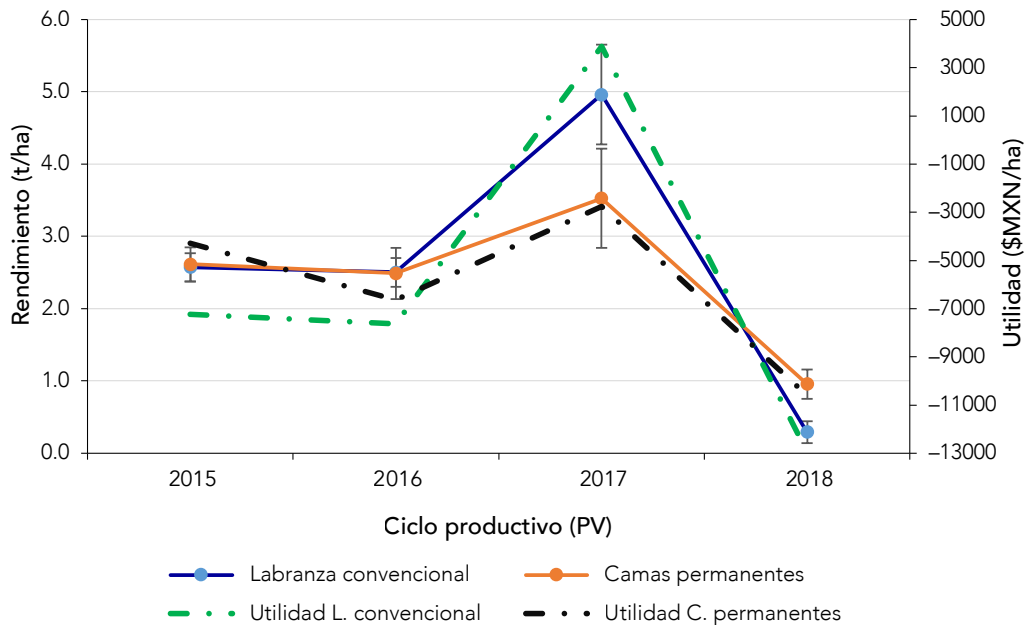


Figura 2. Efecto sobre el rendimiento y la utilidad de las prácticas de Labranza Convencional y Camas & Camas Permanentes, plataforma Comitán, Chiapas. Ciclos PV 2015 – 2018. Abreviatura: L= Labranza y C= Camas.



La utilidad promedio fue muy similar en ambas prácticas de labranza y resultó ser negativa: la práctica de CC tuvo -\$5 981 y CP -\$6 069 MXN/ha. Solamente con la práctica CC en el ciclo PV 2017 se logró tener una utilidad positiva. Además de los factores climáticos, el manejo de las malezas influyó en los bajos rendimientos: en las parcelas con la práctica de CP se tuvo mayor incidencia de malezas por mal manejo principalmente de la grama (*Cynodon dactylon*), quedando como aprendizaje realizar un manejo adecuado de las malezas de difícil control identificadas en el diagnóstico de parcela como parte del acondicionamiento antes de implementar prácticas de labranza mínima o cero labranza.

Densidad de siembra

Como señala Quiroz Mercado *et al.* (2017), la densidad de población es uno de los principales factores que contribuyen a incrementar el rendimiento de grano en maíz. En la plataforma Comitán, durante cuatro ciclos (2015-2018), se evaluó el efecto de tres densidades de siembra (31 250, 46 875 y 62 500 semillas por hectárea) sobre el rendimiento y la utilidad del cultivo de maíz. Los rendimientos variaron en los diferentes ciclos, reportando rendimientos promedio de 2.5, 2.4 y 2.6 t/ha, respectivamente (Figura 3).

Los bajos rendimientos obtenidos también influyeron en la rentabilidad, generando un promedio de utilidad negativa de -\$6 003, -\$6 225 y -\$5 846 MXN

por hectárea para las densidades mencionadas, respectivamente. En 2017, que fue el año con mejores condiciones climáticas para el cultivo de maíz, las densidades de 46 875 y 62 500 semillas/ha tuvieron rendimientos de 4.2 y 4.6 t/ha, respectivamente, superando el rendimiento de la densidad de siembra de 31 250, el cual fue de 3.9 t/ha. De igual manera las densidades 46 875 y 62 500 semillas/ha en este mismo ciclo lograron tener utilidad positiva de \$543 y \$1 548 MXN por hectárea, respectivamente.

En los años donde las condiciones de lluvias no fueron muy favorables prácticamente no se observan diferencias entre los rendimientos, incluso en algunos ciclos el rendimiento fue mayor con la densidad de siembra más baja fue numericamente mayor. Sarlangue *et al.* (2007) mencionan que el efecto de la densidad de población sobre el rendimiento depende del potencial del material genético. En la evaluación realizada en la plataforma también se observa que las condiciones climáticas intervienen en el potencial de rendimiento.

Como aprendizaje se destaca la importancia de los pronósticos de lluvias que se generan en las Mesas Técnicas Agroclimáticas (MTA) para la toma de decisiones en la planeación del ciclo agrícola y para definir las densidades óptimas de siembra. Así, si las condiciones de lluvia que se pronostican no son muy favorables se puede bajar la densidad de siembra y en condiciones contrarias se debe incrementar.

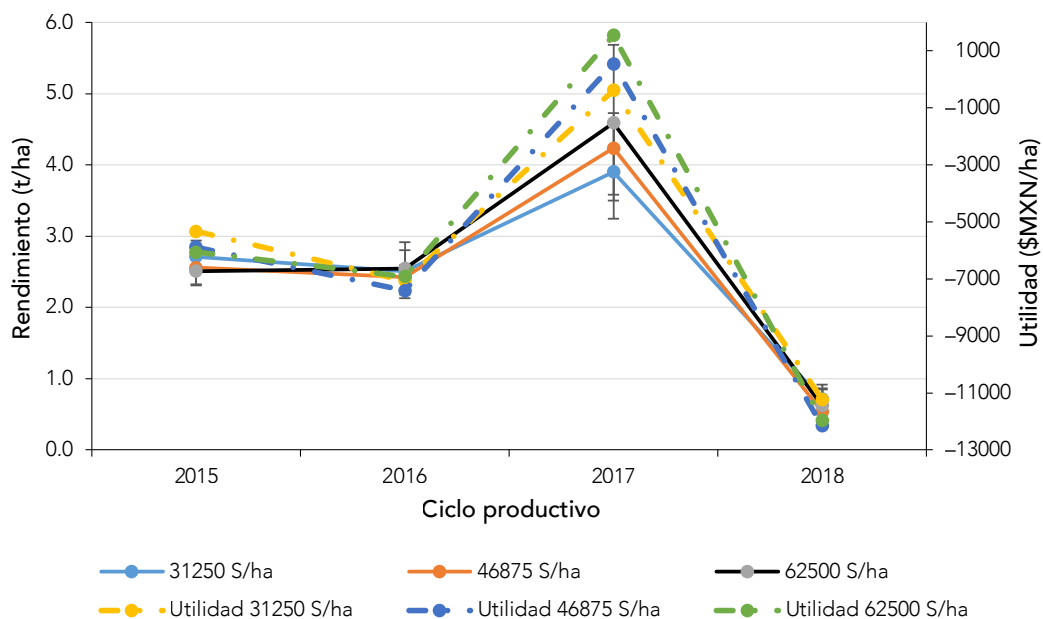


Figura 3. Efecto sobre el rendimiento y la utilidad de las densidades de siembra con 31 250, 46 875 y 62 500 semillas por hectárea, plataforma Comitán, Chiapas. Ciclos PV 2015 – 2018.



Manejo de residuos

Dejar los residuos contribuye a mejorar la fertilidad del suelo y cuando se dejan como cobertura también pueden reducir los niveles de erosión del suelo y conservar más la humedad. Turmel *et al.* (2015) indican que la retención de residuos puede mejorar el ciclo de nutrientes, pero también conducir a la inmovilización y estratificación de los mismos. Así, en la plataforma Comitán también se evaluó el efecto de los manejos de residuos, dejar (D) y remover (R), sobre el rendimiento y la utilidad.

años de evaluación. El rendimiento promedio de D y R fue de 2.5 t/ha en ambos casos y la utilidad promedio fue negativa, donde D tuvo -\$6051 por hectárea y R -\$5999 MXN por hectárea (Figura 4).

Considerando los resultados es necesario evaluar el manejo de residuos en ensayos con enfoque de diversificación que contribuyan al incremento de la biomasa y productividad, a fin de generar información y derivar en recomendaciones que se adapten a las condiciones locales.

El rendimiento y la utilidad de los dos manejos de residuos tuvieron la misma tendencia en los cuatro

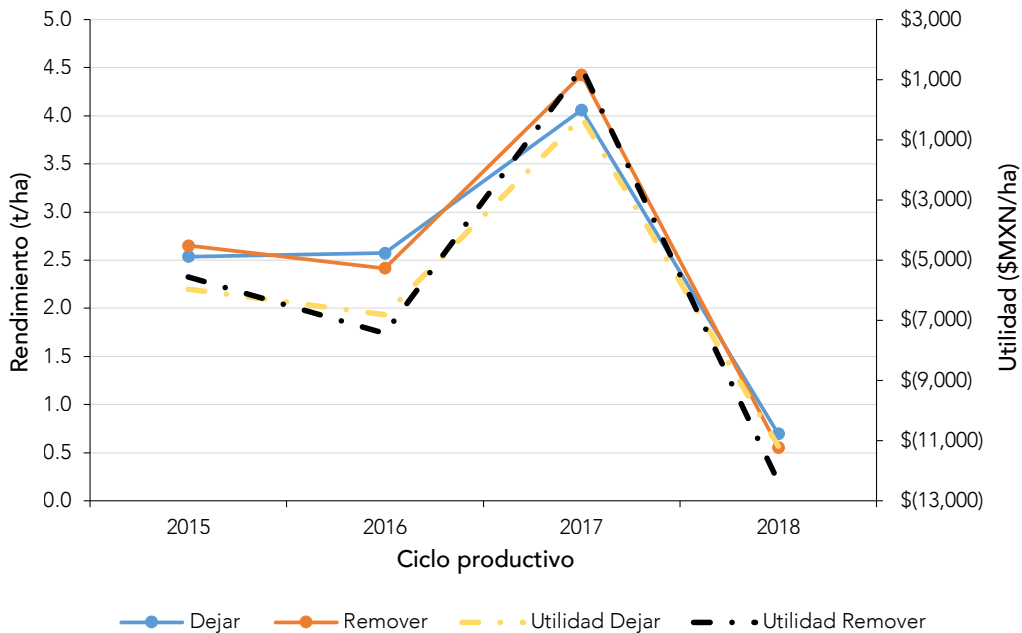


Figura 4. Efecto sobre el rendimiento y la utilidad de los manejos de residuos (dejar y remover), plataforma Comitán, Chiapas. Ciclos PV 2015 – 2018.



Sistema de producción

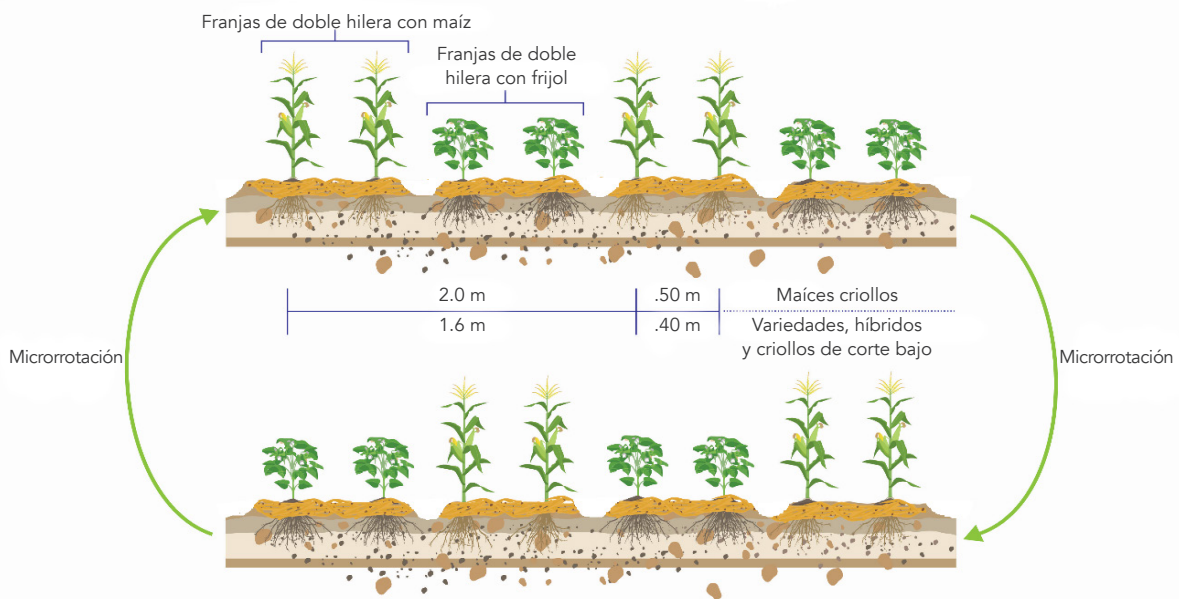
En el ciclo 2019 se realizó un cambio en la investigación, donde se comparó la asociación de frijol y girasol con maíz en franjas de doble hilera, alter-

nando los cultivos con enfoque de micro-rotación, camas permanentes (CP) y camas permanentes y pileteo (CPP) como alternativas a la práctica convencional y a la sequía.

■ **Tabla 2:** Descripción de los tratamientos evaluados en la plataforma Comitán, Chiapas. Ciclo PV 2019.

Tratamiento	Abreviación	Rotación	Practica de labranza	Manejo de rastrojo
1	M, CC, R	Maíz	Labranza convencional y camas angostas	Remove
2	MF,CP,D	Maíz-frijol (siembra en franjas de doble hilera intercalando los cultivos)	Camas permanentes angostas	Dejar
3	M,CP,D	Maíz	Camas permanentes angostas	Dejar
4	MF,CPP,D	Maíz-frijol (siembra en franjas de doble hilera intercalando los cultivos)	Camas permanentes angostas y pileteo	Dejar
5	M,CPP,D	Maíz	Camas permanentes angostas y pileteo	Dejar
6	MGF,CP,D	Maíz/girasol/frijol (siembra en franjas de doble hilera intercalando los cultivos)	Camas permanentes angostas	Dejar

Siembra en franjas de doble hilera y micro-rotación



■ **Figura 5.** Arreglo de siembra intercalada de maíz y frijol en franjas de doble hilera y micro-rotación sobre camas permanentes angostas.



El pileteo es una práctica que consiste en formar pequeñas presas entre los surcos, su función es captar y retener la mayor cantidad posible de agua de lluvia, evitando pérdidas por escurrimiento y logrando una mayor disponibilidad de humedad en el suelo.

La siembra en franjas de doble hilera y micro-ro-

tación (Figura 5) es una práctica con la que se aprovecha de forma eficiente la unidad de superficie aumentando la cobertura por los cultivos y reduciendo la incidencia de malezas. Además, la micro-rotación de los cultivos entre las franjas de doble hilera que se establecen en cada cama de forma alterna contribuye a recuperar la fertilidad del suelo.

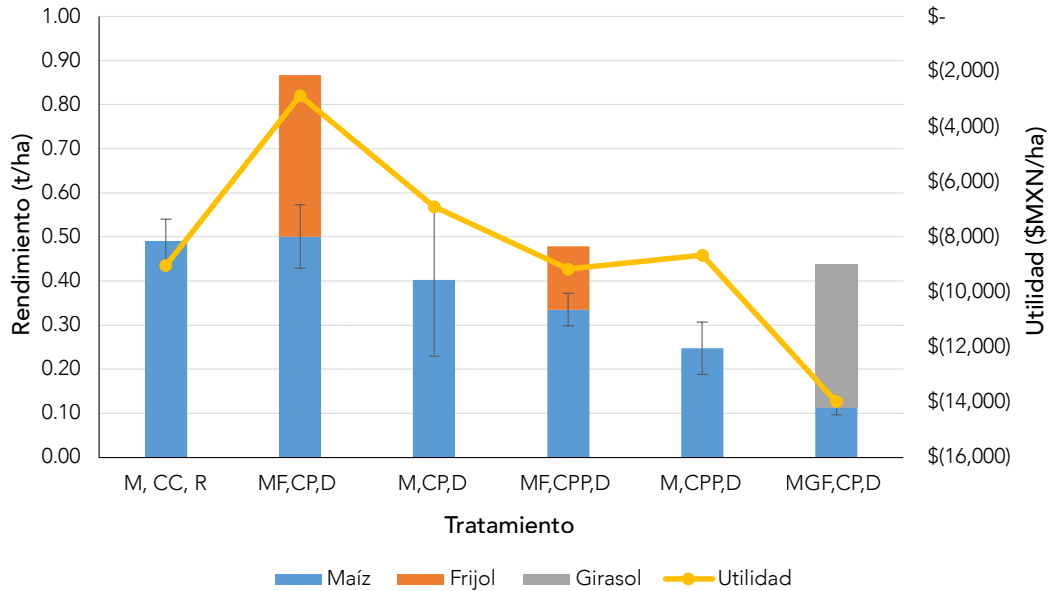


Figura 6.. Rendimiento y utilidad de los tratamientos evaluados en la plataforma Comitán, Chiapas. Ciclo PV 2019.
 Abreviatura: M= Maíz, F= Frijol, G= Girasol, CC= Labranza convencional y Camas angostas, CP= Camas permanentes angostas, CPP= Camas permanentes angostas y Pileteo, R= Remover el 100% de los residuos de cosecha y D= Dejar el 100% de los residuos de cosecha.



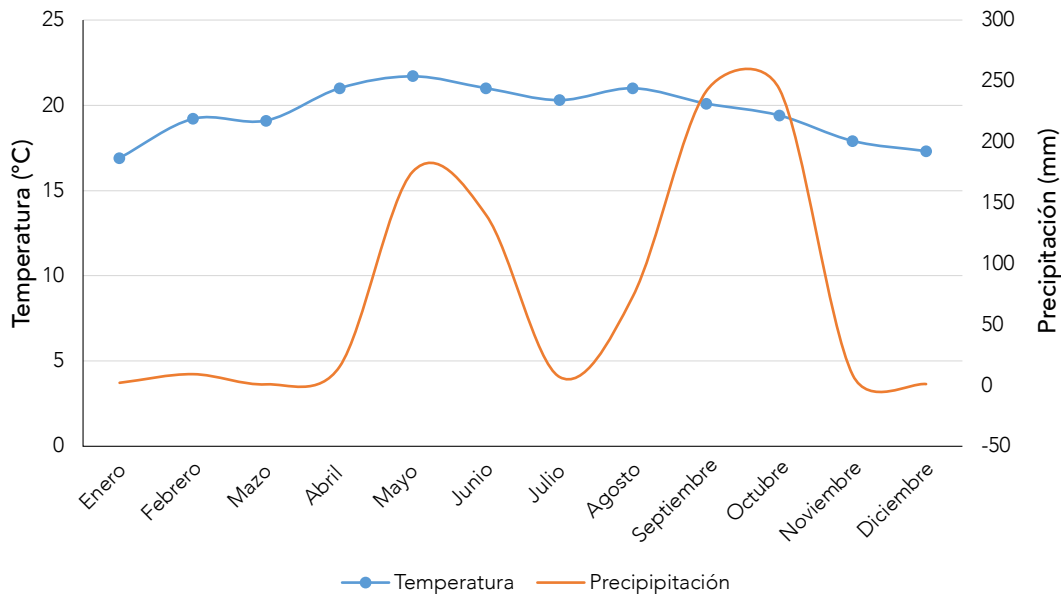
Los resultados obtenidos muestran (Figura 6) que el tratamiento de maíz asociado con frijol, camas permanentes y retención de los residuos de cosecha (MF,CP, D) obtuvo el rendimiento acumulado más alto, alcanzado 0.87 t/ha (maíz: 0.5 t/ha y frijol: 0.37 t/ha) y de igual manera la utilidad fue más alta, resultando con menos pérdidas económicas (-\$2 881.00 MXN por hectárea).

Además, los resultados muestran que lejos de tener un rendimiento más bajo, cuando se tiene más de un cultivo en una superficie determinada, con la siembra intercalada en franjas pasa lo contrario, contribuyendo así a la diversificación funcional para mejorar la fertilidad del suelo, obtener más de un producto en la misma superficie y además reducir la incidencia de malezas por la cobertura de los cultivos establecidos. En este sentido, es importante conocer la factibilidad de asociar cultivos de

forma intercalada para no tener afectaciones por alelopatías.

Con respecto a los tratamientos con la práctica de pileteo, estos tuvieron menos rendimiento en comparación con la siembra en camas debido a que los meses de septiembre y octubre de 2019 fueron muy lluviosos (Figura 7), y ya que la práctica de pileteo busca retener más agua de lluvia en la parcela, al presentarse una precipitación acumulada mayor a 200 mm en cada uno de estos meses, el efecto en el desarrollo del cultivo fue negativo, derivando en rendimientos bajos.

Es importante mencionar que en este ciclo se empleó un genotipo de maíz criollo precoz conocido como Cuarentano que, debido a las intensas lluvias de septiembre y octubre, presentó problemas con roya (*Puccinia* sp.), lo cual tuvo un efecto negativo en el rendimiento.



■ **Figura 7.** Distribución de la precipitación en Comitán de Domínguez, Chiapas, durante el 2019. Fuente: Estación meteorológica de Comitán, Chiapas. CNA.



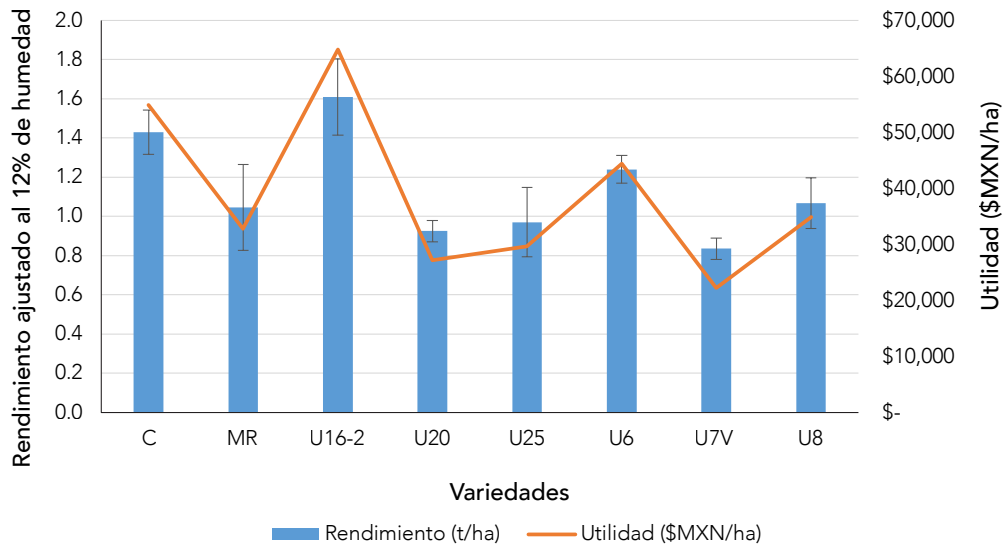
Variedades de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.)

La jamaica es un cultivo que también se puede sembrar asociado al cultivo de maíz. En la plataforma Comitán, Chiapas, durante el ciclo PV 2017, se realizó la evaluación de ocho variedades para conocer el potencial productivo que se podría tener en la región Meseta Comiteca con este cultivo.

El rendimiento más alto lo obtuvo la variedad UAN 16-2 (U16-2), con 1.6 t/ha (Figura 8), mientras que el rendimiento más bajo lo obtuvo la variedad UAN 7 Verde (U7V), con 0.8 t/ha, siendo el rendimiento promedio de 1.1 t/ha, que coincide con el que reportan Ramos-Gutiérrez et al. (2020), quienes compararon dos tipos de cosecha 1) cosecha conti-

nua con seis cortes con intervalos de siete días, con el primero a los 25 días del inicio de floración y 2) cosecha única al final del ciclo y tres variedades de Jamaica (China, UAN6, y UAN) en un arreglo factorial de 2 x 3, en el municipio de Xalisco, Nayarit, obteniendo un rendimiento promedio de 1.1 t/ha sin encontrar diferencia entre los tipos de cosecha.

Elsadig et al. (2013), citado por Ramos-Gutiérrez et al. (2020), mencionan que el número de frutos por rama/planta, así como el número de cápsulas del tallo principal y el peso de frutos, son características importantes que influyen en el rendimiento de cálices por planta.



■ **Figura 8.** Rendimiento y utilidad de las variedades de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) evaluadas en la plataforma Comitán, Chiapas. Ciclo PV 2017.



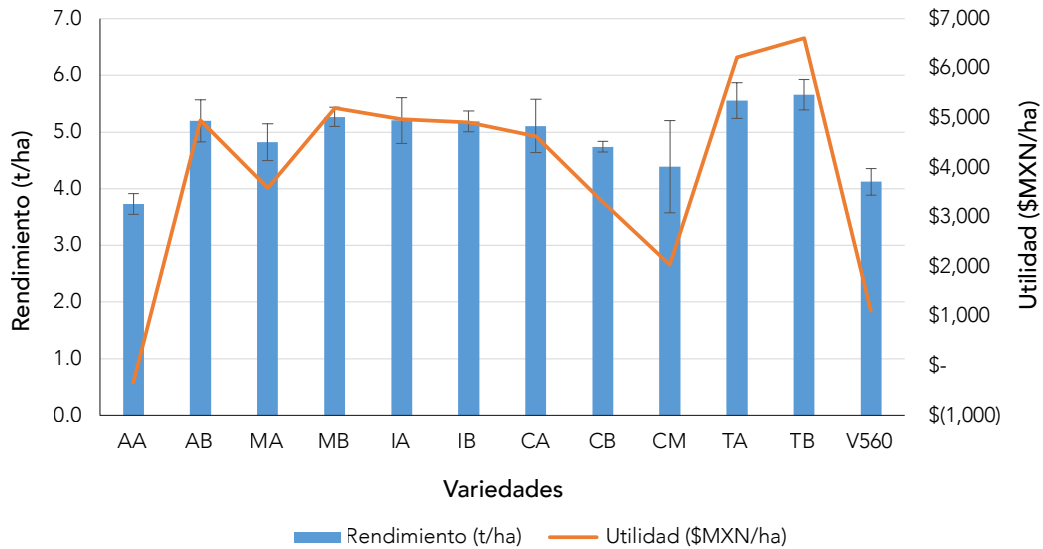
Genotipos de maíces criollos

En la región de la Meseta Comiteca se siembran diferentes genotipos de maíces criollos y en los últimos años se ha intentado introducir maíces híbridos con el argumento de que estos genotipos tienen mayor potencial de rendimiento.

Para que los productores puedan tomar decisiones sobre la factibilidad de seguir utilizando los maíces criollos es necesario evaluar su potencial de rendimiento. Así, en la plataforma Comitán, Chiapas, se evaluaron 11 genotipos de maíces criollos que se siembran en la región de la Meseta Comiteca y se compararon con una variedad precoz (V-560).

Los resultados muestran que 10 de los genotipos de maíces criollos obtuvieron un rendimiento superior al rendimiento que tuvo la V-560 (4.1 t/ha), la utilidad tuvo el mismo comportamiento, y siete de los genotipos obtuvieron un rendimiento por arriba de las 5 t/ha.

La información que se generó con esta evaluación demuestra que los maíces criollos que se siembran en la región de la Meseta Comiteca tienen un potencial de rendimiento por arriba de las 5 t/ha que permiten contribuir a la seguridad alimentaria de las familias y tener la posibilidad de vender el excedente. Es necesario dar seguimiento a la evaluación de maíces criollos para tener datos más concluyentes.



■ **Figura 9.** Rendimiento y utilidad de genotipos de maíces evaluados en la plataforma Comitán, Chiapas. Ciclo PV 2017.
Abreviatura: AA= Amatenango Amarillo, AB= Amatenango Blanco, MA= Margarita Amarillo, MB= Margarita Blanco, IA= Independencia Amarillo, IB= Independencia Blanco, CA= Comiteco Amarillo, CB= Comiteco Blanco, CM= Comiteco Morado, TA= Trinitaria Amarillo, TB= Trinitaria Blanco, V560= V-560



Conclusiones

Limitante	Propuesta	Resultados
Baja productividad (rendimiento y utilidad)	Agricultura de conservación (AC).	Implementar prácticas de agricultura de conservación contribuyó a la obtención de 0.37 t/ha de frijol adicionales al rendimiento del cultivo de maíz, generando una utilidad adicional de \$3 369 MXN por hectárea.
	Genotipos de maíces criollos.	La siembra de genotipos de maíces criollos indica que tienen potencial de rendimiento superior a las 5 t/ha.
	Variedades de jamaica.	La siembra de jamaica demuestra que este cultivo tiene un potencial productivo de 1.1 t/ha y una utilidad por arriba de \$38 000 por hectárea para la región Meseta Comiteca.
	Densidad de siembra.	Las densidades de siembra no mostraron diferencias entre los rendimientos obtenidos.
	Camas permanentes angostas.	La siembra en camas permanentes angostas no tuvo diferencias en el rendimiento obtenido al compararlo con la labranza convencional, por lo que resulta ser una práctica viable para la zona de Comitán.
	Manejo de rastrojo.	Entre las prácticas de dejar y remover no se encontraron diferencias entre los rendimientos. Es necesario realizar otras evaluaciones similares para tener datos concluyentes.

Bibliografía

Quiroz Mercado, J., Pérez López, D. de J., González Huerta, A., Rubí Arriaga, M., Gutiérrez Rodríguez, F., Franco Martínez, J. R. P., & Ramírez Dávila, J. F. (2017). Respuesta de diez cultivares de maíz a la densidad de población en tres localidades del centro mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(7), 1521–1535. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i7.508>

Ramos-Gutiérrez, F. A., Ramírez-Cortés, Sánchez-Machuca, M. L., Caro-Velarde, F. J., García Paredes, J. D. (2020). Yield and quality of three varieties of Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) with continuous harvest and unique harvest. *Revista Bio Ciencias*, 7(e707), 1–14.

Sánchez-Hernández, M. Á., Aguilar-Martínez, C. U., Valenzuela-Jiménez, N., Sánchez-Hernández, C., Jiménez-Rojas, M. C., & Villanueva-Verduzco, C. (2011). Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 281. <https://doi.org/10.15517/am.v22i2.11801>



Archivo fotográfico

- **Foto 1.** Retención de agua por la práctica de pileteo en la plataforma de Investigación Comitán, Chiapas. 03 de septiembre de 2019.



- **Foto 2.** Siembra intercalada de girasol y maíz en franjas de doble hilera en la plataforma de Investigación Comitán, Chiapas. 17 de septiembre de 2019.



- **Foto 3.** Práctica de elaboración de ensilaje de girasol en la plataforma de Investigación Comitán, Chiapas. 24 de septiembre de 2019.





■ **Foto 4.** Siembra intercalada de maíz y frijol en franjas de doble hilera en la plataforma de Investigación Comitán, Chiapas. 03 de septiembre de 2019.



■ **Foto 5.** Evaluación de variedades de jamaica en la plataforma de Investigación Comitán, Chiapas. 15 de diciembre de 2023.



Larráinzar, Chiapas

Nombre plataforma	Larráinzar, Chiapas
Colaboradores	Reynel Espinosa Solís, Mateo Pérez Santiz, Bernardino Hernández Hernández, Germán Hernández Hernández y Rodolfo Hernández Hernández
Ubicación	Tzutben, Larráinzar, Chiapas, 16.899222 LN y -92.717278 LO
Altitud	1 900 metros sobre el nivel del mar (msnm)
Clima	Templado húmedo, precipitación 1 200 mm, temperatura media 15 °C
Tipo de producción	Temporal
Año de instalación	2018

La plataforma Larráinzar, Chiapas, se ubica dentro de estado de Chiapas (figura 1). Ahí, el clima es templado húmedo con abundantes lluvias en verano —la precipitación promedio es de 1 200 milímetros anuales— y los principales cultivos son maíz y frijol, bajo el régimen de temporal.

La importancia del maíz en la región es indiscutible, no solo porque constituye la base principal de la alimentación de la población, sino también por su significado sociocultural, ya que esta región forma parte de la gran zona maya y en ella habitan, principalmente, grupos indígenas de las etnias Tzotzil y Tzeltal.

En el municipio de Larráinzar, donde se encuentra la plataforma, el rendimiento promedio de maíz grano en temporal para el ciclo primavera-verano (PV) es de 1.2 toneladas por hectárea (t/ha), mientras que para frijol es de 0.45 t/ha (SIAP, 2020). Para realizar la siembra se emplean semillas criollas seleccionadas de forma convencional —en este caso, tomando las mazorcas más grandes del montón—; sin embargo, esta práctica no permite seleccionar las características deseadas de un material, como potencial de rendimiento, altura de mazorca (lograr una altura de 1.50 m en promedio), precocidad, tolerancia a plagas y enfermedades.

Adicionalmente, los terrenos en la región suelen tener pendientes muy pronunciadas, lo cual propicia la degradación del suelo, principalmente por la erosión hídrica, aunque la labranza que se realiza mediante el azadón y la quema de residuos también contribuyen a los procesos de degradación, lo cual resulta en rendimientos bajos y una alta dependencia de insumos externos —fertilizantes y pesti-

das— que no se utilizan de forma adecuada.

El desconocimiento y la desinformación sobre el uso correcto de insumos externos, como tener una dosis de fertilización de acuerdo con las condiciones del suelo y los rendimientos esperados, han generado que los productores empleen grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados sin que esto incremente el rendimiento, pero sí aumentando los costos de producción.

La milpa en Mesoamérica se caracteriza por incluir maíz con diversas especies de frijoles, calabazas y arvenses. No obstante, el uso de herbicidas, en general, ha contribuido a que la milpa en esta región no siempre se establezca de esta manera en las parcelas de los productores y, de hecho, actualmente predominan las siembras en unicultivo de maíz o frijol, dejando de lado la producción de calabazas y arvenses debido al alto uso de herbicidas. Esto, pese a que las calabazas y las arvenses también son parte importante de la dieta de las familias y son una fuente de ingreso.

Para generar alternativas sustentables al manejo convencional en esta región se instaló la plataforma de investigación Larráinzar, Chiapas, en el ciclo PV 2018. Ahí, en la parcela del productor cooperante Bernardino Hernández —ubicada en una ladera con pendiente del 27%, profundidad del suelo de 63 cm, sin pedregosidad y suelo color café oscuro— se desarrollan trabajos de investigación para evaluar la respuesta de sistemas de producción con base en prácticas de agricultura de conservación (AC) y el sistema Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF).



Durante los ciclos PV 2018, 2019 y 2020 se han evaluado cuatro sistemas de producción mediante igual número de tratamientos que se repiten tres veces cada uno para tener datos con alta confiabilidad.

- El tratamiento 1 es el tratamiento testigo, el cual incluye la práctica convencional de la región que consiste en remover los residuos de cosecha —rastrajo más malezas secas— y uso del azadón para la preparación del suelo. La densidad de siembra fue de 50 mil semillas por hectárea, correspondiente a un arreglo de siembra de un metro entre hileras y un metro por golpe, colocando cinco semillas por golpe y una fertilización con 500 kilogramos de urea por hectárea (230-00-00).
- El tratamiento 2 es una mejora a la práctica convencional, con una reducción de la cantidad de semillas depositadas por golpe —cuatro semillas en este caso—, dejar el rastrojo como cobertura, un cambio a la fertilización —que incluye la prác-

tica de enterrado—, y reducción de la cantidad de urea a 135 kilogramos por hectárea (kg/ha) más 100 kg/ha de fósforo y 100 kg/ha de potasio (80.1-46-60).

- El tratamiento 3 es similar al 2, pero con un arreglo topológico diferente —1 m entre hileras y 0.5 m por golpe, con dos semillas por golpe—, buscado reducir la competencia entre plantas.
- El tratamiento 4 implementa los tres componentes básicos de la agricultura de conservación, adaptando el sistema milpa tradicional a una siembra en franjas de doble hilera con micro-rotación —que consiste en hacer rotación de cultivos entre franjas dentro de una parcela—. Cabe destacar que en la práctica convencional la fertilización se realiza sobre la superficie del suelo y en los tratamientos de innovación es enterrada (tabla 1).

■ **Tabla 1:** Descripción de los tratamientos evaluados con base en agricultura de conservación (AC) en la plataforma Larráinzar, Chiapas. Ciclos PV 2018, 2019 y 2020.

No. de trat.	Abreviación	Rotación	Tipo de labranza	Manejo de rastrojos	Arreglo topológico	Fertilización (maíz)
1	M, LC, R, AT1, F1	Maíz	Labranza convencional	Remover	1m×1m×5s	230-00-00
2	M, CL, D, AT2, F2	Maíz	Cero labranza	Dejar	1m×1m×4s	80.1-46-60
3	M, CL, D, AT3, F2	Maíz	Cero labranza	Dejar	1m×0.5m×2s	80.1-46-60
4	MFCh, CL, D, ATD, F2	Maíz, frijol, chilacayote	Cero labranza	Dejar	Doble hilera maíz: 0.5m×0.5×2s Frijol: 0.5m×0.2×3s	80.1-46-60

Abreviaciones: M=maíz, F= frijol, Ch= chilacayote, LC= labranza convencional, CL=cero labranza, R= remover, D= dejar, AT1= arreglo topológico de 1m×1m y 5 semillas, AT2= arreglo topológico de 1m×1m y 4 semillas, AT3= arreglo topológico de 1m×0.5m y 2 semillas, ATD= arreglo topológico de doble hileras de maíz y frijol, F1= 230-00-00 y F2= 80.1-46-60.



■ **Tabla 2:** Características del sistema de producción de la región en torno a la plataforma de investigación Larráinzar, Chiapas.

Condiciones agroecológicas	Características sistema de producción	Manejo agronómico	Aspectos socioeconómicos
Clima: templado húmedo	Régimen hídrico temporal	Labranza: uso de azadón	Disponibilidad de mano de obra familiar
Temperatura media anual:	Cultivo primario maíz y frijol	Fertilización: altas dosis de nitrógeno o cero aplicación	Producción: autoconsumo
Precipitación anual: 1 200 mm	Producción agrícola de autoconsumo	Manejo de malezas: químico y manual	Mercado: local
Suelo dominante: luvisol y regosol	Semilla: criollos	Manejo de plagas: normalmente no se realiza	Trabajo individual
	Cultivos principales: maíz y frijol.		

Resultados

Fertilización

En la región de los Altos de Chiapas, donde las parcelas normalmente son chicas (2000 m²), los productores no consideran la dosis de fertilización y se basan en una cantidad conocida que aplican por unidad de superficie, empleando regularmente dos bultos (100 kg) de urea como única fuente de nitrógeno.

Debido a que en la fertilización no se considera la demanda del cultivo, el momento oportuno, el lugar correcto de aplicación, el aporte del suelo ni la interacción de los nutrientes, se requiere concientizar sobre el manejo adecuado de las fertilizaciones y la importancia de sumar más fuentes en cantidades adecuadas y su correcta aplicación.

Así, en la plataforma se compararon dos dosis de fertilización: 230-00-00 (N-P-K), empleando como fuente 500 kg/ha de urea —que es la cantidad equivalente a lo que normalmente emplean los productores en sus parcelas—, y 80.1-46-60, calculada para un rendimiento esperado de 3.7 t/ha sin considerar el aporte del suelo —ya que no se contaba con un análisis de suelo—.

Al comparar los rendimientos del ciclo PV 2018, la dosis 230-00-00 tuvo un rendimiento de 0.9 t/ha, mientras que con la dosis 80.1-46-60 este fue de 0.6 t/ha —durante el ciclo el temporal no fue muy

bueno, presentándose lluvias erráticas que pudieron haber influido en los bajos rendimientos—. En el ciclo PV 2019, por su parte, el rendimiento fue más alto con la dosis 80.1-46-60, alcanzando las 3.7 t/ha, mientras que con la dosis convencional el rendimiento fue de 3 t/ha (figura 2).

En 2020 los rendimientos fueron similares entre las dos dosis de fertilización; alcanzado 1.4 t/ha. En este último ciclo se presentaron lluvias atípicas cuando el cultivo alcanzó la madurez, lo que repercutió en la pudrición de mazorcas en todos los tratamientos. Aunque se realizó la dobla, esto no impidió que se tuviera una pérdida por pudrición de granos del 48% —considerando el porcentaje de pudrición se pudo haber alcanzado un rendimiento de 2.7 t/ha—. Los resultados indican que con la dosis más completa que incluye nitrógeno, fósforo y potasio se puede obtener un rendimiento similar o más alto y bajar las cantidades de nitrógeno.

En cuanto a la utilidad, en el ciclo PV 2018 en ambas dosis hubo pérdidas, teniendo menos cuando se empleó la dosis 80.1-46-60 —con una pérdida de \$5 551 MXN/ha—, que con la fertilización convencional —la cual registró una pérdida de \$9 108 MXN/ha—. En el ciclo PV 2019 hubo una diferencia de \$6 967 MXN/ha entre las utilidades de ambas dosis, resultando más rentable la dosis 80.1-46-60, cuya utilidad fue de \$14 162 MXN/ha, mientras que la dosis convencional tuvo una utilidad de \$7 195 MXN/ha.

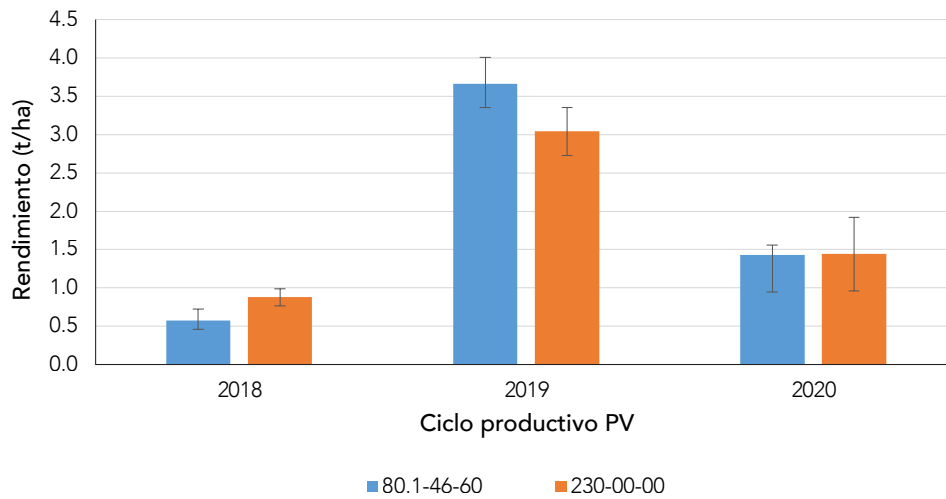


En el ciclo PV 2020, aunque el rendimiento fue igual, la utilidad fue diferente: la fertilización de 80.1-46-60 obtuvo una utilidad de \$425 MXN/ha y la fertilización convencional registró pérdidas por un monto de \$3566 MXN/ha —en la fertilización convencional el costo de inversión supera por \$586 MXN/ha al costo de la fertilización que se propone (80.1-46-60)—.

Existen varios factores —forma de aplicación, elementos aplicados, pendiente del terreno, lugar de aplicación— que limitan la eficiencia del uso del fertilizante en la práctica convencional y esto se ve reflejado en los rendimientos y la utilidad. Así, la fertilización convencional no compensa la inversión, generando un desgaste del capital de trabajo de los productores, siendo una práctica que además puede representar un problema de contaminación —por las diferentes formas en que se puede perder el nitrógeno, principalmente por nitrato (NO₃) y óxido nitroso (N₂O)— y aumentar los problemas con malezas, plagas y enfermedades.

Debido a las diferentes condiciones que se presentan en los distintos ciclos es necesario continuar con la evaluación para tener datos concluyentes. Un ensayo dedicado a diferentes dosis de fertilización, por ejemplo, sería necesario para determinar con mayor precisión la dosis óptima de fertilizante. En este sentido, es importante destacar que la dosis 80.1-46-60 se calculó basándose en un rendimiento esperado de 3.7 t/ha, pero en próximos ciclos se contempla ajustar esta dosis tomando en cuenta el análisis de suelo de la parcela ya que, para que se pueda definir una dosis de fertilización apropiada en las parcelas con enfoque de autoconsumo, es necesario realizar un buen diagnóstico y conocer el potencial de rendimiento de los genotipos de maíces disponibles en la región de los Altos de Chiapas.

En suma, para lograr la rentabilidad del sistema milpa es importante combinar prácticas mejoradas, como arreglos topológicos, agricultura de conservación, fertilización integral y diversificación de cultivos.



■ **Figura 2.** Rendimientos obtenidos por dos dosis de fertilización (80.1-46-60 y 230-00-00) en los ciclos PV 2018, 2019 y 2020. Larráinzar, Chiapas.



Diversificación de cultivos

La diversificación de cultivos es parte del sistema milpa; no obstante, con prácticas convencionales no se logra tener una densidad de población de los cultivos suficiente para obtener rendimientos que garanticen satisfacer las necesidades de alimentación y además generar ingresos.

Por lo anterior, en la plataforma se valida un sistema de milpa ordenada, que consiste en realizar la siembra en franjas de doble hilera por cada cultivo establecido de forma intercalada (maíz-frijol-maíz...) y hacer rotación de cultivos por franjas en cada ciclo de primavera-verano (micro-rotación).

Comparada con el sistema convencional de monocultivo o en asociación, donde no se define una densidad para el cultivo que va en asociación con el maíz, esta forma de establecer los cultivos permite mantener una densidad apropiada de cada cultivo, contribuyendo a obtener mayor rendimiento de biomasa económica —grano, follaje, flores, entre otros— por unidad de superficie, ya que se mantienen densidades adecuadas de los cultivos asociados.

En la tabla 2 se muestran los resultados de los rendimientos alcanzados en los dos sistemas de producción evaluados en la plataforma para este propósito: un sistema diversificado —siembra en franjas de doble hilera y micro-rotación de maíz, frijol (M-F) más otro cultivo intercalado en la hilera de maíz (calabaza y/o chilacayote)— y maíz en monocultivo. Es importante mencionar que, en el caso del sistema diversificado, también se sembró calabaza en el ciclo PV 2019 y cempasúchil después de cosechar frijol en PV 2020.

La dosis de fertilización (80.1-46-60), práctica de labranza (cero labranza), manejo de rastrojo (cobertura) y densidad de siembra (40 mil semillas) del maíz fue la misma para ambos sistemas. En el sistema de

micro-rotación la distancia entre hileras y la distancia entre matas (dos semillas por mata) fue de 0.5 m y entre las dobles hileras (franja) de maíz se tuvo una distancia de 2 m, quedando un espacio libre de 1.5 m, el cual se aprovechó para establecer la franja de frijol (intercalado). En la siembra en monocultivo de maíz la distancia entre matas fue de 0.5 m con dos semillas por mata y 1 m entre hileras.

Los resultados muestran (tabla 2) que el sistema de innovación propuesto (micro-rotación) ha permitido alcanzar rendimientos más altos con el cultivo de maíz, comparado con la siembra en monocultivo. Adicionalmente, se logra cosechar frijol en la misma parcela sin perjudicar el rendimiento del maíz.

En cuanto a la utilidad, ambos sistemas tuvieron pérdidas muy similares en el primer ciclo (PV 2018). En el ciclo PV 2019 en ambos sistemas se lograron utilidades positivas y en 2020 se observó un incremento significativo en la utilidad del sistema de siembra en franjas con micro-rotación, ya que el rendimiento de frijol fue mayor en comparación con los años anteriores. Además, el rendimiento de maíz sigue siendo superior en este sistema, ya que se tiene un efecto parecido al de borde por el espacio libre que queda entre las franjas.

Así, la siembra en franjas de doble hilera con micro-rotación es un sistema que puede mejorar la productividad en los sistemas de autoconsumo, contribuyendo a la seguridad alimentaria al permitir la cosecha de más de un cultivo (maíz, frijol, chilacayote, cempasúchil) por ciclo y los beneficios agroecológicos que el sistema puede brindar, como la atracción de insectos benéficos, la fijación de nitrógeno (frijol) y solubilización del fósforo (cempasúchil), además de contribuir a la diversificación de la dieta u obtener otros productos derivados de la transformación como puede ser la elaboración de dulces tradicionales (chilacayote y calabaza).

■ **Tabla 2:** Rendimientos y utilidades alcanzados en los sistemas de producción franjas de doble hilera con micro-rotación y maíz en monocultivo.

Sistema de producción	Rendimiento de maíz (t/ha-1)			Rendimiento de frijol (t/ha-1)			Utilidad (\$MXN/ha)		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Micro-rotación	0.6	4.2	2.0	0.13	0.2	0.38	-\$6,809.00	\$17,780.00	\$9,636.00
Unicultivo	0.3	4.3	1.7	0	0	0	-\$6,984.00	\$18,301.00	\$2,120.00



Manejo de residuos

En la región de los Altos de Chiapas normalmente los residuos de cosecha (rastros) no se incorporan. En algunos casos realizan la quema y en otros son removidos de las parcelas. El argumento es que si quedan sobre la parcela se dificulta la siembra y se pueden desarrollar plagas y enfermedades.

Con el objetivo de validar el efecto en los rendimientos del maíz y demostrar que si se deja como cobertura el rastrojo no contribuye al desarrollo de enfermedades —y que hay diferentes prácticas de manejo que no dificulten la siembra—, en la plataforma Larráinzar se compararon las prácticas “Remover” y “Dejar”, con una densidad de siembra de 40 mil semillas por hectárea (semillas/ha) para primera y 50 mil semillas/ha para la segunda; en ambos casos la siembra se realizó de forma manual con una distancia entre hileras y matas de 1 m, depositando cuatro y cinco semillas para las densidades de 40 y 50 mil semillas por hectárea, respectivamente.

En el ciclo PV 2018 —que fue el primero donde se implementó la práctica “Dejar” y los residuos quedaron como cobertura del suelo— el rendimiento al dejar los residuos fue más bajo en comparación con el de la práctica convencional donde se remueve el 100% de los rastros. Con respecto a la utilidad,

para ambos manejos de residuos fue negativa, teniendo más pérdidas en donde se remueve el rastrojo (tabla 3). En los ciclos 2019 y 2020 el rendimiento y la utilidad fue mayor con la práctica “Dejar”.

Cabe mencionar que en el tratamiento testigo, es decir con la práctica convencional, la preparación del suelo incluye la remoción de los residuos más el movimiento del suelo, el cual se realiza de forma manual con azadón. Adicionalmente, algunos productores realizan la quema de los residuos para facilitar la siembra.

Por su parte, cuando se dejan residuos normalmente se incrementan dos jornadas por hectárea al momento de realizar la siembra, ya que los productores no se han adaptado a realizar esta práctica con el rastrojo sobre el suelo (cobertura) y se les dificulta un poco. Este incremento en el costo por realizar la siembra, sin embargo, es rentable en comparación con la práctica convencional, ya que esta implica también las jornadas para realizar la quema o remover los residuos de cosecha —que pueden ser de dos a cuatro jornales—, más la preparación con azadón que implica alrededor de 50 jornadas con un costo de \$2400 MXN por hectárea, lo cual supera considerablemente a las dos jornadas por realizar la siembra con residuos (tabla 4).

■ **Tabla 3:** Rendimientos y utilidades alcanzados en dos manejos de residuos.

Manejo de residuos	Rendimiento (t/ha)			Utilidad (\$MXN/ha)		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Dejar	0.5	2.0	1.7	-\$ 6087.42	\$ 3503.40	\$ 2147.84
Remover	0.9	1.5	1.4	-\$ 9108.18	-\$ 2720.13	-\$ 3566.34



■ **Tabla 4:** Inversión para la preparación del suelo y siembra comparando tres manejos de residuos de cosecha.

Práctica de manejo de Residuos	Jornadas requeridas		Inversión (\$MXN)
	Preparación del suelo	Siembra	
Dejar	10 jornadas para el chapeo y acomodo de residuos.	7 jornadas para siembra.	\$3 400.00 (17 jornadas)
Remover	8 jornadas para el chapeo. 5 jornadas para remover los residuos y colocarlo en camellones dentro de la parcela. 50 jornadas para labranza con azadón.	5 jornadas para siembra.	\$13 600.00 (68 jornadas)
Quemar	8 jornadas para el chapeo. 3 jornadas para realizar guarda fuego. 2 jornadas para realizar la quema. 50 jornadas para labranza con azadón.	5 jornadas para siembra.	\$13 600.00 (68 jornadas)

Nota: Se considera un pago de \$200 MXN por jornada.

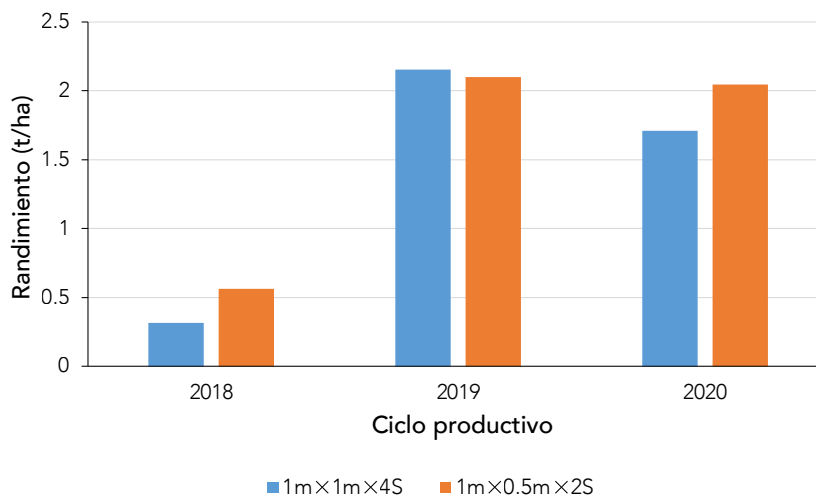
Arreglo topológico

Los resultados de la comparación de los arreglos topológicos 1m×1m×4S (un metro entre hileras, una separación de un metro entre golpes o matas y cuatro semillas por golpe) y 1m×0.5m×2S (un metro entre hileras, una separación de medio metro entre golpes o matas y dos semillas por golpe) para lograr una densidad de siembra de 40 mil semillas/ha se muestran en la figura 3.

Se observa que en los ciclos PV 2018 y 2020 el rendimiento fue superior en la densidad de siembra 1m×0.5m×2S, superando por 0.25 y 0.3 t/ha, para cada ciclo respectivamente, al arreglo de 1m×1m×4S. En el ciclo PV 2019 ambos arreglos

lograron un rendimiento aceptable de 2.1 t/ha (figura 3), superando al rendimiento promedio de la región de 1.2 t/ha reportado por el SIAP.

El arreglo topológico 1m×0.5m×2S es el que ha mostrado rendimientos más estables en los ciclos evaluados. Con el arreglo de 1m×1m×4S se colocan más semillas por mata, esto repercute en la competencia por nutrientes, agua y luz entre los individuos que se desarrollan, limitando la capacidad productiva de la planta y reduciendo el rendimiento; además, se deja más espacio libre y el cierre del dosel del cultivo es más lento, por lo que se permite que las malezas puedan desarrollarse y volverse competencia para el maíz.



■ **Figura 3.** Efecto sobre el rendimiento de dos arreglos de siembra (1m*1m*4S y 1m*0.5m*2S) de siembra en los ciclos PV 2018 y 2019. Larráinzar, Chiapas.



Aprendizajes y resumen de resultados de la plataforma de investigación Larráinzar, Chiapas

Problemática	Propuesta	Resultado
Altos costos de producción	Agricultura de conservación	Se reducen los costos de producción ya que no involucra actividades adicionales del manejo del rastrojo a la pica, teniendo un ahorro de \$2400 MXN/ha
	Arreglo topológico y densidad de siembra	El rango óptimo para el establecimiento de maíces criollos es de 40 mil semillas por hectárea y un arreglo de 1m*0.5m*2S. Esto contribuye a un buen desarrollo de la planta y menos competencia.
	Dosis de fertilización	Con una adecuada dosis de fertilización se pueden tener ahorros por encima de los \$586 MXN/ha e incrementar el rendimiento.
Bajos rendimientos	Siembra en franjas con micro-rotación	Al tener una siembra de más de un cultivo logramos incrementar el rendimiento por unidad de superficie y además tener una utilidad más alta, superando por \$7516 MXN/ha a una siembra de monocultivo con la misma densidad de siembra del cultivo principal. Además, se pueden tener otros beneficios, como la atracción de insectos benéficos, la fijación de nitrógeno y solubilización del fósforo, también contribuir a la diversificación de la dieta u obtener otros productos derivados de la transformación, como dulces artesanales.
	Arreglo topológico	El cambio de arreglo topológico y densidad de siembra permite tener menos competencias entre plantas, un mejor desarrollo de los cultivos y hacer más eficiente el uso del suelo mediante la asociación de cultivos, contribuyendo además a la productividad.
	Dosis de fertilización	Emplear una dosis de fertilización que incluye más de un elemento principal (N, P y K) permite incrementar los rendimientos. Con una dosis de 80.1-46-60 se puede lograr un rendimiento de hasta 2.7 t/ha.
Manejo de rastrojo	Usar residuos como cobertura	En la plataforma los resultados indican que se puede reducir tres jornadas por manejo de residuos, además de contribuir a la rentabilidad disminuyendo en \$5000.00 MXN/ha las pérdidas.



Archivo fotográfico

- **Foto 1.** Siembra intercalada de maíz y frijol en franjas de doble hilera en la plataforma de Investigación Larráinzar, Chiapas. 03 de septiembre de 2021.



- **Foto 2.** Aplicación de fertilizante nitrogenado en la plataforma de Investigación Larráinzar, Chiapas. 02 de junio de 2021.





■ Foto 3. Manejo de malezas de forma manual empleando azadón. Plataforma de Investigación Larráinzar, Chiapas. 02 de junio de 2021.



■ Foto 3. Práctica de dobla en maíz para evitar pérdidas por pudrición de mazorca. Plataforma de Investigación Larráinzar, Chiapas. 13 de septiembre de 2021.



■ **Foto 5.** Siembra intercalada de cempasúchil y maíz después de cosechar frijol en franjas de doble hilera. Plataforma de Investigación Larraínzar, Chiapas. 13 de septiembre de 2021.



■ **Foto 6.** Durazno Oro Azteca establecido bajo el sistema MIAF (Milpa Intercalada de Árboles Frutales). Plataforma de Investigación Larraínzar, Chiapas. 24 de junio de 2022.





■ **Foto 7.** Productor cooperante Rodolfo Hernández Hernández y su hijo mostrando cosecha de duraznos. Plataforma de Investigación Larráinzar, Chiapas. 24 de junio de 2022.



Ocosingo, Chiapas

Nombre plataforma	Ocosingo, Chiapas
Colaboradores	José Moisés Rodríguez Castellanos, Gerardo Torres López, Óscar Rayo Manzanares, Alejandro Guzmán Gutiérrez.
Ubicación	San Miguel El Grande, Ocosingo, Chiapas, 16.920799 LN y -91.961284 LO
Altitud	920 msnm
Clima	Cálido subhúmedo precipitación 1 800 mm, temperatura media 29 °C
Tipo de producción	Temporal
Año de instalación	2019

La plataforma Ocosingo, Chiapas, se ubica dentro de la región socioeconómica XII - Selva Lacandona, del estado de Chiapas (Figura 1). El clima es cálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano, la precipitación promedio es de 1800 milímetros anuales. Jiménez-Ferrer *et al.* (2011) mencionan que en 1997 la región de la Selva representaba la región con mayor biodiversidad en el trópico de América Septentrional. Sin embargo, en los últimos

años ha estado sometida a una continua presión con cambios en el uso del suelo. El crecimiento acelerado de la población, las actividades extractivas, los incendios y las inadecuadas formas de uso de la tierra (desmontes en áreas con fuerte pendiente), han provocado una drástica disminución de la superficie forestal y un deterioro ecológico que ha impactado negativamente a los recursos naturales de la Selva Lacandona.



■ Figura 1. Región socioeconómica XII - Selva Lacandona del estado de Chiapas.



El sistema milpa, si bien sigue vivo entre las comunidades rurales de Chiapas, también presenta una serie de problemas como: 1) Rendimientos bajos (menos de 1 t/ha), 2) alta presencia de plagas y enfermedades, 3) baja densidad de siembra y de población, 4) muchas comunidades se ubican en zonas de montañas con pendientes de hasta 90%, 5) el sistema de producción se basa en la roza-tumba-quema, lo que contribuye a degradación del suelo.

maíz y frijol, bajo el régimen de temporal en los dos ciclos productivos (primavera-verano y otoño-invierno). El rendimiento promedio para el periodo 2019 - 2022 del cultivo de maíz para grano es de 1.2 t/ha, mientras que para frijol de 0.59 t/ha (SIAP, 2023). Para realizar la siembra se emplean semillas criollas seleccionadas de forma convencional, predominando el uso de mano de obra familiar y realización de prácticas de manejo agronómico de forma manual.

En el sistema de producción de la región Selva Lacandona (Tabla 1) los principales cultivos son

■ **Tabla 1.** Características del sistema de producción en torno a la plataforma de investigación Ocosingo, Chiapas

Condiciones agroecológicas	Características sistema de producción	Manejo agronómico	Aspectos socioeconómicos
Clima: Cálido sub húmedo	Regimen hídrico: Temporal (PV y OI)	Labranza: Cero labranza	Producción: Autoconsumo
Temperatura media anual:	Semilla: criollos	Fertilización: Uso inadecuado o cero aplicación	Mercado: Local
Precipitación: 1 800 mm mm	Cultivos principales: Maíz y frijol	Manejo de malezas: Químico y manual	Trabajo individual
Suelo dominante: Leptosol	Producción agrícola de autoconsumo	Manejo de plagas: Uso de químicos o no se realiza	Disponibilidad de mano de obra familiar

Para desarrollar y promover la adopción de alternativas sustentables se instaló la plataforma de investigación Ocosingo, Chiapas, en el ciclo PV 2019, donde se evalúa la respuesta de sistemas de producción con base en prácticas de agricultura de conservación (AC) y prácticas agroforestales como el MIAF (Milpa Intercalada con Árboles Frutales).

profundidad del suelo de 30 cm, sin pedregosidad y la textura del suelo es franco.

Los trabajos de investigación se realizan en una parcela del rancho San Miguel El Grande, del municipio Ocosingo, donde los productores cooperantes son José Antonio Vázquez Méndez, José Guadalupe Vázquez Torres, Manuel Vázquez Méndez y Felipe Sánchez Vázquez. La parcela se ubica en una ladera con una pendiente del 30%,

Durante nueve ciclos (PV y OI) se han evaluado cuatro sistemas de producción a los que se denominan tratamientos. Para obtener datos con alta confiabilidad cada tratamiento cuenta con tres repeticiones bajo un diseño de bloques completos al azar. Se comparan dos prácticas de manejo de residuos (quemar y dejar como cobertura), diversificación de cultivos (siembra de maíz en monocultivo, en rotación, intercalado a hileras sencillas y en franjas de doble hilera), densidades de siembra y arreglo topológico.



Resultados

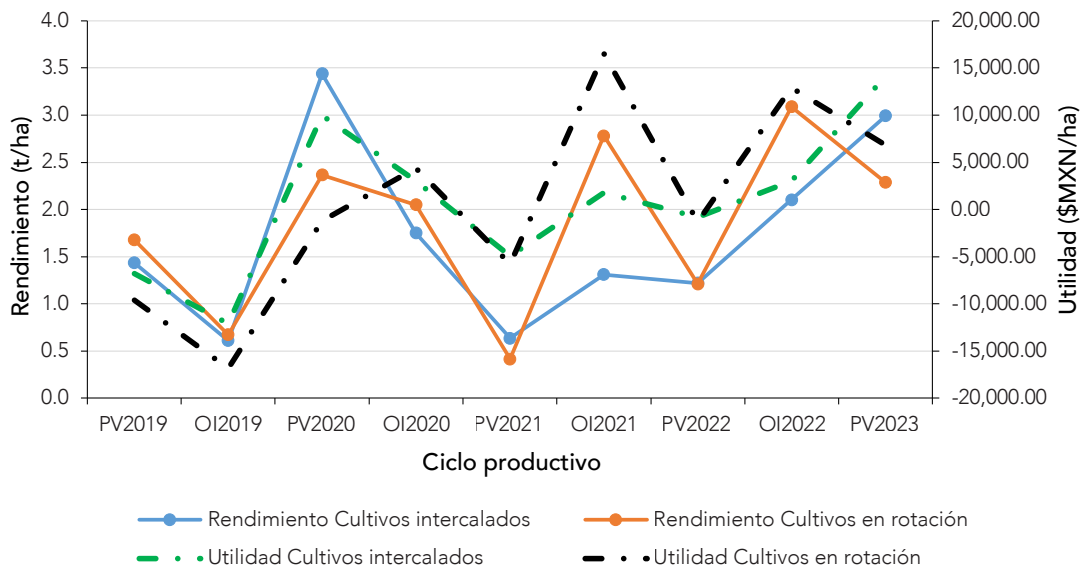
Diversificación de cultivos

(Morales Garcilazo, 2023) describe que la simplificación de la agrobiodiversidad tiene consecuencias económicas y ambientales y es que los agrosistemas con poca diversificación presentan problemas de fertilidad y poseen pocos o ningún mecanismo de defensa ante plagas y enfermedades. Se vuelven sistemas frágiles y constantemente requieren de insumos externos que elevan los costos de producción. Ebel et al., (2017) citado por (Medina Covarrubias et al., 2022) menciona que la importancia de los sistemas de policultivos radica en que el productor dispone de mayor diversidad de especies y se disminuyen los riesgos en las pérdidas de las cosechas, debido al ambiente, y los problemas con plagas en el agroecosistema, a causa del aumento de los enemigos naturales que garantizan un equilibrio biológico.

¿Cultivos intercalados o rotación?

Existen diversas formas de diversificación de cultivos, en la plataforma de investigación Ocosingo, Chiapas, se evaluó el efecto de la siembra de cultivos leguminosos intercalados en hileras sencillas comparado con la rotación en unicultivo sobre el rendimiento del cultivo de maíz. No se encontraron diferencias entre el rendimiento promedio del cultivo de maíz obtenido en los dos sistemas comparados.

Con la siembra en rotación se obtuvo un rendimiento promedio de 1.8 t/ha y con la siembra de cultivos intercalados se alcanzó 1.7 t/ha (figura 2). La utilidad también no tuvo mucha diferencia (\$162 MXN/ha), siendo la siembra de cultivos intercalados la que tuvo la utilidad ligeramente más alta con \$804 MXN/ha y con la rotación de cultivos la utilidad promedio fue de \$642 MXN/ha. Con base en los resultados obtenidos la elección de cómo realizar la diversificación del cultivo dependerá de las necesidades individuales y el criterio de cada productor, además de los recursos disponibles con los que cuenta.



■ **Figura 2.** Efecto de la siembra de cultivos leguminosos intercalados & rotación sobre el rendimiento del cultivo de maíz. Ciclos Primavera- Verano (PV) y Otoño-Invierno (OI) del 2019 al 2023. Plataforma de investigación Ocosingo, Chiapas.



Arreglo topológico de cultivos intercalados

El arreglo topológico se refiere a la distribución de los cultivos sobre la superficie de la parcela y tiene relación directa con la densidad de siembra. En la plataforma de investigación Ocosingo se evaluó el efecto de dos arreglos de siembra de cultivos intercalados (maíz y chícharo gandul) sobre el rendimiento del maíz, manteniendo la misma densidad de siembra (60000 semillas por hectárea). Los arreglos que se han comparado son: Hileras sencillas — una hilera de maíz intercalada con una de chícharo gandul, con una separación de 1 m entre hileras del mismo cultivo— comparado con franjas de doble hilera —franja con dos hileras de maíz intercaladas con dos hileras de chícharo gandul, con una separación de 2 m entre franjas y 0.5 m entre hileras del mismo cultivo—.

contribuye en promedio con 2 t/ha más al rendimiento del cultivo de maíz en comparación con el rendimiento promedio obtenido con la siembra de cultivos intercalados a hileras sencillas que fue de 1.7 t/ha (Figura 3). La utilidad promedio que se obtuvo entre los dos arreglos de siembra mostro una diferencia de \$20,849 MXN/ha a favor del arreglo en franjas de doble hilera, que logro una utilidad promedio de \$23,480 MXN/ha. Albino et al. (2015) y Morales et al. (2006) citados por (Medina Covarrubias et al., 2022) encontraron que los mejores rendimientos y producción de biomasa se presentaron cuando estaba intercalado a doble hilera y lo atribuyeron a la mayor captación de radiación. El arreglo a doble hilera propicia una ventaja a nivel de espacio entre plantas, por lo que representa una mejor intercepción de la radiación solar en el dosel de las plantas que se ve reflejado en mayor biomasa y rendimiento de grano.

Los resultados muestran que el arreglo de siembra de cultivos intercalados en franjas de doble hilera

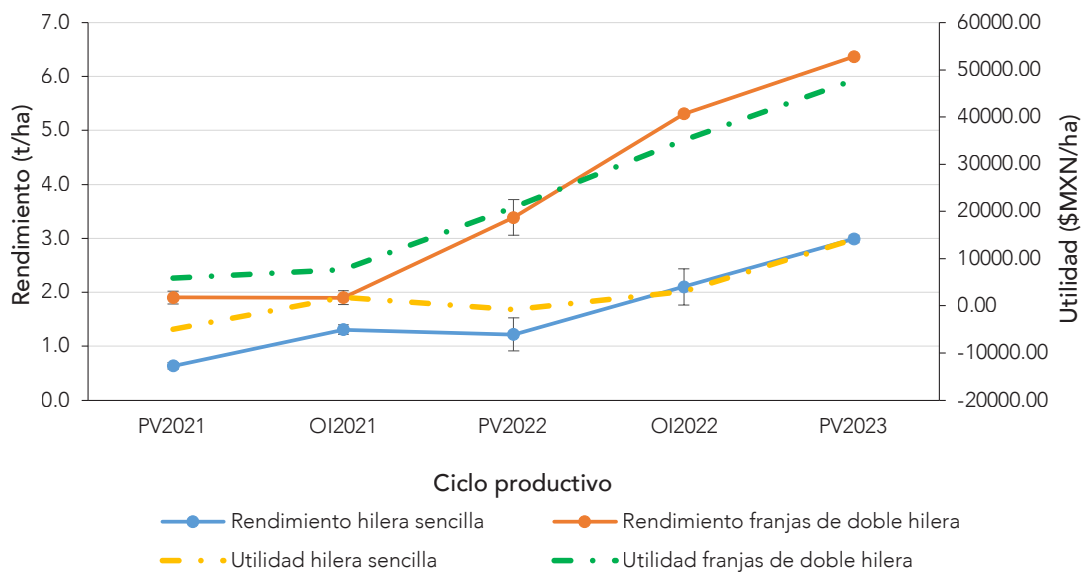


Figura 3. Efecto de dos arreglos de siembra de cultivos intercalados (maíz – chícharo gandul). Hileras sencillas (1m×0.5m×3S) y Franjas de doble hilera (2m entre franjas y 0.5m entre hileras×0.5m×3S) sobre el rendimiento del cultivo de maíz. Ciclos primavera-verano (PV) y otoño-invierno (OI) del 2021 al 2023. Plataforma de investigación Ocosingo, Chiapas.



Agricultura de conservación

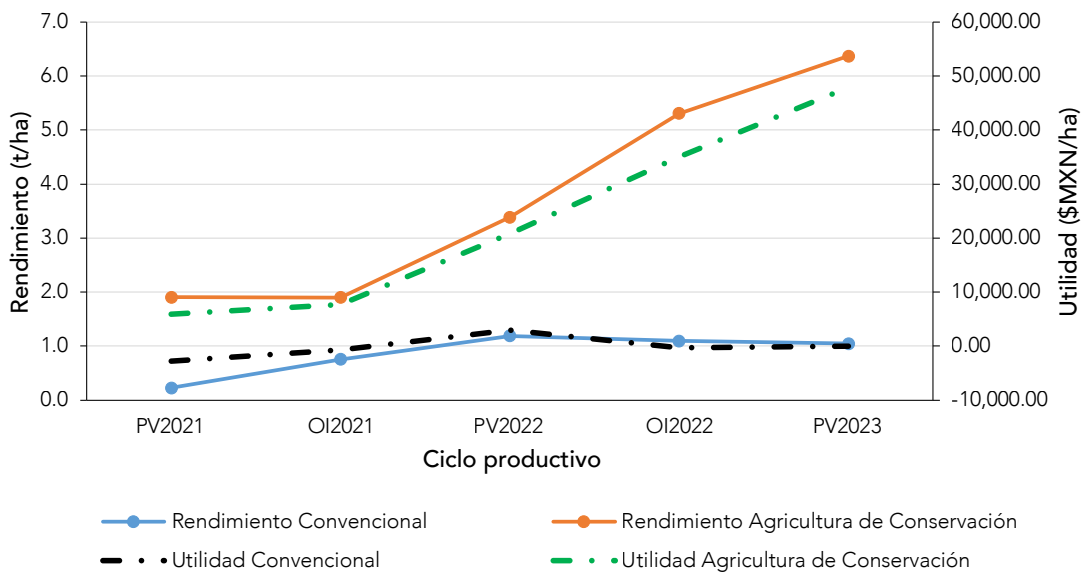
La agricultura de conservación es un sistema que contribuye a la regeneración de suelos degradados a través de los siguientes principios: 1) Suelo estructurados, 2) Suelos cubiertos (cultivos o residuos de cosecha), 3) Reciclaje de nutrientes y 4) Diversificación de cultivos económicamente viable. En la plataforma Ocosingo, Chiapas, se compara el sistema convencional —consiste en la quema de residuos, densidades de siembra de 50 mil semillas en un arreglo de siembra de hileras sencillas, 1 m entre hileras y matas con 5 semillas por mata, sin fertilización y siembra de maíz en monocultivo— comparado con el sistema de agricultura de conservación —residuos de cosecha distribuidos de forma uniforme sobre el suelo, densidades de siembra de 60 mil semillas por hectárea de maíz y de chícharo gandul, cultivos intercalados en franjas de doble hilera, con una separación de 2 m entre franjas y 0.5 m entre hileras del mismo cultivo, 3 semillas por mata, sin fertilización—.

Implementar prácticas con base en agricultura de conservación contribuye positivamente a la productividad de los sistemas agrícolas. En un periodo

de evaluación de cinco ciclos de producción el rendimiento promedio obtenido con la implementación de este sistema superó por 2.9 t/ha al rendimiento promedio del sistema de agricultura convencional (0.9 t/ha) y por 2.6 t/ha al rendimiento reportado por el SIAP (1.2 t/ha) para el mismo periodo.

En la figura 3 se observa que la tendencia del rendimiento con agricultura de conservación incrementa en cada ciclo productivo, pasando de 1.9 t/ha a 6.4 t/ha. Este efecto en el rendimiento se atribuye a la mejora en la fertilidad del suelo (biológica, física y química), a una mejor intercepción de la radiación solar y a la interacción positiva del maíz con el cultivo intercalado que se da en este sistema.

La utilidad en el sistema de agricultura de conservación fue positiva en los cinco ciclos de evaluación y obtuvo una utilidad promedio de \$23 659 MXN/ha; en cambio, con agricultura convencional solo en el ciclo PV 2022 obtuvo utilidad positiva (\$2 983 MXN/ha) y la utilidad promedio resultó ser negativa (-\$179 MXN/ha). Los cálculos de utilidad se realizaron considerando los precios locales al momento de la cosecha.



■ **Figura 4.** Efecto de los sistemas de producción Convencional & Agricultura de Conservación sobre el rendimiento del maíz. Ciclos Primavera - Verano (PV) y Otoño-Invierno (OI) del 2021 al 2023. Plataforma de investigación Ocosingo, Chiapas.



Cultivos asociados al maíz

Para mejorar la productividad del sistema de producción agrícola mediante la implementación de prácticas con base en agricultura de conservación, desde 2019 en la plataforma Ocosingo, Chiapas, se han establecido diversos cultivos asociados al maíz, ya sea intercalados o bien en rotación. En la tabla 2 se muestran los rendimientos obtenidos por estos cultivos en los diferentes ciclos productivos.

De los cultivos evaluados en los diferentes ciclos el girasol obtuvo el rendimiento en grano más alto (1.5 t/ha en promedio) —este cultivo también puede ser una opción para la alimentación de ganado bovino

empleándolo como ensilaje— y, en promedio, los cultivos mungo, dólica y gandules obtuvieron un rendimiento de 0.32 t/ha, mientras que el cacahuate se estableció en dos ciclos productivos, pero solo se logró cosechar en el ciclo PV 2020, alcanzando un rendimiento de 0.52 t/ha de granos (almendra).

Estos cultivos generan diversos beneficios al sistema de producción, ya que contribuyen a la fijación de nitrógeno y a la solubilización del fósforo (en el caso del girasol), además contribuyen a la reducción de plagas en el maíz mediante la diversificación funcional (atracción de insectos benéficos y/o cultivo trampa).

■ **Tabla 2:** Rendimientos obtenidos por cultivos asociados al maíz en diferentes ciclos productivos, plataforma Ocosingo, Chiapas.

Ciclo productivo	Cultivo	Rendimiento (t/ha) ajustado al 12% de humedad	Utilidad (\$MXN/ha)
PV 2019	Girasol	1.6	19,450.00
OI 2019	Girasol	1.3	24,720.00
	Mungo	0.29	11,427.00
PV 2020	Dólica	0.31	19,904.00
	Cacahuate	0.52	15,689.00
OI 2021	Dólica	0.40	14,981.00
	Gandul ciclo largo	0.34	20,356.00
	Gandul ciclo corto	0.45	26,899.00
OI 2022	Dólica	0.30	15,597.00
	Gandul ciclo largo	0.25	15,252.00
	Gandul ciclo corto	0.22	13,325.00

Abreviaturas: PV= Primavera – verano, OI= otoño – invierno, t= toneladas, ha= hectárea, \$MXN= peso mexicano.



Aprendizajes y Resumen de resultados de la plataforma de investigación Ocosingo, Chiapas

Problemática	Propuesta	Resultado
Bajos rendimientos	Agricultura de conservación	Implementar prácticas de agricultura de conservación contribuyó con 2.9 t/ha al rendimiento en comparación con agricultura convencional.
	Arreglo topológico y densidad de siembra	La siembra de cultivos intercalados en franjas de doble hilera permite un aumento de 2 t/ha más al rendimiento del cultivo de maíz en comparación con la siembra a hileras sencillas.
	Diversificación de cultivos	El cultivo de girasol contribuye a la obtención de 1.5 t/ha adicionales al rendimiento de maíz, mungo, dólica y chícharo gandul pueden Adicionar 0.32 t/ha a la producción por hectárea y cacahuate 0.52 t/ha.
Baja rentabilidad	Agricultura de conservación	Implementar prácticas de agricultura de conservación permite aumentar la utilidad en \$23 659 MXN/ha comparado con agricultura convencional.
	Arreglo topológico y densidad de siembra	La siembra de cultivos intercalados en franjas de doble hilera permite un aumento de \$20 849 MXN/ha en la utilidad en comparación con la siembra a hileras sencillas.
	Diversificación de cultivos	El cultivo de girasol contribuye con \$22 085 MXN/ha a la utilidad obtenida por el cultivo de maíz. Mungo, dólica o chícharo gandul pueden adicionar \$17 218 MXN/ha a la utilidad y cacahuate \$15 689 MXN/ha.
Manejo de rastrojo	Agricultura de conservación	Implementar prácticas de agricultura de conservación dejando el residuo de cosecha como cobertura permite un aumento de 2.9 t/ha al rendimiento en comparación con agricultura convencional donde se realiza la quema de residuos.

Bibliografía

Jiménez-Ferrer, G., et al. (2011). Agroforestería Pecuaria en la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Alternativas Para Una Reconversión Ganadera Sustentable*, October, 127–150.

Medina Covarrubias, M. A., Arrieta Ramos, B. G., Jiménez Meza, V. M., & Pérez Robles, K. (2022). Arreglos topológicos en el cultivo intercalado de maíz y frijol en el estado de Nayarit, México. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 2(1), 45–57. <https://doi.org/10.5154/r.rchsat.2022.03.04>

Morales Garcilazo, F. (2023). *Mezclas y formas de siembra para diversificar cultivos*. <https://www.cimmyt.org/es/multimedia/mezclas-y-formas-de-siembra-para-diversificar-cultivos/>



Archivo fotográfico



■ **Foto 1.** Trazo de curvas a nivel para ubicar las parcelas de los tratamientos evaluados en la plataforma de investigación Ocosingo, Chiapas. 30 de abril de 2019.



■ **Foto 2.** Participación de productores en evento demostrativo desarrollado en la plataforma Ocosingo, Chiapas. 15 de agosto de 2019.



■ Foto 3. Cultivo de girasol establecido en floración. Plataforma Ocosingo, Chiapas. 26 de febrero de 2020.



■ Foto 4. Maíz cuarentano establecido en la Plataforma Ocosingo, Chiapas. 26 de febrero de 2020.



■ Foto 5. Productores cooperantes realizando el establecimiento de los cultivos del ciclo otoño-invierno. Ocosingo, Chiapas. 09 de diciembre de 2020.



■ Foto 6. Cultivo de Chicharo gandul (*Cajanus cajan* L.) y productores cooperantes en la plataforma Ocosingo, Chiapas. 24 de junio de 2021.



Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas

Nombre plataforma	Venustiano Carranza, Chiapas
Colaborador	Juan Diego López Durante
Institución	Servicios Integrales de Asesoría Externa Profesional (SIAEP)
Ubicación	Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza, Chiapas. 16°20'43.54" LN, 92°36'13.36" LO.
Altura	597 msnm
Clima	Cálido subhúmedo con lluvias en verano, precipitación 1251 mm, temperatura media 24 °C
Tipo de producción	Temporal
Año de instalación	2016

La plataforma de investigación se ubica en el municipio Venustiano Carranza, dentro de la región económica Los Llanos del estado de Chiapas. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano. Los sistemas de producción son manual y mecanizados, con un nivel tecnológico que va de bajo a medio. Los cultivos principales son el maíz y frijol, el rendimiento promedio para el caso del maíz es de 2.5 y 0.32 t/ha para el frijol (SIAP, 2022).

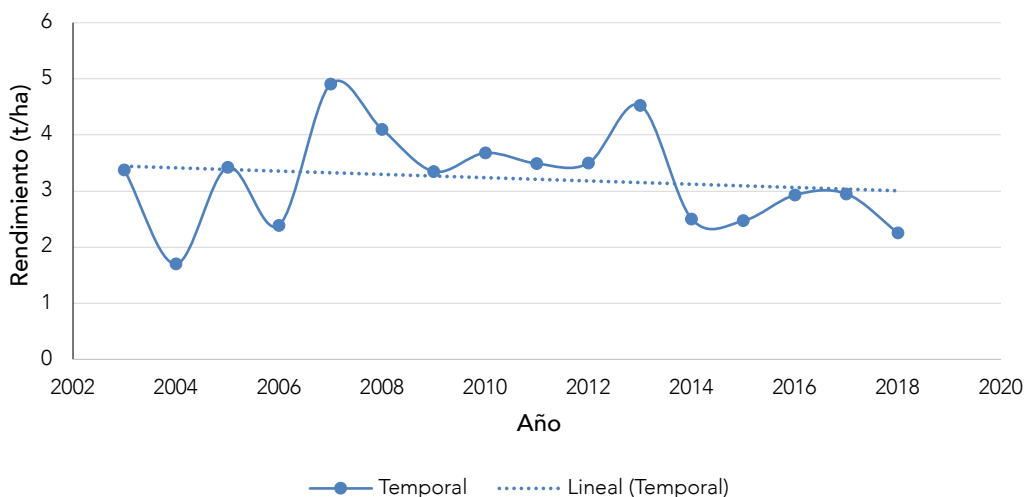
El municipio Venustiano Carranza, Chiapas, forma parte de la región socioeconómica de Los Llanos, en esta región la problemática principal en la agricultura es la baja rentabilidad, esto se debe principalmente a los altos costos de producción y bajos rendimientos (Figura 1), que son el resultado de la pérdida de fertilidad de los suelos originada a través del tiempo por el manejo inadecuado, además de las prácticas, como la quema, que limitan el reciclaje de los nutrientes y la recuperación de los contenidos de materia orgánica.

Estas condiciones aceleran los procesos de degradación del suelo, dejándolos vulnerables a procesos de erosión. Otro factor que contribuye a reducir los rendimientos ha sido las enfermedades que, en el caso de maíz, son *Diplodia* sp., *Fusarium* y Mancha de asfalto; y en el caso de frijol el Virus del mosaico

amarillo del frijol. Aunado a eso, los altos costos de producción —por labores de preparación de suelos y el alza en el costo de insumos como fertilizantes y semillas— y los precios bajos de venta dificultan a los productores lograr una mejor rentabilidad.

Ante esta situación, en el 2016 se inicia el trabajo de investigación en la plataforma en el ejido Miguel Hidalgo, del municipio de Venustiano Carranza, Chiapas, con el objetivo de facilitar la capacitación, adquisición de conocimientos, difusión de información y transferencia de tecnologías que ayuden en la mitigación de las problemáticas existentes en el sistema de producción agrícola en la región de los Llanos del estado de Chiapas, mediante prácticas de agricultura de conservación (rotación de cultivos, labranza y manejo de residuos) y fertilización adecuada.

Así, en la plataforma se comparan dos prácticas de labranza (labranza convencional y camas permanentes angostas), dos manejos de residuos (dejar y remover), rotaciones (maíz monocultivo, maíz-frijol, maíz-calabaza), fertilización (balanceada en base al análisis de suelo y práctica convencional), también se evalúan genotipos de maíces (híbridos y criollos), variedades de cacahuates, frijoles; manejo de malezas y cultivos alternativos.



■ **Figura 1.** Rendimientos de maíz en el municipio de Venustiano Carranza, Chiapas (Fuente: SIAP)

■ **Tabla 1:** Características del sistema de producción de la región en torno a la plataforma Venustiano Carranza, Chiapas.

Condiciones agroecológicas	Características sistema de producción	Manejo agronómico	Aspectos socioeconómicos
Clima: Cálido subhúmedo con lluvias en verano	Régimen hídrico de temporal principalmente	Labranza: convencional (1 paso de rastra y surcado)	Pequeña propiedad, parcela ejidal, comunal (1–5 ha) y arrendamiento de tierras para la agricultura
Temperatura media anual: 16 - 26 °C	Cultivo primario maíz y frijol	Uso de variedades criollas e híbridos	Producción: venta local (SEGALMEX e intermediarios)
Precipitación anual: 1,000 - 1,500 mm	Producción agrícola de transición y autoconsumo	Fertilización: química empleando normalmente dos elementos (nitrógeno y fósforo)	Mano de obra por pago de jornadas
Suelo: Phaeozem	Siembras en planicies y laderas	Manejo de malezas y plagas principalmente con agroquímicos	Actividad pecuaria de ganado bovino de doble propósito
	Suelos degradados	Uso de rastrojo para pastoreo y/o quema	



Resultados y Aprendizajes

Labranza

La agricultura de conservación (AC) es un sistema de producción —que combina la labranza mínima, la cubierta permanente del suelo y la diversificación de cultivos— que podría reducir la degradación y ayudar a mejorar la salud del suelo. Sin embargo, antes de adoptar y adaptar este sistema de producción es necesario realizar un diagnóstico de la parcela que permita identificar las limitantes que podrían afectar el desarrollo de los cultivos —como la compactación del suelo, por ejemplo— y realizar el acondicionamiento necesario.

En la plataforma Venustiano Carranza se implementó la práctica de camas permanentes (Figura 2), que es una práctica de mínimo movimiento de suelo y consiste en realizar un surcado a 0.80 m de ancho, sembrar sobre el bordo (cama) y reformar los fondos (raya) cada ciclo productivo, dependiendo de las condiciones del suelo.

En la plataforma se comparan las camas permanentes con la labranza convencional, la cual consiste en realizar un paso de rastra a 15 cm de profundidad, seguido del surcado con una profundidad promedio de 17 cm y siembra manual en el fondo de la raya —cabe destacar que en el 2016, previo a la instalación de los trabajos de investigación de la

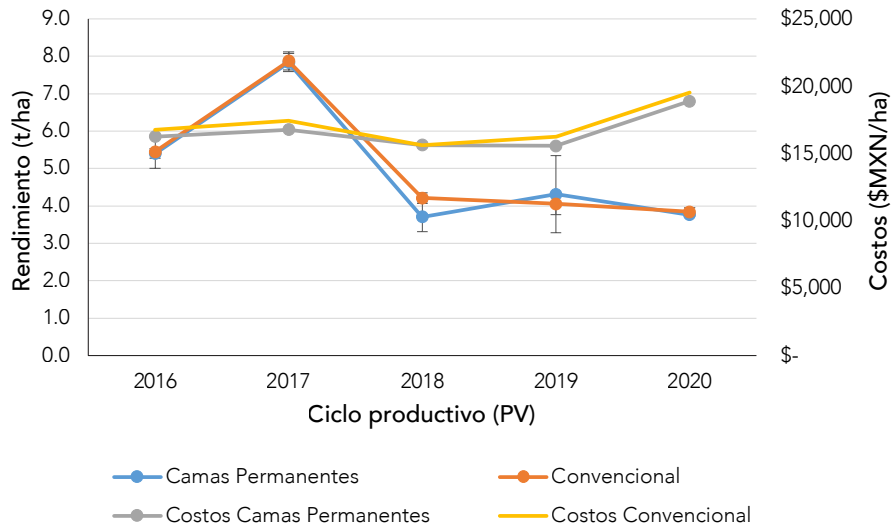
plataforma, se realizó la descompactación del suelo a una profundidad de 35 cm, empleando un arado de cinceles vibratorio—.

Los rendimientos alcanzados con camas permanentes son muy similares a los resultados de la práctica de labranza convencional (Figura 3). Alcanzando un rendimiento promedio de 5 y 5.1 t/ha, respectivamente. En cuanto a los costos de producción en la evaluación que se ha llevado a cabo en la plataforma Venustiano Carranza, en promedio se ha tenido un ahorro de \$500 MXN/ha en un periodo de cinco ciclos productivos de primavera-verano con la labranza de camas permanentes en comparación con la labranza convencional, ya que solo se ha realizado la reformación de camas en los ciclos del 2017 al 2020, mientras que en labranza convencional se realiza el paso de rastra más el surcado.

Además del ahorro en los costos de preparación de suelo, realizar camas permanentes también tiene el beneficio de reducir la compactación a través del tráfico controlado y la reducción del número de pasos de maquinaria. El rendimiento similar y el ahorro en labranza hace que la siembra en camas permanentes sea una opción viable para la región de los Llanos en el estado de Chiapas, la cual también asegura la viabilidad de la agricultura a largo plazo.



■ **Figura 2.** Siembra de cultivo de maíz sobre camas permanentes angostas, Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. Ciclo PV 2029.

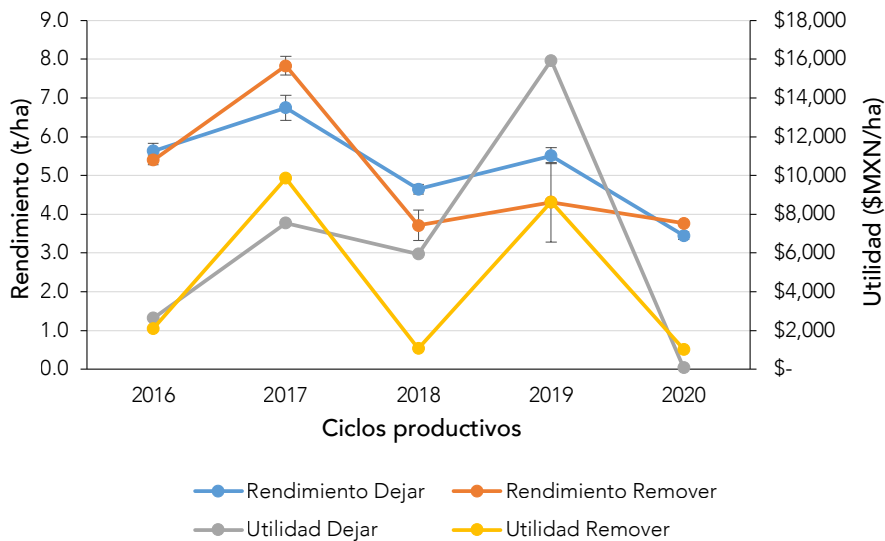


■ **Figura 3.** Rendimiento y costos de dos prácticas de labranza evaluadas en la plataforma Venustiano Carranza, Chiapas, Ciclos PV 2016 – 2020.

Uso de rastrojo como cobertura

En la región de Los Llanos de Chiapas, realizar el pastoreo y/o la quema de los residuos de cosecha son prácticas comunes, esto limita el reciclaje de nutrientes, la actividad biológica y contribuye a la contaminación del medioambiente. Dado que en la plataforma no es posible quemar o pastorear, se optó por evaluar el efecto que tiene remover el rastrojo sobre el rendimiento del cultivo de maíz; la práctica consiste en sacar de la parcela la totali-

dad del rastrojo en comparación con el uso de los residuos como cobertura, descrita en la evaluación como "Dejar", consistente en generar una cobertura con el rastrojo para proteger el suelo contra el impacto de la lluvia, viento y/o el sol y resguardar la humedad del suelo al evitar la evaporación. Eso influye en el incremento del rendimiento y la utilidad. Este efecto es más visible cuando el temporal no es bueno (menos precipitación).



■ **Figura 4.** Rendimientos y utilidades del manejo de residuos de cosecha Dejar y Remover, plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. Ciclos PV 2016 – 2020.



Comparando los rendimientos obtenidos (Figura 4) en los manejos “Dejar” y “Remover” en camas permanentes en los ciclos de primavera-verano de los años 2016 al 2019, se obtuvo un incremento promedio de 0.3 t/ha con la práctica “Dejar”, observándose que en los ciclos PV 2018 y 2019 el rendimiento excedió por 0.9 y 1.2 t/ha, respectivamente, al rendimiento obtenido con el manejo “Remover” en estos mismos ciclos, en los que la utilidad obtenida también tuvo el mismo comportamiento, generando un incremento de \$4875 y \$7291 MXN/ha en los mismos ciclos, a favor del manejo “Dejar”, hecho destacable considerando que en estos dos ciclos productivos las lluvias fueron erráticas y causaron bajos rendimientos.

En 2017, un año con abundantes lluvias, el rendimiento fue mayor donde el manejo del rastrojo fue “Remover”, probablemente debido a un exceso de humedad en las parcelas donde se dejó el rastrojo. En parcelas de productores que practican labranza convencional el rendimiento fue muy bajo y en algunos casos existieron pérdidas totales.

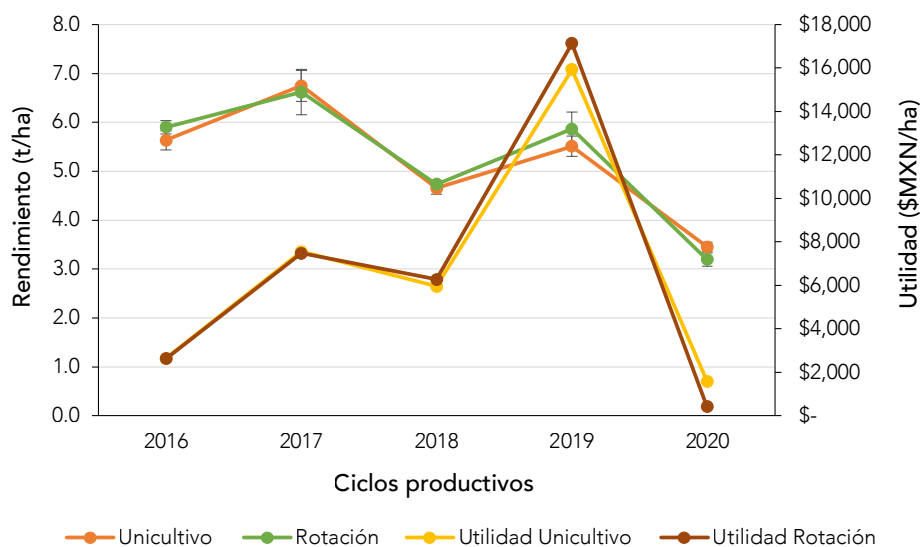
En el ciclo 2020, en los meses de agosto y septiembre, las lluvias fueron muy intensas y propiciaron un exceso de humedad en el suelo, afectando negativamente el desarrollo y rendimiento del cultivo establecido en parcelas donde se dejaron residuos, dando como resultado un alto porcentaje de pudrición en mazorcas. Aún con esta condición, la diferencia entre los rendimientos de “Remover” y “Dejar” no fue muy grande.

Efecto de la rotación de cultivos

La rotación de cultivos es una forma de diversificar y romper el ciclo de los monocultivos. Implementar este tipo de prácticas permite tener diversos beneficios, destacando la diversificación funcional, el incremento de la cobertura para regular la incidencia de malezas, la disminución de plagas y enfermedades, el reciclaje de nutrientes, la fijación de nitrógeno —si se rota con leguminosas—, entre otros beneficios no menos importantes.

En la plataforma Venustiano Carranza se han evaluado diferentes cultivos en rotación al maíz, sin embargo, la disponibilidad de humedad no ha permitido tener un buen desarrollo de estos cultivos ya que se han establecido cuando el cultivo de maíz está entre R3 y R4 (lechoso masoso), por lo que se hace necesario buscar opciones de manejo que permitan el establecimiento de los cultivos leguminosos asociados al maíz en etapas más tempranas para asegurar que puedan lograr un buen desarrollo y así tener los beneficios de la rotación.

El rendimiento promedio de 5.3 t/ha (Figura 5) obtenido con la siembra de maíz en rotación con frijol o canavalia —establecidos en diferentes ciclos en la misma parcela— es similar al rendimiento promedio de 5.2 t/ha obtenido con la siembra de maíz en unicultivo, prácticamente no hay diferencias.



■ **Figura 5.** Rendimientos y Utilidades en parcelas con siembra de maíz en unicultivo & rotación con cultivos leguminosos, Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. Ciclos PV 2016 – 2020.



Manejo de malezas

La maleza es uno de los principales factores que afecta la producción de maíz, ya que compite por luz, nutrimentos y agua, lo que causa reducciones del rendimiento y dificulta y encarece su cosecha mecánica (Rosales Robles y De la Garza Caballero, 2006). En la región de Los Llanos la práctica convencional (práctica del productor) para manejar malezas consiste en aplicar herbicida, pero sin considerar el periodo crítico de competencias.

El periodo crítico de competencia de las arvenses, con el cultivo del maíz, se encuentra entre la emergencia y 40 días después de la emergencia de la planta; y el punto crítico a los 32 días, el cual coincide con la etapa donde la planta de maíz define el número de hileras que tendrá la mazorca, por eso la importancia de un buen manejo.

De forma convencional los productores normalmente realizan el manejo cuando el maíz tiene 30 días después de la siembra (DDS) y la maleza alcanza una altura promedio 20 cm o más, dependiendo de las lluvias. En la plataforma se evaluaron tres prácticas alternativas para el manejo de malezas y demostrar la importancia de un manejo temprano, por esta razón no se consideró la práctica convencional.

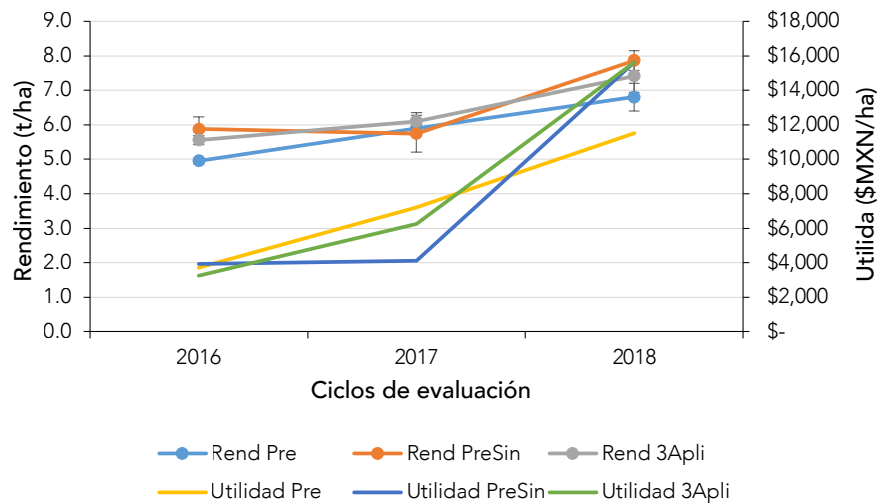
Durante tres ciclos productivos (PV), se evaluaron tres manejos de maleza:

1. Pre: manejo previo a la siembra: una sola aplicación antes de la siembra, empleando una dosis de 2 l/ha de glifosato + 1 l/ha de 2-4 D-amina, dejando que la maleza crezca después sin realizar otro manejo adicional.
2. PreSin: manejo previo a la siembra buscado tener el cultivo sin malezas: Se realizó una aplicación antes de la siembra, empleando una dosis de 2.5 l/ha de glifosato + 1 l/ha de 2-4 D-amina y posteriormente se realizó otra aplicación antes de la emergencia del cultivo (Pre-emergente) empleando una dosis de 1 l/ha de acetoclor (Harness o Surpas) + 1 kg/ha de atrazina, seguido de dos aplicaciones una con 1 l/ha de glufosinato de amonio al 24% y otra con 3 l/ha paraquat

necesarias para mantener al cultivo libre de maleza hasta la cosecha.

3. 3Apli: el manejo consiste en tres aplicaciones, uno en pre-siembra y dos durante el desarrollo del cultivo, empleando una dosis de 2.5 l/ha de glifosato + 1 l/ha de 2-4 D-amina, seguido de dos aplicaciones de herbicida en el desarrollo del cultivo, una aplicando 4 l/ha de paraquat + 1 l/ha de 2-4D amina, a los 25 días después de la siembra y la última con finale ultra; con una dosis de 1 l/ha, a los 60 días después de la siembra.

Los tratamientos con mayor control de malezas fueron PreSin y 3Apli, además alcanzaron un rendimiento promedio de 6.5 y 6.4 t/ha respectivamente (Figura 6), superando por 0.6 y 0.5 t/ha al tratamiento Pre que tuvo un rendimiento de 5.9 t/ha. En los resultados de utilidad, el tratamiento Pre; que consistió en una aplicación antes de la siembra en 2017 obtuvo una utilidad de \$7,207 MXN/ha, superando con \$3,089 y \$947 MXN/ha a los tratamientos PreSin y 3Apli respectivamente. En 2018 se dio un incremento en el precio de \$1,100 \$MXN/ha por tonelada de granos de maíz lo que influyó de manera positiva en las utilidades de los tratamientos PreSin y 3Apli superando por \$1,585 y \$1,599 MXN/ha respectivamente al tratamiento Pre. En cuanto a la utilidad promedio (\$MXN/ha) los tratamientos Pre y 3Apli resultaron ser los más rentables alcanzando una utilidad promedio de \$8,317 y \$8,380 MXN/ha respectivamente superando al tratamiento PreSin que obtuvo una utilidad de \$7,889 MXN/ha. Al realizar una sola aplicación antes de la siembra no contribuye a obtener el rendimiento más alto, pero si permite que el cultivo alcance un rendimiento considerable dando lugar a una utilidad positiva. Considerando los resultados obtenidos se puede pensar que realizar dos aplicaciones de herbicidas en los momentos oportunos, empleando las fuentes adecuadas, teniendo en consideración el periodo crítico de competencias y aunado al uso de coberturas permite que la incidencia de malezas no afecte negativamente al rendimiento del cultivo de maíz.



■ **Figura 6.** Efecto de tres manejos de malezas sobre el rendimiento y utilidad del cultivo de maíz, Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. Ciclos PV 2016 – 2018.

Las malezas que se presentaron durante las evaluaciones en los tres ciclos productivos fueron; nescafé o pica pica (*Mucuna pruriens*), Pega-pega (*Desmodium tortuosum*), flor amarilla o margarita; (*Melampodium divaricatum*), como malezas principales, para el caso de zacates se encontraron: mozote manso (*Cenchrus ciliaris*).

Del manejo de malezas se puede concluir que no necesariamente se debe mantener al cultivo totalmente libre de maleza durante todo el ciclo, lo importante es mantener libre de maleza en el periodo crítico de competencia (Ve-V10), también se debe conocer la dinámica y biología de malezas para poder diseñar un plan de manejo adecuado, ya que malezas como *Mucuna pruriens*. y *Desmodium tortuosum*. en otros sistemas de producción se siembran como cultivos de relevo para mejorar la fertilidad del suelo y en parcelas de la región de Los Llanos aparecen naturalmente.

Siembra mecanizada

En el área de influencia de la plataforma Venustiano Carranza, Chiapas, los productores normalmente prefieren realizar la siembra de forma manual, aun teniendo la disponibilidad de poder realizar esta actividad de forma mecanizada, los productores indican que al hacer uso de las sembradoras emplean mayor cantidad de semilla, la densidad

de población es muy alta propiciando un menor tamaño de mazorca y menos rendimiento. Aunado a esto también la cantidad de fertilizante aplicado incrementa, generando una mayor inversión. Lo anterior se debe a que normalmente no se realiza la calibración de las sembradoras disponibles para lograr una densidad de siembra adecuada y una buena distribución de la cantidad de fertilizante requerido por hectárea. Realizar la siembra mecanizada permite uniformizar la emergencia del cultivo, tener una mejor distribución de plantas por hilera, y una densidad adecuada de plantas por hectárea al momento de la cosecha que permitiendo alcanzar buenos rendimientos (> 6 t/ha).

En 2019 se compararon dos formas de siembra empleando la misma densidad de semillas por hectárea. En la región de Los Llanos normalmente se siembra a mano, por lo que se comparó con siembra mecanizada empleando una sembradora de dos cuerpos neumática. Resultando ser más factible la siembra mecanizada ya que de 62,500 semillas por hectárea que se sembraron, se logró que un promedio de 39,078 plantas que llegaron a cosecha, mientras que en las parcelas con siembra manual se logró una población promedio de 34,293 plantas, la diferencia fue de 4,785 plantas/ha a favor de la siembra mecanizada, además se logró un incremento de \$ 2,890 MXN/ha en la utilidad.



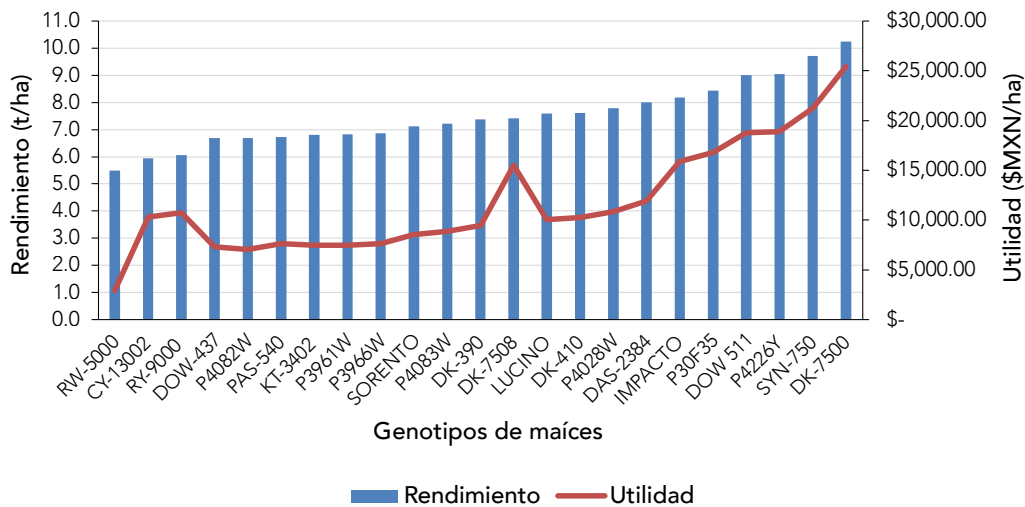
Con base a los resultados se concluye que la siembra mecanizada es más factible que la siembra manual, pero se requiere trabajar en procesos de desarrollo de capacidades tanto en productores como a quienes se dedican a la maquila en temas de calibración de maquinaria.

Evaluación de híbridos

Para el establecimiento del cultivo de maíz los productores pueden encontrar disponibles en el mercado una diversidad de marcas y genotipos de maíces de diferentes precios, potenciales y necesidades agroclimáticas, por lo que surge la pregunta ¿Cuál es el mejor híbrido? Derivado de esta situación es importante contar con información que permita a los productores poder tomar una buena decisión para la elección del genotipo que va a sembrar y así poder asegurar el logro de buenos rendimientos y evitar pérdidas principalmente por enfermedades como la pudrición de mazorcas. Para

generar la información sobre materiales de maíces con mejor potencial de rendimiento en la región de los Llanos, en la plataforma Venustiano Carranza durante cuatro ciclos se evaluaron diferentes genotipos de maíces disponibles en el mercado y al que los productores de esta región pueden acceder, la siembra se realizó en franjas. En los primeros dos ciclos (2016 y 2017) no se contó con repeticiones y en 2018 y 2019 si se contó con tres repeticiones para cada genotipo de maíz evaluado.

En el ciclo PV 2016 se evaluaron 23 genotipos (Figura 7) con colores de grano blancos y amarillos, de los cuales diez materiales alcanzaron un rendimiento superior al promedio (7.5 t/ha) de todos los materiales evaluados, en este ciclo el genotipo DK-7500 fue el que alcanzo el rendimiento más alto con 10.2 t/ha y el rendimiento más bajo fue de 5.5 t/ha alcanzado por el genotipo RW-5000, el mismo comportamiento tuvo la utilidad, la utilidad más baja fue de \$2,908 y la más alta de \$25,403 MXN/ha.



■ **Figura 7.** Rendimiento y utilidad de veintitrés genotipos de maíces disponibles en la región de los Llanos, Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. Ciclo PV 2016.



En 2017 se evaluaron 27 genotipos (Figura 8), los cuales tuvieron un rendimiento promedio de 6.5 t/ha, el rendimiento más alto fue de 9.4 t/ha que alcanzó el Impacto y el más bajo fue 0.8 t/ha alcanzado por AG-924, 15 genotipos superaron el rendimiento promedio. En este ciclo el rendimiento promedio fue 1 t/ha menos que el rendimiento promedio obtenido por los maíces evaluados en el ciclo PV 2016. En este ciclo seis genotipos tuvieron rendimientos bajos lo que repercutió en que no lograran tener una utilidad positiva, la utilidad más baja fue de -\$8,696 MXN/ha y la utilidad más alta fue de 13,971 MXN/ha.

En 2018 también se evaluaron diferentes híbridos, en este ciclo se contó con tres repeticiones para cada material, el rendimiento más alto fue de 7.3 t/ha que alcanzó el SYN750 y el rendimiento más bajo fue de 4.9 t/ha que alcanzó el SYN914, en promedio los materiales alcanzaron un rendimiento de 6.1 t/ha (Figura 9), 0.4 t/ha menos que el promedio del ciclo 2017, en este ciclo todos los materiales alcanzaron una utilidad positiva, siendo de \$4,433 MXN/ha la utilidad más baja y de \$15,395 MXN/ha la utilidad más alta.

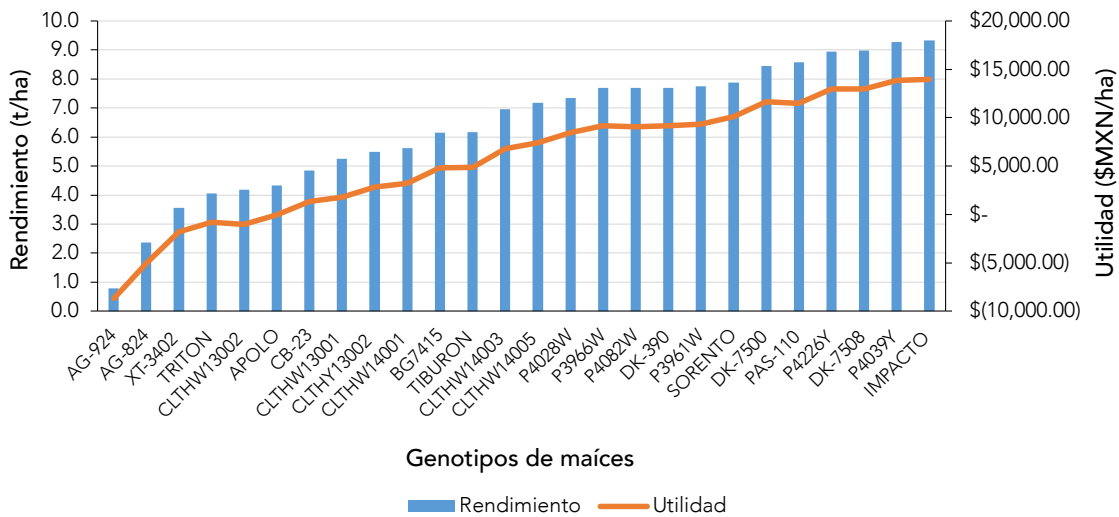


Figura 8. Rendimiento y utilidad de veintisiete genotipos de maíces disponibles en la región de los Llanos, Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. Ciclo PV 2017.

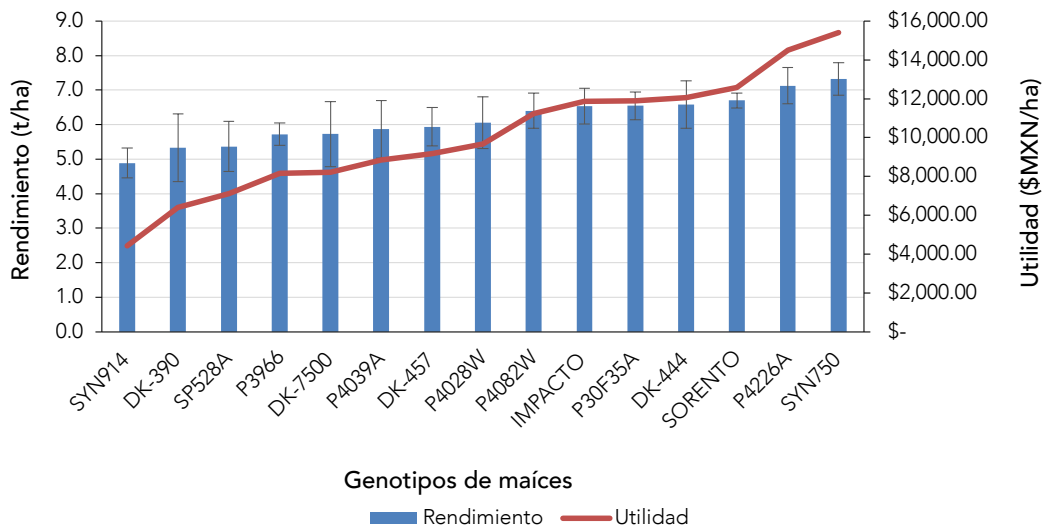
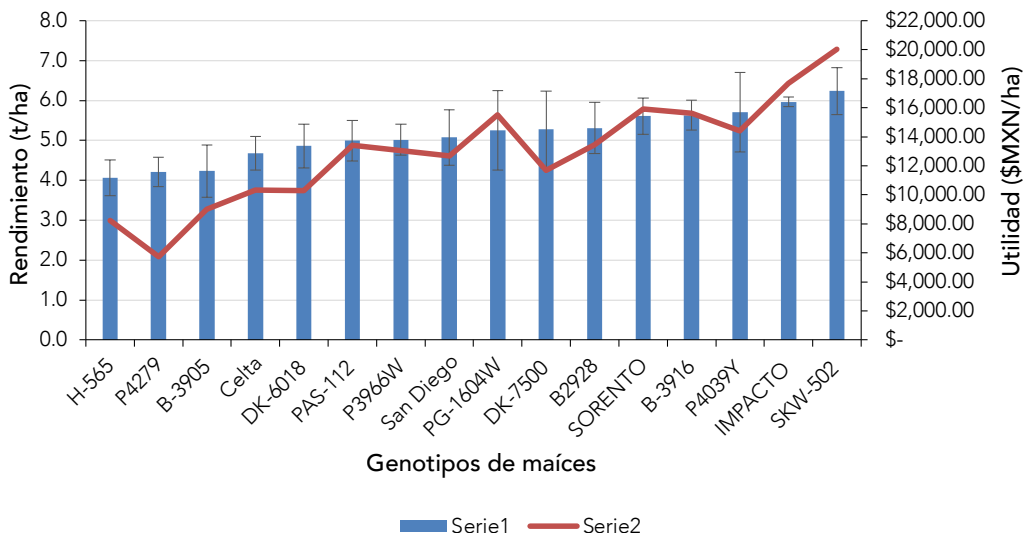


Figura 9. Rendimiento y utilidad de quince genotipos de maíces disponibles en la región de los Llanos, Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. Ciclo PV 2018.



En 2019 el rendimiento promedio de los materiales evaluados fue de 6.1 t/ha, una tonelada menos que el rendimiento promedio de 2018. El rendimiento más alto fue de 6.2 t/ha que obtuvo SKW-502 (Figura 10) y el rendimiento más bajo fue de 4.1 t/ha que obtuvo el H-565. El SKW-502 alcanzó una utilidad de \$20,046 MXN/ha que resultó ser la más alta y P4279 fue el que tuvo la utilidad más baja de \$5,720 MXN/ha. Cabe destacar que de los cuatro años en los que se evaluaron diferentes genotipos de maíces el ciclo PV 2019 fue el más seco.

En los cuatro años de evaluación se mantuvieron tres genotipos que fueron el Impacto, Dk-7500 y Sorento, al comparar los rendimientos promedios de los cuatro ciclos de evaluación el Impacto y DK-7500 resultaron tener los rendimientos más altos de 7.5 y 7.4 t/ha respectivamente y las utilidades \$14,840 y de \$14,234 MXN/ha, mientras que Sorento tuvo un rendimiento de 6.8 t/ha y una utilidad de \$11,790 MXN/ha. Impacto es el que tuvo menos variación entre el rendimiento más alto y el más bajo siendo la diferencia de 3.4 t/ha mientras que el DK-7500, tuvo una diferencia de 5 t/ha.



■ **Figura 10.** Rendimiento y utilidad de dieciséis genotipos de maíces disponibles en la región de los Llanos, Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. Ciclo PV 2019.

Evaluación de criollos

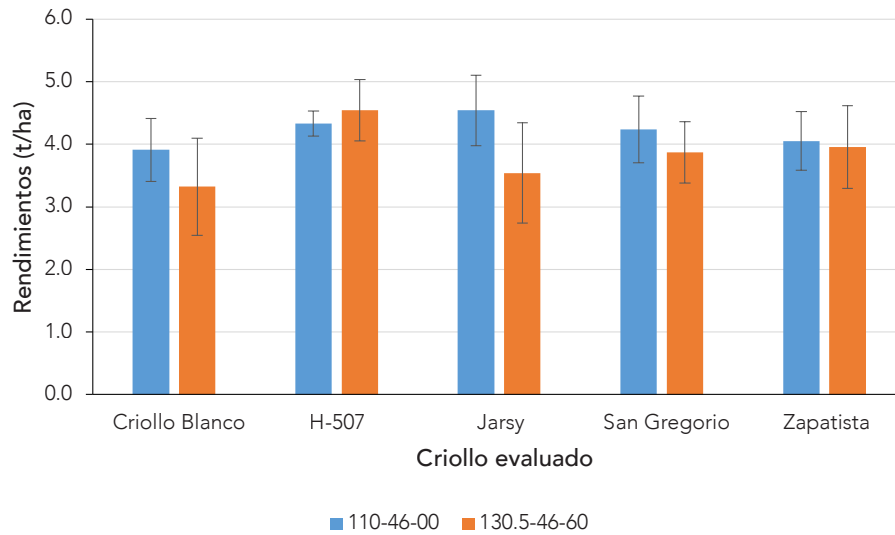
En la región de Los Llanos muchos productores aún conservan semillas de maíces criollos, los cuales tienen diferentes potenciales de rendimiento, adaptabilidad a diferentes tipos de manejo y condiciones agroclimáticas. Una propuesta para la mejora de los sistemas de producción es el uso de semillas adecuadas lo cual no descarta el uso de maíces criollos, esta condición genera la necesidad de conocer que potencial de rendimiento tienen y como responden a los manejos de fertilización, en

la plataforma de investigación Venustiano Carranza, Chiapas se evaluaron cinco maíces criollos con dos dosis de fertilización. Los maíces que se emplearon en esta evolución fueron el Criollo Blanco, Jarsy, H-507, San Gregorio y Zapatista, estos materiales son los que más se siembran en la zona, todos son de color blanco y las dosis de fertilización fueron de 110-46-00 distribuida en una sola aplicación a los 45 días después de la siembra (DDS) y se comparó con la dosis 130.5-46-60 distribuida en dos aplicaciones.



En los resultados obtenidos (Figura 11) se encontró que cuatro de los materiales tuvieron mejor respuesta a la dosis de fertilización 110-46-00 a diferencia del H-507 que respondió mejor a la dosis 130.5-46-60 alcanzando un rendimiento de 4.5 t/ha, cabe destacar que este material fue uno de los primeros híbridos que se sembraron en la región de Los Llanos y por su potencial de rendimiento los productores han mantenido este material por

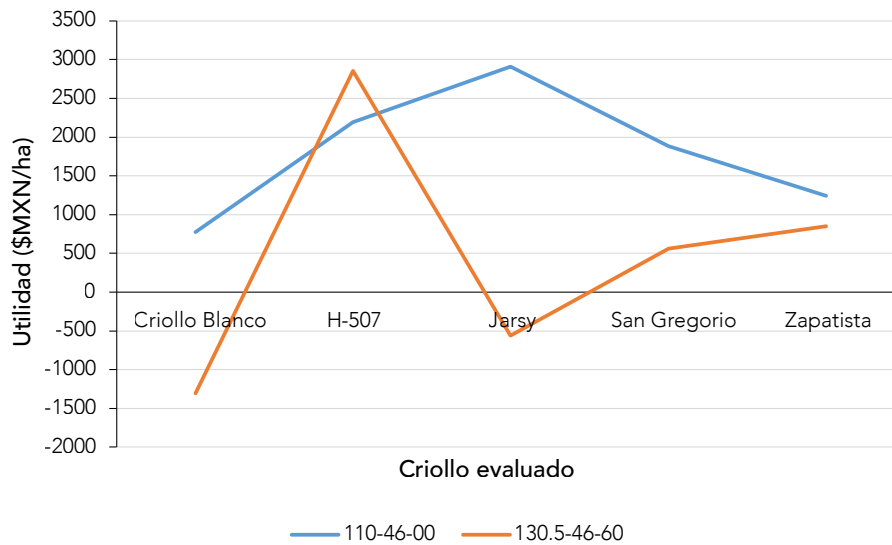
varias décadas a través de un proceso de selección convencional y probablemente este factor de mejoramiento que tuvo fue lo que permitió tener una respuesta más positiva a la dosis más alta de fertilización. El Jarsy tuvo el rendimiento más alto con la dosis 110-46-00 alcanzando un rendimiento de 4.5 t/ha similar al rendimiento que alcanzó el H-507 con una dosis más alta, en cambio con la dosis 130.5-46-60 alcanzó una tonelada menos.



■ **Figura 11.** Rendimientos de cinco maíces criollos con dos dosis de fertilización, plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. Ciclos PV2017 y 2018.

Al analizar los resultados de rentabilidad, se encontró que la utilidad en promedio fue más alta cuando se empleó una dosis de fertilización 110-46-00 alcanzando un valor de \$1,800 MXN/ha contra \$480 MXN/ha que se obtuvo con la dosis 130.5-60-46 (Figura 12), la diferencia entre las utilidades obtenidas se debe principalmente a la diferencia en las cantidades de fertilización que se emplearon, la

mano de obra empleada para la aplicación de los fertilizantes y por el rendimiento alcanzado. Cuando se empleó una dosis de fertilización más alta el Criollo Blanco y Jarsy tuvieron utilidades negativas de \$1,305 y \$559 MXN/ha respectivamente y con la dosis de fertilización más baja el Jarsy tuvo una utilidad de \$2,910 MXN/ha que resultó ser la más alta.



■ **Figura 12.** Utilidades de cinco maíces criollos con dos dosis de fertilización, plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. Ciclos PV2017 y 2018.

Uso de micorrizas

La fertilización es un rubro importante en los costos de producción, en la región de los Llanos representa un 30%. Esto ha llevado a los productores a buscar alternativas para reducir los costos de esta actividad, un posible método de reducir los costos de fertilización es mediante el uso de biofertilizantes, que son microorganismos que ayudan a las plantas a obtener nutrientes. Sin embargo, los efectos de los microorganismos son muy variables, con grandes diferencias entre regiones, cultivos, tipos de suelo, manejo, fuentes y dosis de fertilización. Por lo que se hace necesario evaluar la efectividad de su aplicación en cada agroecosistema. Un tipo importante de microorganismos benéficos son las micorrizas, estas son un tipo de hongos que entran en simbiosis con las plantas a través de la rizosfera permitiendo una mayor exploración del suelo que permite la obtención de nutrientes principalmente del fósforo.

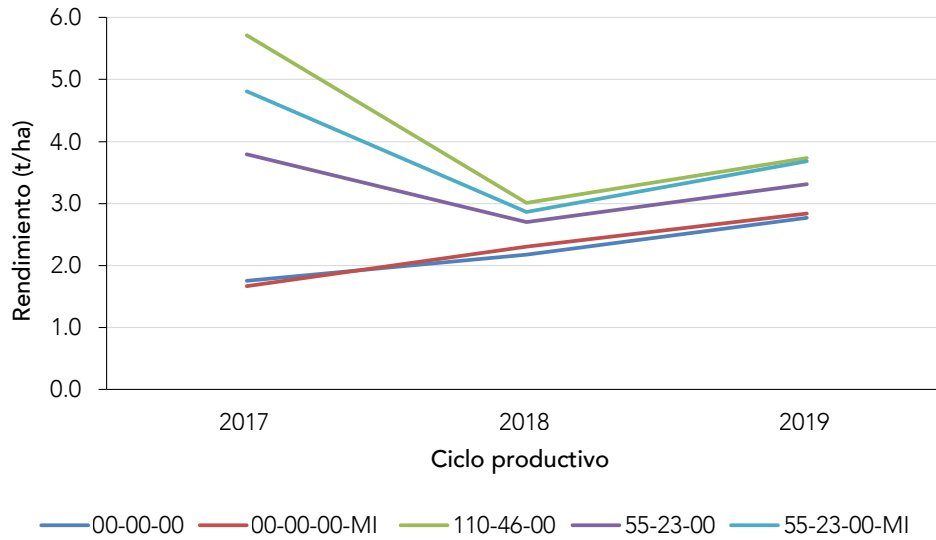
Con el objetivo de evaluar el uso de biofertilizantes como una alternativa para el manejo de la nutrición del cultivo de maíz, durante los ciclos de primavera-verano de los años 2017 al 2019 se evaluó el efecto del uso de micorrizas sobre el rendimiento. La evaluación consistió en cinco tratamientos; 1: se empleó la dosis de fertilización convencional 110-46-00 (110-46-00), 2: dosis de fertilización 55-23-00 (55-23-00), 3: dosis de fertilización 55-23-00 más micorrizas (55-23-00-MI), 4: dosis

de fertilización 00-00-00 (00-00-00) y 5: dosis de fertilización 00-00-00 más micorrizas (00-00-00-MI). En la Figura 8 se muestran los resultados de los rendimientos obtenidos en los tres ciclos de evaluación, se observa que los rendimientos para los tratamientos que incluyen fertilización de síntesis química (urea y DAP) fueron más altos en el ciclo PV 2017 en comparación con los rendimientos de los ciclos PV 2018 y 2019. En 2017 el temporal fue muy bueno permitiendo que el cultivo creciera sin limitantes y en los ciclos 2018 y 2019 se presentaron periodos de sequías que afectaron negativamente a los rendimientos, en cambio los tratamientos con cero fertilización de síntesis química (00-00-00 y 00-00-00-MI) los rendimientos tendieron a incrementarse en cada ciclo. En el ciclo 2017 se observan diferencias entre los rendimientos obtenidos por los tratamientos 110-46-00, 55-23-00 y 55-23-00-MI que alcanzaron rendimientos de 5.7, 3.8 y 4.8 t/ha, en cambio entre los tratamientos 00-00-00 y 00-00-00-MI no se observan diferencias (Figura 13). El rendimiento promedio indica que no hay diferencia entre los tratamientos 00-00-00 y 00-00-00-MI que alcanzaron 2.2 y 2.3 t/ha en cambio entre los rendimientos promedios de los tratamientos 55-23-00-MI y 55-23-00 se encontró una diferencia de 0.5 t/ha. El rendimiento promedio más alto los alcanzó el tratamiento 110-46-00 (4.2 t/ha) que supero por 0.5 y 0.9 t/ha a los rendimientos alcanzados por los tratamientos 55-23-00-MI y 55-23-00 respectivamente.



Con base en los resultados si se emplea micorrizas es necesario hacer una aplicación de fertilizantes de síntesis química o quizás alguna fuente orgánica como composta o alguna otra fuente similar para tener un efecto positivo. Los resultados indicaron que el uso de micorrizas puede tener beneficios en

la región, pero es necesario más investigación para conocer la dosis óptima de fertilización en combinación con las micorrizas, por ejemplo, para saber qué pasaría con la dosis balanceada ya que en esta evaluación no se consideró este tratamiento.



■ **Figura 13.** Efecto del uso de micorriza sobre el rendimiento del cultivo de maíz, Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. Ciclos PV 2017 – 2019.



Conclusiones

Problemática	Propuesta	Resultados
Altos costos de producción	Camas permanentes	Se reducen los costos de acondicionamiento del suelo en \$500 MXN/ha ya que solo se realiza la reformación de camas y el manejo de la maleza para facilitar la siembra o emergencia del cultivo.
	Siembra mecanizada	Con la mecanización de la siembra se logró un incremento de \$ 2,890 MXN/ha en la utilidad en comparación con la siembra manual. Se requiere trabajar en procesos de desarrollo de capacidades tanto en productores como con quienes se dedican a la maquila en temas de calibración de maquinaria para que los productores adopten esta práctica.
	Fertilización de criollos	Empleando una dosis de 110-46-00 distribuida en una sola aplicación se obtuvo \$1,320 MXN/ha más de utilidad en comparación con la dosis 130.5-60-46 distribuida en dos aplicaciones.
	Micorrizas	El uso de micorrizas contribuyo a incrementar el rendimiento cuando se empleó fertilizantes.
Bajos rendimientos	Manejo de malezas	Se puede concluir que no necesariamente se debe mantener al cultivo libre de maleza durante todo el ciclo, lo importante es evitar en la medida de lo posible su presencia en el periodo crítico de competencia (Ve-V10) principalmente cuando predomina los pastos, también se debe conocer la dinámica y biología de malezas para poder diseñar un plan de manejo adecuado.
	Rotación de cultivos	La rotación con cultivos leguminosos no contribuyo al aumento del rendimiento del cultivo de maíz
	Híbridos comerciales	Los híbridos Impacto y DK-7500 obtuvieron rendimientos por arriba de 7.0 t/ha. Para elegir cualquier genotipo de maíz es importante considerar la tolerancia a enfermedades y sequía.
Manejo de rastrojo	Usar residuos como cobertura	El uso de los residuos de cosecha contribuyo en un incremento de 0.3 t/ha comparado con la práctica de remover los residuos.

Bibliografía

Rosales Robles, E., & De la Garza Caballero, M. (2006). Control químico de maleza en maíz en la zona central de Tamaulipas. *Inifap*, 3.



Archivo fotográfico



■ Foto 1. Siembra mecanizada en parcelas con camas permanentes. Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas.



■ Foto 2. Siembra manual en parcela con labranza convencional. Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. 10 de julio de 2019.



■ Foto 3. Aspecto del cultivo de maíz establecido de forma convencional (fondo de raya) a la izquierda y en camas permanentes a la derecha. Venustiano Carranza, Chiapas. 19 de septiembre de 2021



■ Foto 4. Separación de mazorcas sanas y con problemas de hongos durante la estimación de cosecha. Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. 26 de marzo de 2021.



■ Foto 5. Asociación de maíz y canavalia. Plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. 03 de octubre de 2022.



■ **Foto 6.** Participación de productores en evento demostrativo en la plataforma Venustiano Carranza, Chiapas. 15 de noviembre de 2019.



Plataforma Villa Corzo, Chiapas

Nombre plataforma	Villa Corzo, Chiapas
Colaborador	Rubén de la Piedra Constantino
Ubicación	Rancho San Sebastián, Villa Corzo, Chiapas. A 4 km de la cabecera municipal sobre la carretera Villa Corzo-Ejido Monterrey. 16°09'27.82" LN y 93°17'30.51" LO
Altura	596 msnm
Clima	Cálido subhúmedo con lluvias en el verano, precipitación 1200 mm, temperatura media 24 °C
Tipo de producción	Temporal
Año de instalación	2016

La plataforma de investigación Villa Corzo se ubica en el municipio homónimo del estado de Chiapas, dentro de la región económica La Frailesca. Allí, el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano y en la parte agrícola los sistemas de producción son, en su mayoría, de transición entre autoconsumo y producción comercial, por lo que incluyen prácticas manuales y mecanizadas con un nivel tecnológico que va de bajo a medio. Los cultivos principales son el maíz y frijol, con rendimientos promedio de 4.2 y 0.35 t/ha, respectivamente (SIAP, 2017-2021).

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan los productores de la región es la baja rentabilidad de la producción agrícola, misma que está originando poco interés de los jóvenes en continuar con la agricultura, abandono del campo y cambio de uso de suelo de agrícola a pecuario.

Entre las principales causas de esta situación están la falta de organización de los productores con enfoque productivo, poco acceso a financiamiento, procesos de comercialización desfavorables, altos costos de producción, baja diversificación de los sistemas agrícolas y bajos rendimientos que constituyen el principal problema de la región.

A su vez, los bajos rendimientos tienen como causas el alto riesgo por sequía, degradación de suelos — que se manifiesta con bajo contenido de materia orgánica, acidez de suelos, compactación, baja fertilidad, erosión, entre otros factores no menos importantes—, al igual que una alta incidencia de malezas y enfermedades como la mancha de asfalto para maíz y mosaico amarillo del frijol (BYM).

Con base en esta situación prevaleciente, se hace necesario enfocar las acciones de investigación y transferencia de prácticas y/o tecnologías hacia la búsqueda de alternativas que ayuden a contrarrestar las principales causas del problema, priorizándose como las más determinantes la degradación de suelos, el alto riesgo por sequía y la baja diversificación de los sistemas agrícolas. Atender de manera adecuada estas causas ayudará a mejorar la rentabilidad de la agricultura en la región Frailesca.

Las acciones de investigación, transferencia y extensión se deben enfocar a la búsqueda de alternativas tecnológicas que ayuden a los productores de la región Frailesca a obtener de manera sustentable mayores rendimientos, contribuyendo en el desarrollo de una agricultura sustentable que ayude a hacer frente al cambio climático, contribuir a la seguridad alimentaria y al bienestar social.

Ante esta situación, en el 2016 se inició el trabajo de investigación en la plataforma de investigación Villa Corzo —en ese momento, en el marco del proyecto MasAgro— con el objetivo de contribuir al desarrollo de una agricultura sustentable mediante la generación de tecnologías basadas en la agricultura de conservación.

En el ensayo a largo plazo de la plataforma se comparan dos prácticas de labranza (labranza convencional y cero labranza), tres manejos de residuos (dejar, parcial y remover), y rotaciones (maíz en monocultivo, maíz-frijol en unicultivo por cada ciclo, y maíz en relevo con canavalia, dólico, frijol y sorgo).



Ya que en el 2016 se realizaron actividades de acondicionamiento del suelo —descompactación en las parcelas con prácticas basadas en agricultura de conservación—, fue hasta el ciclo 2017 cuando ya fue posible hacer las comparaciones con relación

a la labranza, manejos de residuos y rotaciones. Además, se han hecho evaluaciones de genotipos de maíces y fechas de siembra, variedades de frijoles, manejo de malezas y cultivos alternativos.

■ **Tabla 1:** Características del sistema de producción en torno a la plataforma Villa Corzo, Chiapas.

Condiciones agroecológicas	Características sistema de producción	Manejo agronómico	Aspectos socioeconómicos
Clima: cálido subhúmedo	Producción agrícola en transición	Labranza: convencional (2 pasos de rastra y en algunos casos un paso de arado de discos)	Pequeña propiedad, parcela ejidal, comunal (1.0–5.0 ha) y arrendamiento de tierras para la agricultura
Temperatura media anual: 24 °C	Siembras en valles, planicies y laderas	Fertilización: química, empleando normalmente dos elementos (nitrógeno y fósforo)	Producción: venta local
Precipitación anual: 1 200 mm	Régimen hídrico de temporal (97%) y riego (3%)	Manejo de malezas: químico	Mano de obra por pago de jornadas
Suelo: Regosol	Cultivo primario maíz (60%) y grano pequeño (cebada, avena, trigo y alfalfa)	Manejo de plagas: químico	Actividad pecuaria de ganado bovino de doble propósito
			Uso del suelo: agricultura (27.69%), pastizal cultivado (2.72%) y zona urbana (0.69%)

Resultados y Aprendizajes

La labranza convencional en la región Frailesca consiste en el laboreo del suelo previo a la siembra con arado de discos y rastra, los cuales cortan y voltean parcialmente los primeros 15-20 cm del suelo. Generalmente, en esta región de Chiapas se ha dejado de realizar el paso del arado de discos —se cambió a realizar solamente dos o más pasos de rastra— debido, principalmente, al incremento en los costos por realizar esta práctica.

Con la labranza, el suelo se afloja, airea y mezcla, lo que facilita el ingreso de agua, la distribución de nutrientes y la reducción de malezas en la superficie. No obstante, también se reduce rápidamente la cobertura superficial, aumentan los riesgos de erosión y se aceleran los procesos de degradación de la materia orgánica y el suelo. Por esto, en la plataforma se validan prácticas agronómicas con base en la agricultura de conservación (AC), un sistema

de producción que combina el mínimo movimiento del suelo, la cubierta permanente del suelo —que puede ser con residuos de cosecha o cultivos de servicio como canavalia u otro— y la diversificación de cultivos, factores que pueden reducir la degradación del suelo y ayudar a mejorar su fertilidad.

Mayor rendimiento con Labranza Cero que Convencional

Para que los productores puedan realizar cambios que contribuyan a reducir los procesos degradativos del suelo es importante demostrar qué efecto se tiene sobre los rendimientos cuando se realiza la Labranza Convencional o Cero Labranza. Por esto, en la plataforma Villa Corzo se evaluó el efecto sobre el rendimiento y la utilidad de estas dos prácticas de labranza. Cabe destacar que el manejo de los residuos de cosecha para ambos casos consistió en Remover el 100%.



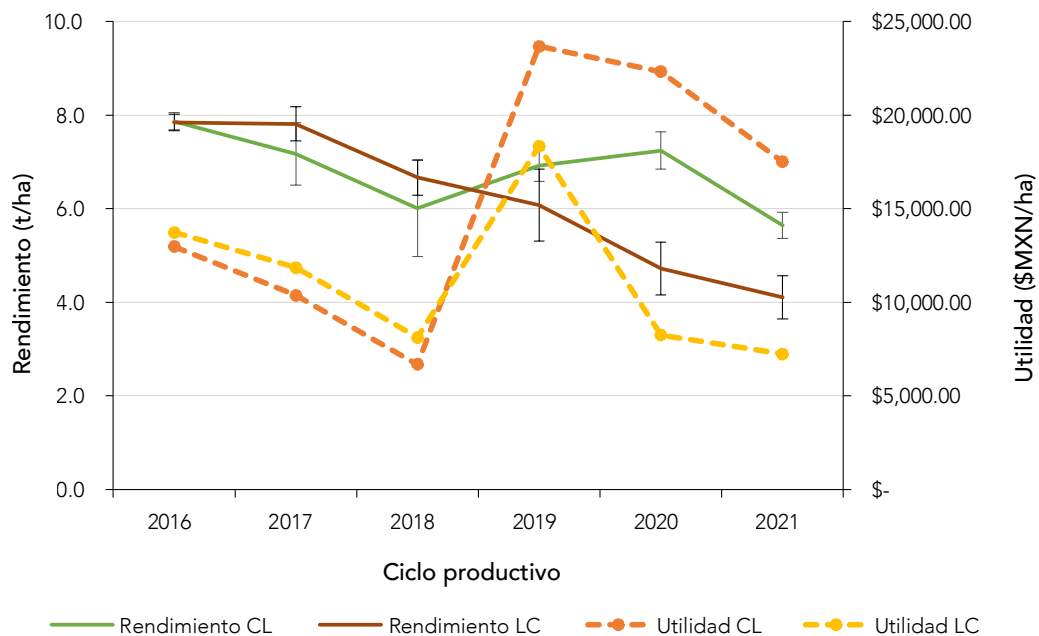
Los resultados obtenidos por un periodo de evaluación de cinco años de estas dos prácticas agrónomicas demuestran que la Labranza Convencional no tiene un efecto positivo sobre el rendimiento en el largo plazo, logrando un rendimiento promedio de 6.2 t/ha, en comparación con la Cero Labranza que obtuvo un rendimiento de 6.8 t/ha (figura 1).

La diferencia entre los tratamientos se dieron desde el tercer ciclo (2019), ya que en el ciclo 2017 fue cuando se incluyó la práctica de Cero Labranza y en 2016 se realizaron prácticas de acondicionamiento del suelo (año cero) que, en este caso, consistieron en la descompactación del suelo mediante una labranza vertical a una profundidad de 35 cm con un arado de cinceles vibratorio. El acondicionamiento del suelo o año cero es importante ya que permite corregir factores que pueden limitar el desarrollo de los cultivos, estos factores limitantes se pueden identificar a través de un diagnóstico de parcela.

Con relación a los costos de producción no se observan diferencias, ya que en la preparación donde se realiza la práctica de Cero Labranza se realiza el manejo de los residuos (chapeo) que tiene un costo muy similar a la práctica de Labranza Convencional. En esta evaluación, además, no se empleó el arado de discos, solo se realizaron dos pasos de rastra lo que tiene impacto en la reducción de los costos por preparación del suelo.

En cuanto a la utilidad sí se observa que a partir del ciclo PV 2019 esta fue mayor con Cero Labranza: en promedio, se obtuvo una utilidad de \$15 591 MXN/ha, superando por \$4 335 MXN/ha a la utilidad promedio que se obtuvo con Labranza Convencional.

Con base en los resultados y aun si no se aplican los otros componentes de la agricultura de conservación, la práctica de Cero Labranza resultó ser más rentable en comparación con la Labranza convencional.



■ **Figura 1.** Efecto sobre el rendimiento y la utilidad de las prácticas de Labranza Convencional y Cero Labranza en la plataforma Villa Corzo, Chiapas, ciclos PV 2017–2021. Abreviatura: LC= labranza convencional, CL= cero labranza.



Manejo de residuos de cosecha

En la región Frailesca de Chiapas, de forma convencional, los productores emplean los residuos de cosecha como alimento para el ganado, ofreciéndolo de forma directa a través del pastoreo o bien empacándolo, esto limita el aporte de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes.

Dado que en la plataforma no es posible realizar el pastoreo o el empacado, se ha evaluado el efecto de remover el rastrojo, lo que consiste en sacar de la parcela el 100% de los residuos de cosecha. Esto se ha comparado con la práctica de dejar los residuos —que consiste en que el 100% de los residuos quedan en la parcela como cobertura— y la práctica de dejar parcialmente los residuos.

Dejar parcialmente los residuos consiste en dejar parte del rastrojo en la parcela de forma alterna —una hilera si y otra hilera no—, buscando que se quede aproximadamente el 50% de los residuos

como cobertura o incorporado, dependiendo de la práctica de labranza. Con esta práctica se busca que una parte de los residuos de cosecha se emplee como alimento para los animales y la otra parte pueda quedarse en el suelo, ya sea como cobertura o incorporado, de tal manera que permita mantener la fertilidad del suelo. La diferencia entre los manejos de los residuos de cosecha inició en el ciclo productivo PV 2017.

El efecto de dejar los residuos fue positivo, contribuyendo a mayores rendimientos. En Labranza Convencional la diferencia entre remover y dejar parcialmente los residuos fue de 0.7 t/ha (figura 2) a favor del segundo con el cual se obtuvo un rendimiento promedio de 6.9 t/ha. De igual manera la utilidad superó con \$4 139 MXN/ha a la utilidad de la práctica de remover los residuos, la cual obtuvo un promedio de \$11 255 MXN/ha. Estos valores consideran el ingreso por la venta del grano y el rastrojo.

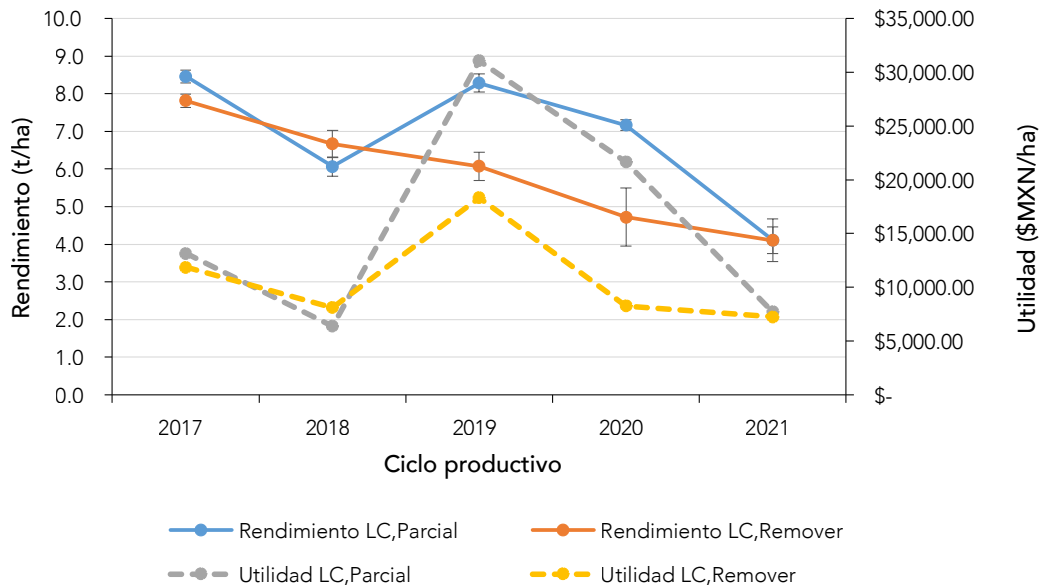
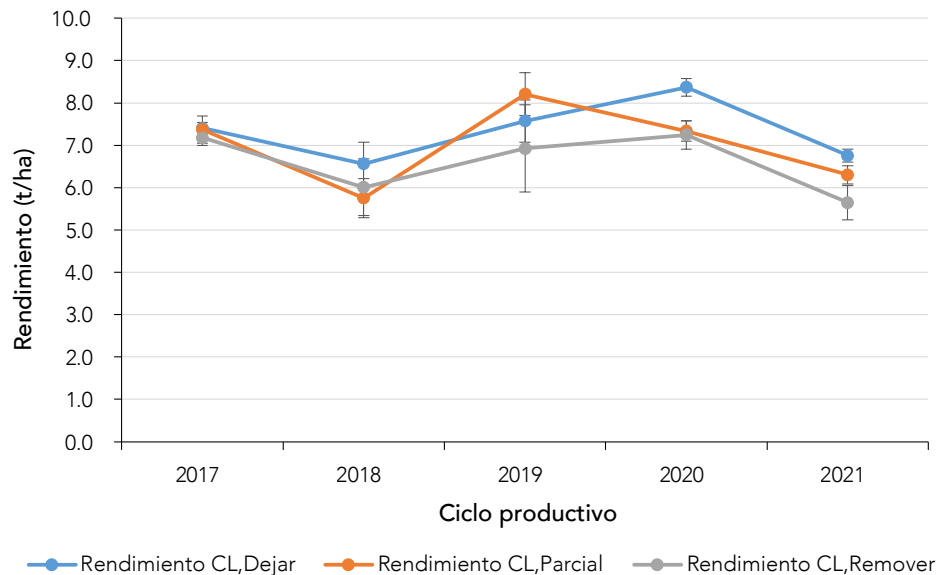


Figura 2. Rendimientos y utilidades del manejo de residuos de cosecha Remover y Parcial con Labranza Convencional, Plataforma Villa Corzo, Chiapas, Ciclos PV 2017–2021. Abreviatura: LC= labranza convencional.



En la práctica de Cero Labranza los rendimientos promedio (figura 3) de las prácticas de dejar los residuos y dejarlos parcialmente superaron por 0.6 y 0.4 t/ha, respectivamente, al rendimiento de 6.8 t/ha que alcanzó el manejo de remover los residuos en un periodo de cinco ciclos productivos.

En cuanto a la utilidad, los manejos de dejar los residuos y dejarlos parcialmente obtuvieron valores de \$3 380 y \$2 112 MXN/ha, respectivamente, sobre la utilidad promedio de removerlos, que tuvo una utilidad de \$15 591 MXN/ha.



■ **Figura 3.** Rendimientos y Utilidades de los manejos de residuos de cosecha Remover, Parcial y Dejar con Cero Labranza, Plataforma Villa Corzo, Chiapas, Ciclos PV 2017 – 2021. **Abreviatura:** CL= cero labranza.

Agricultura de conservación y convencional

La agricultura de conservación (AC) es un sistema de producción agrícola que se basa en tres prácticas fundamentales: 1) mínimo movimiento del suelo, 2) manejo de residuos como cobertura del suelo (racional), y 3) diversificación de cultivos (económico). Se trata de un sistema que se adapta a diferentes condiciones agroecológicas; no obstante, antes de implementarlo es necesario realizar un diagnóstico de parcela para identificar factores que puedan limitar el manejo y realizar el acondicionamiento necesario para evitar problemas en el futuro. Este paso se conoce como el “año cero” de la agricultura de conservación y puede implicar el uso de labranza, a veces intensivo (como descompactación o nivelación) para corregir los problemas de la parcela.

En la plataforma Villa Corzo se comparó la agricultura de conservación y la práctica convencional. El sistema de producción basado en agricultura de

conservación consistió en cero labranza, dejar como cobertura aproximadamente el 50% del rastrojo producido (Parcial), y siembra de canavalia cuando el maíz está próximo a su madurez fisiológica —en la plataforma normalmente se realiza en la primera semana de septiembre—.

Antes de implementar esta práctica se realizó la descompactación del suelo empleando un arado de cinceles vibratorio (figura 4); este implemento realiza una labranza vertical a una profundidad máxima de 40 cm —en el caso particular de la plataforma fue hasta los 35 cm—. La práctica convencional consistió en remover los residuos de cosecha, dos pasos de rastra de discos a una profundidad máxima de 15 cm y la siembra de maíz en unicultivo desde 2016 al 2021 en el ciclo primavera-verano (temporal).

El efecto de la agricultura de conservación sobre el rendimiento en el periodo de 2016 al 2021 contribuyó a mantener el rendimiento promedio en 7.7 t/



ha, superando con 1.5 t/ha al rendimiento promedio (6.2 t/ha) que se obtuvo implementado el sistema de agricultura convencional (figura 5) —para el mismo periodo el SIAP reporta un rendimiento promedio del cultivo de maíz de 4.2 t/ha en el sistema de agricultura convencional que se practica en el municipio Villa Corzo, Chiapas—.

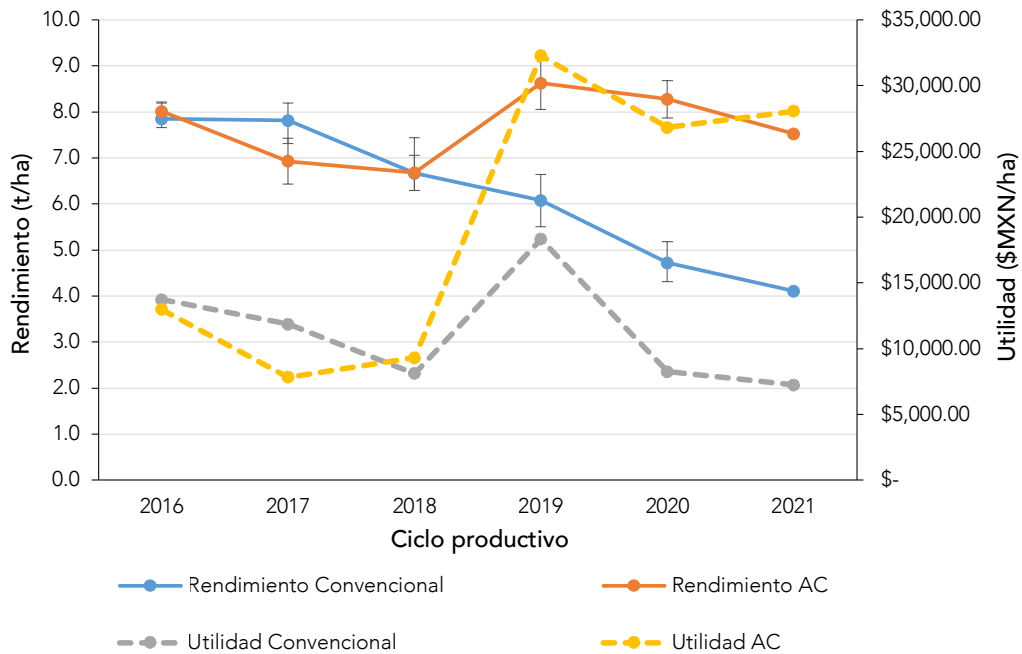
Con base en los resultados se observa que a partir del 2019 —que es el año tres de la implementación de prácticas con base en AC— comienza a ser visible el efecto de la agricultura de conservación sobre el rendimiento, superando con 2.5 t/ha al rendimiento obtenido con agricultura convencional. A partir de este ciclo y hasta el 2021, la diferencia promedio entre los rendimientos del sistema de AC y Convencional es de 3.2 t/ha.

Con el sistema de agricultura convencional el rendimiento fue cada vez menor, pasando de 7.8 t/ha a 4.1 t/ha en un periodo de cinco años de evaluación. Una causa probable puede ser la cantidad de agua disponible en el suelo, ya que la velocidad de infiltración con agricultura de convencional es de 8.7 l/hr en comparación con los 27.3 l/hr que se infiltran con AC, reduciendo así la disponibilidad de agua para el cultivo en el sistema convencional.

Considerando que la práctica de agricultura convencional conlleva a la degradación del suelo, afecta negativamente los rendimientos e incrementa los costos de producción, los productores deberían adoptar prácticas con base en el sistema de agricultura de conservación para mantener el potencial de producción de sus parcelas.



■ **Figura 4.** Descompactación del suelo como práctica de acondicionamiento empleando el arado de cinceles vibratorio, plataforma Villa Corzo, Chiapas. Ciclo PV 2016.



■ **Figura 5.** Rendimientos y Utilidades de los sistemas de Agricultura de conservación y Convencional, Plataforma Villa Corzo, Chiapas, Ciclos PV 2017 – 2021. Abreviatura: AC = agricultura de conservación

Leguminosas una opción para disminuir dosis de fertilizantes nitrogenados.

A finales de 2021 los fertilizantes comenzaron a tener un incremento en precio y en 2022 alcanzaron un incremento de 110% (IICA, 2023) comparado con 2021. Para la fertilización del maíz las fuentes nitrogenadas son las que se emplean en mayor proporción.

De acuerdo con el diagnóstico que se realizó antes de instalar la plataforma, en la región Frailesca los productores de forma convencional aplican una dosis que va de los 160 a 180 kg de nitrógeno (N) por hectárea, alcanzando un rendimiento promedio de 4.2 t/ha (SIAP, 2017-2021). Las principales fuentes de nitrógeno que se emplean son la urea (46-00-00) y el sulfato de amonio (21-00-00-24.2S).

Conocer la demanda de nitrógeno que tiene el maíz es muy importante para calcular la dosis de fertilización. Castellanos et al. (2019) mencionan que la extracción unitaria de nitrógeno es de 19.5 kg de N por tonelada de grano producido; ajustado al 14% de humedad. Considerando este valor la productividad por la aplicación de nitrógeno es de 1 kg para producir 51.3 kg de maíz.

Ante el incremento en los costos de los fertilizantes se buscan alternativas para hacer un uso eficiente y mejorar la productividad, por lo que en 2019 se inició en la plataforma un ensayo para evaluar el efecto de tres dosis de fertilización nitrogenada (18, 90 y 180 kg N/ha) y la siembra en relevo de canavalia (*Canavalia sp.*), dólido (*Dolichos lablad*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) comparado con la siembra de maíz en monocultivo. La dosis de fósforo y potasio fue de 46 y 60 kg/ha, respectivamente, y se mantuvo en las diferentes dosis de nitrógeno para asegurar que estos nutrientes no fueran limitantes y así solo medir el efecto de las dosis de nitrógeno.

La siembra en relevo de frijol, dólido y canavalia permitió mejorar la productividad por kg de nitrógeno en las tres dosis que se evaluaron (18, 90 y 180 kg N/ha), resultando ser más productiva la siembra de canavalia, la cual alcanzó rendimientos promedio de 6.4, 7.7 y 8.2 t/ha para las dosis de 18, 90 y 180 kg N/ha, respectivamente; mientras que el maíz en monocultivo obtuvo 2.9, 4.4 y 5.0 t/ha (figura 6).

Lo anterior significa que el maíz con canavalia en relevo y fertilización con 18 kg d N/ha rindió más que el maíz en monocultivo y la aplicación de 180 kg



de N/ha. Los resultados no descartan las siembras en relevo de dólico y frijol, ya que estos cultivos tienen otros beneficios: en el caso del frijol permite la obtención de granos que contribuyen a la seguridad

alimentaria y, por su parte, los dólicos también representan una alternativa para la alimentación de las familias y del ganado.

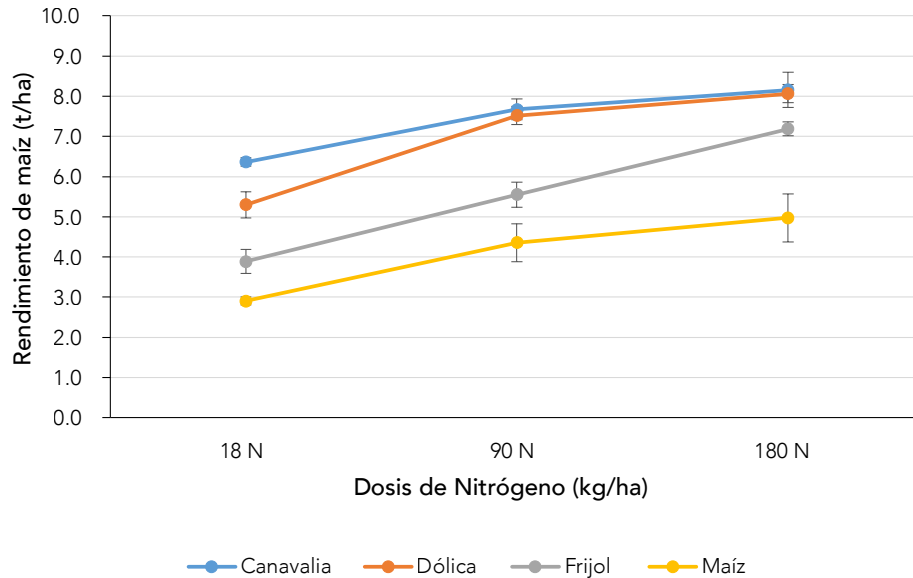


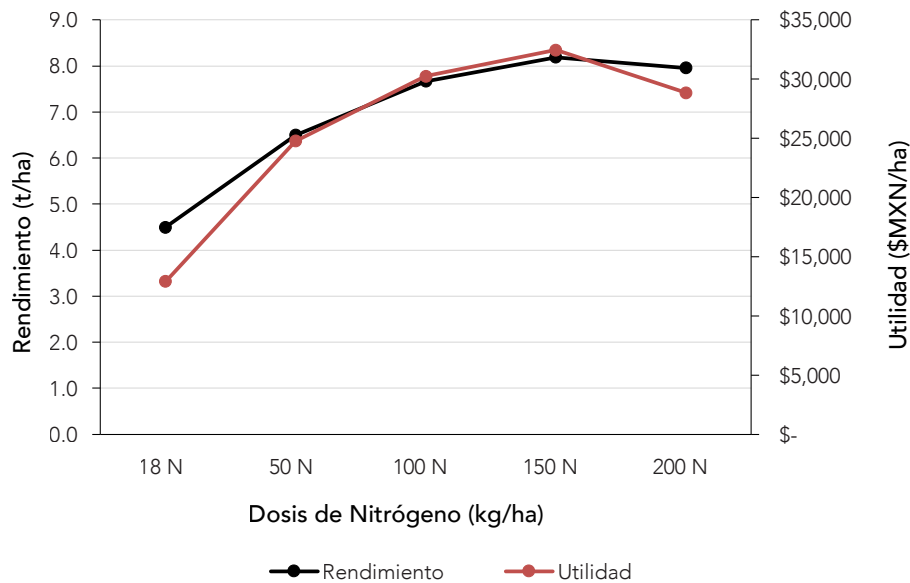
Figura 6. Efecto de tres dosis de nitrógeno y la siembra en relevo de canavalia, dólico y frijol comparado con la siembra en monocultivo de maíz sobre el rendimiento de granos de maíz, Plataforma Villa Corzo, Chiapas. Ciclo PV 2019-2021.

La canavalia es un cultivo que tolera muy bien el sombreado del maíz cuando se siembra en relevo, además de tolerar la falta de lluvia después de la cosecha del maíz. En la plataforma Villa Corzo se evaluó por cuatro ciclos el efecto de la interacción de canavalia sembrada en relevo al maíz y cinco niveles de fertilización nitrogenada (18, 50, 100, 150 y 200 kg de N/ha) más 46 kg de fósforo y 60 kg de potasio (K) por hectárea.

El nitrógeno (N) es uno de los nutrientes que más limita la producción de maíz, por lo tanto, su aplicación a través de la fertilización es imprescindible y se esperaría que cuando se aplica mayor cantidad el rendimiento también va a aumentar. De los cinco niveles de nitrógeno que se evaluaron en el periodo

de 2019 a 2022 (cuatro ciclos de PV), aplicar 100 y 150 kg de N/ha contribuyen a obtener las utilidades más altas alcanzando los \$30,245 y \$32,464 MXN/ha, respectivamente (figura 7).

Aplicando 200 kg de N/ha se obtuvo un rendimiento promedio de 8.0 t/ha. Aunque fue mayor a las 7.7 t/ha que se alcanzaron con la aplicación de 100 kg de N/ha no logró ser más rentable. El rendimiento promedio reportado por el SIAP en el periodo de 2019 a 2022 es de 4.0 t/ha. Este rendimiento es superado por la dosis más baja que se evaluó (18 kg de N/ha), el cual tuvo un rendimiento de 4.5 t/ha, por lo que la siembra de canavalia en relevo al maíz representa una buena opción para reducir las cantidades de nitrógeno que aplican los productores.



■ **Figura 7.** Efecto de cinco dosis de nitrógeno y la siembra de canavalia en relevo al maíz sobre el rendimiento, Plataforma Villa Corzo, Chiapas. Ciclo PV 2019-2022.

Híbridos y fechas de siembra

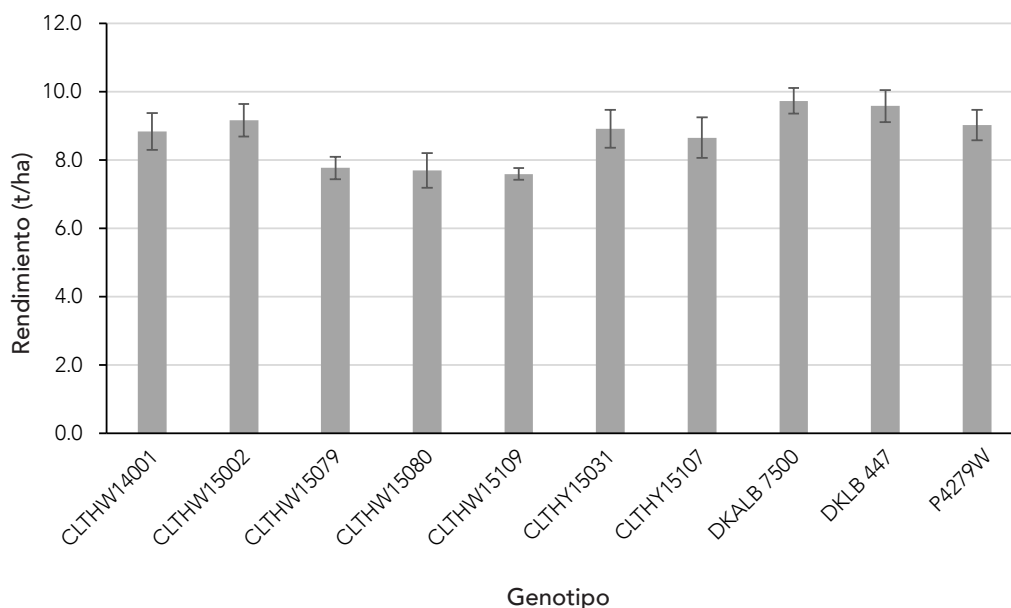
En la región Frailesca la siembra de maíz se realizaba en el mes de junio con la certeza de que no se tendrían afectaciones por sequía. Derivado de los cambios que ha habido en el clima ahora las lluvias inician a finales de dicho mes o principios de julio, obligando a los productores a sembrar en el mes de julio; sin embargo, muchos se resisten a estos cambios argumentado que las siembras tardías representan una pérdida de rendimiento.

Incrementar las densidades de siembra puede contribuir al incremento del rendimiento, pero es necesario tener en cuenta las condiciones climáticas y de manejo para que esto suceda, muchas veces se incrementa la densidad de siembra conservando la misma dosis de fertilización además de tener un mal manejo repercutiendo en bajos rendimientos.

Para dar respuesta a las interrogantes de que con siembras tardías y no incrementado la densidad de

siembra el rendimiento será más bajo, en la plataforma Villa Corzo, Chiapas en el ciclo PV 2019 se evaluaron 10 híbridos con dos densidades (62,500 y 75,000 y dos fechas (25 de junio y 15 de julio) de siembra. El manejo agronómico fue similar en los diferentes tratamientos y no se realizó el manejo preventivo del complejo mancha de asfalto, esta enfermedad del maíz normalmente se presenta en siembras tardías.

Al analizar los resultados no se encontraron diferencias significativas entre las dos densidades de siembra, las fechas de siembra, las interacciones de estos factores y el rendimiento por genotipo. En la figura 8 solo se muestran los rendimientos promedios de cada híbrido evaluado que estuvieron entre 7.6 y 9.7 t/ha. Para poder concluir es necesario hacer otras evaluaciones y considerar maíces que se comercializan en esta región.



■ **Figura 8.** Rendimiento de 10 híbridos de maíces evaluados en la Plataforma Villa Corzo, Chiapas. Ciclo PV2019.

Conclusiones

Limitante	Propuesta	Resultados
Degradación de suelos: <ul style="list-style-type: none"> • Compactación • Baja fertilidad • Erosión • Baja capacidad de infiltración 	Agricultura de conservación (AC)	Mediante el diagnóstico de la parcela se puede identificar la profundidad de la capa compacta y su espesor para poder acondicionar el suelo con arado de cinceles vibratorio o con subsolador. El uso de cultivos leguminosos (canavalia y dólico) establecidos en rotación al maíz contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo (química, física y biológica) y al incremento del rendimiento. Implementando prácticas de AC se ha pasado de una velocidad de infiltración de 8.7 l/hr en agricultura convencional a 27.3 l/hr, logrando un incremento de 18.6 l/hr.
Uso inadecuado de fertilizantes nitrogenados	Cultivos de servicios	La siembra de canavalia permite que con 100 kg de nitrógeno por hectárea se logre 7.7 t/ha, superando las 4.5 t/ha que se alcanzan de forma convencional cuando se aplican entre 160 y 180 kg de nitrógeno por hectárea.
Siembra en monocultivo	Cultivos de servicios	La siembra en relevo de canavalia o dólico puede contribuir a un incremento de 3 t/ha en promedio el rendimiento del maíz después de un periodo de tres años de manejo.
Diversas variedades disponibles en el mercado	Evaluación de híbridos.	No se encontraron diferencias en el rendimiento de 10 híbridos que recibieron el mismo manejo agronómico y uso de cobertura de suelos con residuos de cosecha.



Bibliografía.

Conislla, M., Arias, J., & Saenz, D. R. (2022). Aumenta 137% el valor de las importaciones de fertilizantes químicos de América Latina y el Caribe en 2022. *Blog del IICA*. Recuperado de: <https://blog.iica.int/blog/aumenta-137-valor-las-importaciones-fertilizantes-quimicos-america-latina-caribe-en-2022>.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, Año 2022. *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Recuperado de: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

Archivo fotográfico



■ **Foto 1.** Panorámica del establecimiento del cultivo de maíz en los tratamientos evaluados en la plataforma investigación Villa Corzo, Chiapas. 12 de junio de 2019.



■ **Foto 2.1 y 2.2.** Comparación del efecto de la siembra de canavalia en relevo al maíz bajo el sistema de Agricultura de Conservación (2.1.) y siembra de maíz en mocultivo (2.2.) bajo el sistema de agricultura convencional con la misma dosis de fertilización (18-46-60). Plataforma de investigación Villa Corzo, Chiapas. 17 de septiembre de 2019.



■ Foto 3. Parcela con los cultivos maíz y canavalia en relevo. Plataforma de investigación Villa Corzo, Chiapas. 03 de diciembre de 2020.



■ Foto 4. Mantillo sobre el suelo de parcela con los cultivos maíz y canavalia en relevo. Plataforma de investigación Villa Corzo, Chiapas. 16 de noviembre de 2021.



■ **Foto 5.** Desarrollo del cultivo de frijol establecido en relevo al maíz. Plataforma de investigación Villa Corzo, Chiapas. 10 de octubre de 2022.



Hub Península de Yucatán



Hopelchén, Campeche

Nombre plataforma	Hopelchén, Campeche
Colaboradores	Carlos Augusto Tapia Moo, Luis Chan
Institución	Agroenlace Campeche, S. A. de C. V.
Ubicación	Rancho Santa Enna, Hopelchén, Campeche, 19°48' 25.47" LN y 89°48'39.85"LO
Altura	87 msnm
Clima	Cálido subhúmedo, precipitación 1071 mm, temperatura media 26.2 °C
Tipo de producción	Temporal
Año de instalación	2016

La plataforma Hopelchén se ubica en la región de los Chenes del estado de Campeche, que se caracteriza por tener suelos delgados, principalmente rendzinas y luvisoles (*tsek'el*, *k'ankab* y *ya'ax-hom*). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación media anual es de 1050 mm, con un periodo de lluvias de mayo a octubre, siendo los más lluviosos los últimos cinco meses. La temperatura media es de 26°C. El municipio de Hopelchén ocupa el 10.7% de la superficie total del estado de Campeche.

El sistema de producción convencional de granos básicos está basado en el uso inadecuado de

insumos y producción intensiva, siendo sus principales puntos críticos los altos costos de producción, bajos rendimientos, alto riesgo por déficit hídrico, deterioro progresivo del suelo por el excesivo laboreo, pérdida continua de materia orgánica, uso indiscriminado de insumos, especialmente plaguicidas, alta dependencia de fertilizantes no acordes a los resultados del análisis de suelo, entre otros. Predominan las actividades mecanizadas, se siembran cultivos cíclicos y perennes; los cultivos más importantes para la zona de los Chenes son el maíz y la soya, con rendimientos promedio de 3.18 y 1.88 t/ha, respectivamente (SIAP, 2020).

■ **Tabla 1:** Características del sistema de producción de la región en torno a la plataforma Hopelchén, Campeche.

Condiciones agroecológicas	Características sistema de producción	Manejo agronómico	Aspectos socioeconómicos
Clima: Cálido subhúmedo con lluvias en verano	Régimen hídrico de temporal	Labranza: convencional (dos pasos de rastra ligera o pesada)	Pequeña propiedad, parcela ejidal y arrendamiento de tierras para la agricultura
Temperatura media anual: 26 - 28°C	Cultivo primario maíz y soya	Uso de variedades criollas e híbridos	Producción: venta local
Precipitación anual: 800 – 1000 mm	Producción agrícola de comercial y autoconsumo	Fertilización: química	Mano de obra por pago de jornadas
Suelo: k'ankab (Luvisol)	Siembras en planicies	Manejo de malezas y plagas principalmente con agroquímicos	
	Suelos degradados	Uso de rastrojo incorporado y quema	



Con el objetivo de generar la adopción de una cultura de agricultura sostenible en la región mecanizada de los Chenes y el norte del estado de Campeche, con base en agricultura de conservación (AC) que permita reducir el uso de agroquímicos y mejorar la productividad de los sistemas de producción, en el ciclo PV 2016 se instaló la plataforma de investigación Hopelchén, donde se evalúan prácticas sustentables con base en agricultura de conservación para generar técnicas y tecnologías

que permitan a los productores implementar el sistema de producción basado en los principios del sistema de AC, mejorando los procesos de producción y contribuyendo a la rentabilidad del sistema. En la tabla 1 se describen los tratamientos evaluados en el área de investigación a largo plazo con base en AC. La evaluación de los tratamientos ha permanecido por un periodo de cinco ciclos, bajo el régimen de temporal.

■ **Tabla 2:** Descripción de tratamientos evaluados con base en el sistema de agricultura de conservación, plataforma Hopelchén, Campeche. Ciclos PV 2016-2020.

Tratamiento	Abreviación	Rotación	Practica de labranza	Mejorador de suelo
1*	MM, LC, Ms0	Maíz-maíz	Labranza convencional	No
2	MM, LC, Ms1	Maíz-maíz	Labranza convencional	Sí
3	MM,CL,Ms0	Maíz-maíz	Cero labranza	No
4	MS,CL,Ms0	Soya-Maíz	Cero labranza	No
5	SM, CL, Ms0	Maíz-Soya	Cero labranza	No
6	MM, CPA, Ms0	Maíz-maíz	Camas permanentes anchas.	No

* Testigo, basado en el sistema de producción convencional.

Resultados y aprendizajes

Práctica de labranza

En la región de los Chenes del estado de Campeche la práctica de labranza convencional para realizar la preparación del suelo consiste principalmente en llevar a cabo dos pasos de rastra agrícola a una profundidad de entre 10 y 15 cm, en caso de tener presencia de malezas emergidas entre la preparación y la siembra, se realizará un paso adicional de rastra para su control. Para reducir los costos de producción generados por la práctica de labranza convencional y el deterioro progresivo (pérdida de estructura y compactación principalmente) del suelo ocasionado por procesos degradativos como el excesivo laboreo, en la plataforma Hopelchén se evalúan tres prácticas de labranza: labranza convencional (LC), camas permanentes anchas (CPA) y cero labranza (CL) Para definir y para generar una alternativa sustentable.

Los rendimientos obtenidos de la evaluación de tres prácticas de labranza en cinco ciclos productivos de temporal primavera-verano de los años 2016 al 2020 se muestran en la figura 1. Los resultados

obtenidos durante la evaluación han sido variables en los diferentes ciclos; debido a las condiciones de lluvias y de siembra, se observa una tendencia ascendente en el rendimiento para todos los tratamientos conforme se avanzó en la evaluación.

En 2018 las parcelas con CL tuvieron que ser resembradas ya que al inicio del ciclo las lluvias no fueron suficientes para garantizar una buena profundidad de siembra que garantizará la emergencia del cultivo. En los ciclos productivos 2017, 2019 y 2020 el rendimiento obtenido con CL numéricamente fue superior: 5.4, 6.3 y 8.1 t/ha para cada año, respectivamente; comparado con los rendimientos obtenidos por CPA, que fueron de 3.5, 5.9 y 7.6 t/ha y los rendimientos de LC fueron 3.6, 5.8 y agregar t/ha después de 7.1 en los tres ciclos mencionados. También se observa que los resultados obtenidos con CL muestran menos variabilidad (barras de error). Con la implementación de CL y CPA se espera que a largo plazo se logre tener rendimientos más altos y estables.



Los resultados económicos muestran que es posible aumentar la utilidad, ya que al implementar la CL y CPA se reduce el uso de maquinaria agrícola para la preparación del suelo, lo que contribuye a la reducción de los costos de producción y un beneficio al medioambiente mediante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

En la figura 2 se observa que la utilidad en los años 2019 y 2020 para las prácticas de labranza CL fueron de \$11 686 y \$18 326 MXN/ha, respectivamente, que superan a la utilidad obtenida en parcelas con CPA, de \$9 950 y \$16 176 (MXN/ha), respectivamente, para los ciclos PV 2019 y 2020, y las utilidades obtenidas con LC, que fueron de \$9 188 y \$14 365

(MXN/ha). Se puede ver que la diferencia entre las utilidades obtenidas en los ciclos 2019 y 2020 entre las prácticas de labranza CL y LC es de \$2 498 y \$3 965 (MXN/ha), respectivamente, para cada ciclo productivo. Con CL en el ciclo PV 2017 también se obtuvo la utilidad más alta, con un valor de \$6 955 (MXN/ha), comparado con CPA y LC con valores de \$360 y \$214 (MXN/ha), respectivamente.

En el 2018 el resultado de utilidad en CL fue negativa, esto se debió principalmente a que no se tuvo un adecuado establecimiento y desarrollo del cultivo. La causa principal fue la humedad en el suelo, ya que no fue óptima y se tuvo que resembrar. La resiembra fue tardía y la densidad de población a la cosecha fue baja (35 300 plantas/ha).

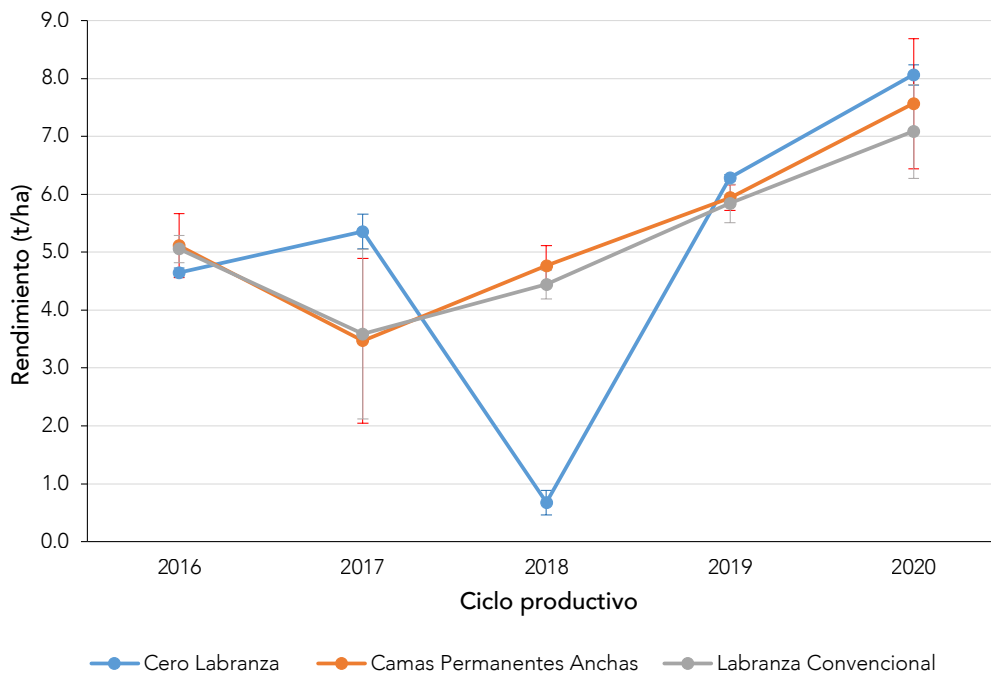


Figura 1. Rendimientos obtenidos en cinco ciclos productivos (PV 2016 – 2020) implementando tres prácticas de labranza (Cero Labranza, Camas Permanente Anchas y Labranza Convencional). Hopelchén, Campeche.

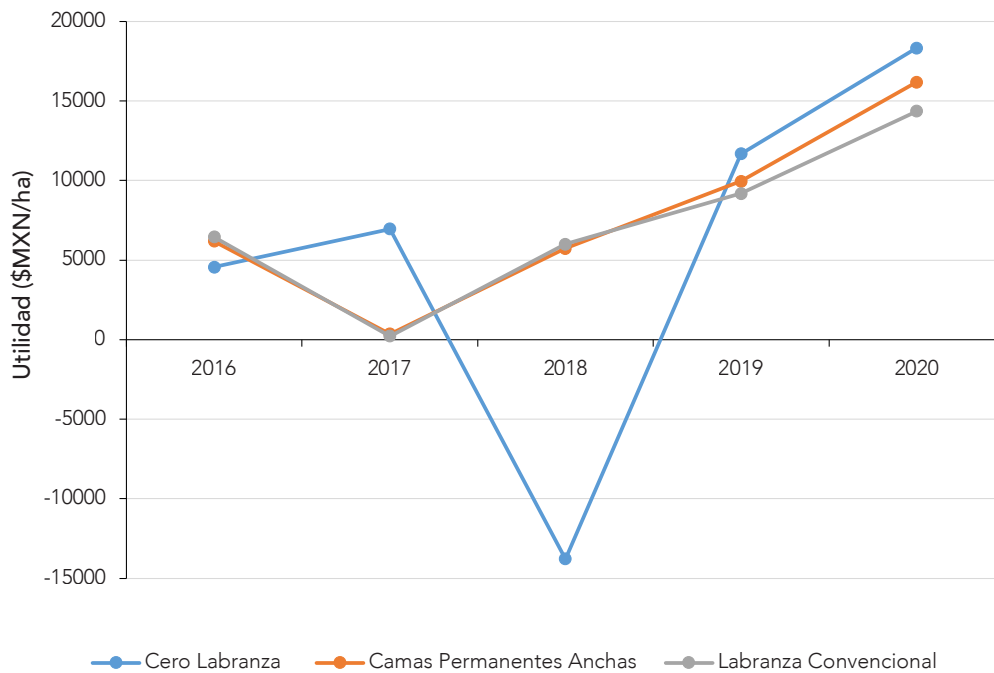


Figura 2. Utilidad (\$MXN/ha) obtenida en cinco ciclos productivos (PV 2016-2020) implementando tres prácticas de labranza (CL, CPA y LC). Hopolchén, Campeche.

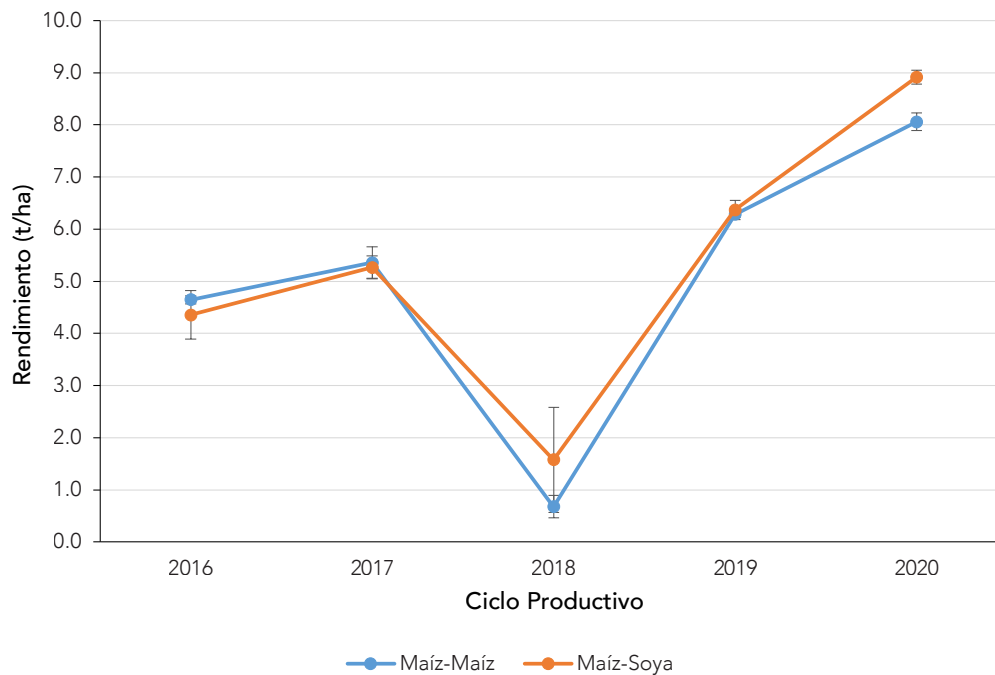
Considerando los resultados podemos concluir que con las diferentes prácticas de labranza no hay diferencia entre los rendimientos a lo largo de la evaluación; en cambio, con la estabilidad en los rendimientos sí se observan diferencias, siendo los de CL los resultados más estables. También se observan diferencias en las utilidades, siendo CL la práctica que, en 2017, 2019 y 2020, logró una mayor utilidad. Queda pendiente un estudio con mayor profundidad para conocer qué pasa con los beneficios biológicos y tener una conclusión sobre todas las ventajas o desventajas de estas tres prácticas de labranza.

Para hacer al cambio de práctica de labranza es necesario realizar un diagnóstico de la parcela que permita conocer los factores limitantes en el suelo y realizar el acondicionamiento necesario, de tal manera que a largo plazo no se tengan problemas que conlleve a que el productor decida volver a realizar la labranza convencional. Una de las limitantes podría ser la compactación. También al realizar la siembra de los cultivos es importante garantizar que en los sistemas con base en la AC el suelo cuente con una humedad adecuada y que la compactación superficial no sea un factor limitante.

Como lección aprendimos que si una parcela está en sus primeros ciclos (1 o 2 años) de agricultura de conservación y no se tienen lluvias con una buena intensidad al inicio del ciclo productivo, sumándose un suelo endurecido, es necesario realizar una labranza vertical en la línea de siembra para garantizar una buena emergencia y desarrollo del cultivo.

Rotación de cultivos

En la práctica de rotación de maíz con soya (comparado con la siembra de maíz en monocultivo, sin rotación) se encontró que, a pesar de que el crecimiento de la soya no fue el esperado debido a que la emergencia no fue muy buena y se tuvo alta incidencia de plagas, el efecto de la rotación en monocultivo de siembras de maíz y soya por ciclo productivo tuvo un efecto positivo en el rendimiento de maíz. En 2020 el cultivo de maíz en monocultivo sin rotación logró un rendimiento de 8.1 t/ha y una utilidad de \$13 489 (\$MXN/ha), siendo superado por un rendimiento de 8.9 t/ha y una utilidad de \$16 572 (\$MXN/ha) que se logró en parcelas que desde el ciclo PV 2017 han incluido la rotación con soya.



■ **Figura 3.** Efecto de la rotación con soya en unicultivo por ciclo sobre el rendimiento del cultivo obtenido en cinco ciclos productivos (PV 2016-2020), plataforma Hopelchén, Campeche.

Con base en los resultados obtenidos, podemos decir que el efecto de la rotación con soya sobre el rendimiento del cultivo de maíz, después de cuatro ciclos contribuyó a incrementar el rendimiento en 0.8 t/ha. Queda pendiente medir el efecto de las rotaciones sobre la dinámica de malezas y efecto sobre la maleza para poder tener una conclusión más amplia, por lo que se requiere continuar con la evaluación para hacer un análisis más amplio sobre el efecto de las rotaciones.

Uso de microorganismos

El suelo no es solo un pedazo de tierra inerte. En muchos sentidos, es como un organismo: respira como nosotros, tiene partes vivas como los microorganismos (pequeños animales) y una estructura. Un suelo saludable tiene presencia de organismos vivos y la cantidad de especies deseables en niveles balanceados para la producción de alimentos. Para una buena gestión de los suelos es preciso conocer el hábitat y las costumbres alimentarias de los organismos que lo pueblan para favorecer el desarrollo de los organismos benéficos y reducir la actividad de los dañinos.

En la plataforma Hopelchén se ha evaluado el efecto del uso de microorganismos bajo el sistema MICI

por un periodo de cinco ciclos productivos bajo temporal de primavera-verano (figura 4). Los rendimientos en parcelas con la aplicación de microorganismos en los ciclos 2016, 2017 y 2018 fueron de 6.3, 5.2 y 5.2 t/ha, superando a los rendimientos obtenidos donde no se aplicaron los microorganismos, los cuales lograron rendimientos de 5.1, 3.6 y 4.4 t/ha, respectivamente, en los mismos ciclos.

En el ciclo 2019 el margen de diferencia no fue significativo, ya que ambos tratamientos obtuvieron un rendimiento de 5.8 t/ha. En el ciclo 2020 nuevamente el tratamiento con microorganismos obtuvo el rendimiento más alto, superando por 0.6 t/ha al rendimiento de 7.1 t/ha que logró el tratamiento sin microorganismos. Los resultados muestran que en los ciclos 2017, 2018 y 2019 el margen de diferencia entre los rendimientos obtenidos fue disminuyendo y en 2020 nuevamente destaca el rendimiento del tratamiento que incluye el uso de microorganismos, por lo que es necesario dar continuidad a la investigación para entender por qué en algunos años funciona mejor que en otros, así como evaluar su uso en parcelas con prácticas basadas en agricultura de conservación.

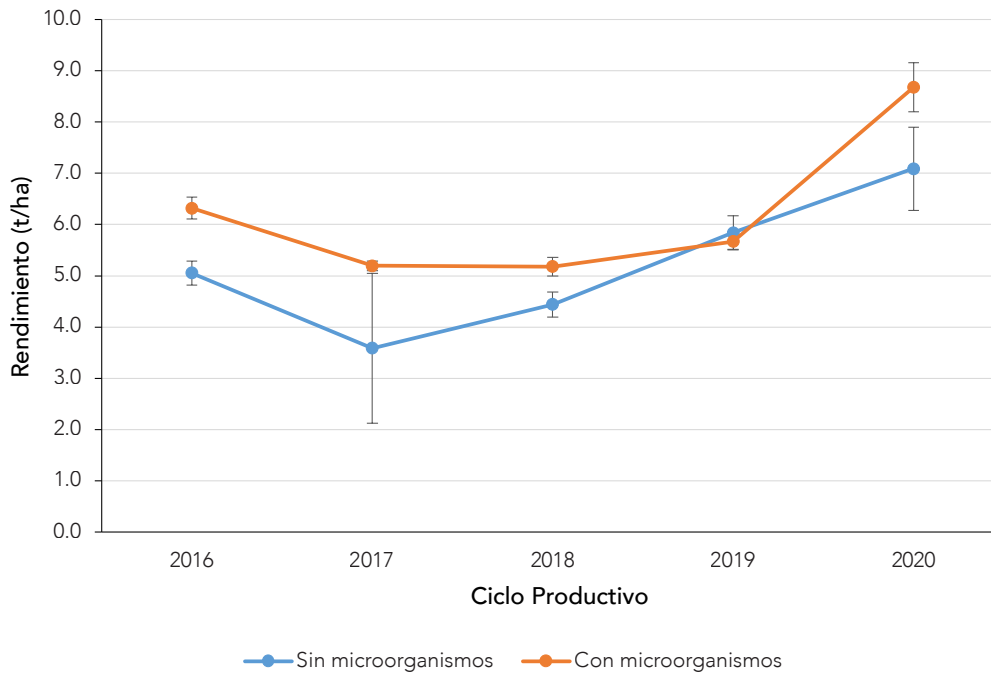


Figura 4. Efecto de la aplicación de microorganismos al suelo sobre el rendimiento del cultivo de maíz obtenido en cinco ciclos productivos de primavera-verano (2016-2020) en la plataforma Hopelchén, Campeche.

Manejo de la fertilización

En la región de los Chenes existe una alta dependencia de fertilizantes, las dosis no consideran la demanda del cultivo con base al rendimiento esperado y el aporte del suelo que se puede conocer a través de un análisis de suelo. De forma generalizada se emplean 150 kg/ha de DAP, que corresponde a una dosis 27-69-00 (N-P-K).

En la plataforma Hopelchén se han realizado trabajos con diferentes dosis y manejo de la fertilización. En el ciclo PV 2018 se evaluaron diferentes dosis de fertilización, donde se comparó la dosis convencional de 27-69-00 (F1) versus las dosis de 90-66-48, 120-66-48 (F3) que considera los resultados del análisis de suelo y un rendimiento esperado de 6 t/ha, la propuesta de Yara (58.5-25.5-4.5-S, 6-Mg; 6-Ca, 0.6-Zn, 0.27), y la dosis recomendada por Fertisquisa (25.8-69-24).

Los resultados obtenidos muestran que la fertilización propuesta por Yara fue la que alcanzó el rendimiento más alto (5.8 t/ha), y el rendimiento más bajo corresponde a la dosis de fertilización propuesta por Fertisquisa (4.2 t/ha). Las dosis 27-69-00 (F1), 90-66-48 (F2) y 120-66-48 (F3) tuvieron rendimientos de 4.5, 4.7 y 4.8 t/ha respectivamente.

Además de nitrógeno, fósforo y potasio, en la fertilización propuesta por Yara se incluye azufre, magnesio, calcio y zinc, lo que pudo influir en el rendimiento. Adicionalmente, las fuentes utilizadas tienen más eficiencia de acuerdo con la ficha técnica, principalmente en la disponibilidad y aprovechamiento del nitrógeno (90% de aprovechamiento). La utilidad (\$MXN/ha) también tuvo el mismo comportamiento que el rendimiento, donde la utilidad más alta fue de \$8 120 (\$MXN/ha) que se logró con la fertilización propuesta por Yara y la dosis propuesta por Fertisquisa obtuvo una utilidad de \$3 051 (\$MXN/ha), la cual fue la más baja en esta evaluación.

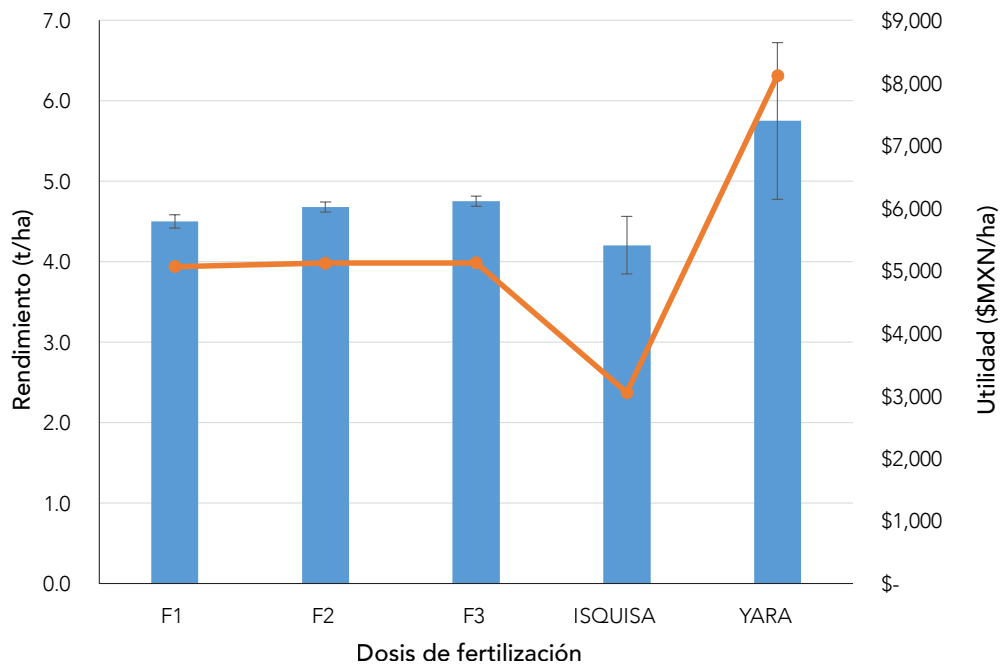


Figura 5. Efecto diferentes dosis y manejo de la fertilización sobre el rendimiento del cultivo de maíz. Plataforma Hopelchén, Campeche. Ciclo PV 2018. Abreviatura: F1= dosis 27-69-00, F2= dosis 90-66-48 y F3= dosis 120-66-48

Conclusiones

Problemática	Propuesta	Resultados
Altos costos de producción	Cero labranza	Implementar cero labranza contribuyó a obtener una utilidad más alta.
Bajos rendimientos	Rotación de cultivos	La rotación con soya contribuyó al aumento del rendimiento en el cultivo de maíz.
	Agricultura de conservación	La agricultura de conservación muestra potencial para aumentar rendimientos y bajar costos de producción en los Chenes.
	Uso de microorganismos (MICI)	El uso de microorganismos con base en el sistema MICI contribuyó de manera positiva al incremento del rendimiento.
	Manejo de la fertilización	El manejo de la fertilización propuesta por YARA contribuyó al incremento del rendimiento.



Archivo fotográfico



■ Foto 1. Residuos de cosecha como cobertura del suelo. Plataforma Hopelchén, Campeche. 5 de julio de 2019.



■ Foto 2 . Formación de camas anchas para el establecimiento del cultivo de maíz. Plataforma Hopelchén, Campeche. 5 de julio de 2019.



■ Foto 3 . Cultivo de maíz en rotación con soya. Plataforma Hopelchén, Campeche. 20 de agosto de 2019.



■ **Foto 4** . Manejo etológico de gusano cogollero empleando trampa con feromona sexual específica para adultos de *Spodoptera frugiperda*. Plataforma Hopelchén, Campeche. 25 de agosto de 2020.



■ **Foto 5** . Aspecto del cultivo establecido en la plataforma Hopelchén, Campeche. 25 de agosto de 2020.



Plataforma de Investigación Peto, Yucatán

Nombre plataforma	Peto, Yucatán.
Colaboradores	José Bernardino Castillo Caamal, Nicasio Díaz Che, Beatriz Alida Balam Cocom y Julio Alexander Couoh Moo.
Institución	Universidad Autónoma de Yucatán (UADY).
Ubicación	Xoy, Peto, Yucatán. 20° 06' 23.9" LN y 88° 57' 42.8" LO
Altura	34 msnm.
Clima	Cálido subhúmedo con lluvias en verano, precipitación 1084 mm, temperatura media 26.4 °C.
Tipo de producción	Temporal.
Año de instalación	2017.

Introducción

El sistema milpa es el principal medio de obtención de maíz para autoconsumo en las comunidades rurales de la Península de Yucatán. Persiste la milpa de roza, tumba y quema (RTQ), donde el cultivo principal es el maíz asociado a frijoles y calabazas y la técnica depende de la alternancia de ciclos de cultivo cortos con periodos largos de descanso (Pérez *et. al.*, 1981; Terán y Rasmussen, 1994). Este sistema predomina en el sur de Yucatán con 35 484 ha sembradas.

La milpa ha permitido satisfacer las necesidades de la población maya en el largo plazo (Mariaca, 2015), aunque desde hace algunas décadas múltiples factores afectan la productividad del sistema milpa generando la disminución del rendimiento del cultivo principal. Uno de los factores que ha contribuido a esta situación es la merma de la fertilidad del suelo debido a la necesidad de cultivo continuo, lo que ha reducido el tiempo de descanso de la vegetación, derivando en la implementación de prácticas de alto impacto ambiental con las que se ha tratado de resolver la problemática. Además, la práctica de la quema sigue arraigada y se mantiene en las condiciones de cultivo continuo, lo cual exacerba el decline de la materia orgánica del suelo y el contenido de nutrimentos (Mariaca, *et al.* 1995).

Ante esto, es importante la investigación sobre prácticas agrícolas que permitan mejorar la pro-

ductividad del sistema milpa, además deben ser compatibles con las condiciones edafológicas y climáticas y, al mismo tiempo, estar al alcance de los productores en términos económicos y de manejo. Al respecto, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en colaboración con la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), establecieron en el ejido de Xoy, en Peto —municipio que se ubica en el sur del estado, con superficie de cultivo de maíz de temporal es de 5 262 hectáreas y un rendimiento promedio de 0.81 t/ha (SIAP, 2017)—, una plataforma de investigación donde se iniciaron trabajos de investigación con base en el sistema de agricultura de conservación en el ciclo PV 2017, y donde un responsable científico, un responsable técnico y un productor cooperante, trabajan para la identificación de prácticas que permitan mejorar la productividad de la milpa.

La plataforma de investigación Peto tiene el objetivo de generar innovaciones que promuevan la sostenibilidad de la agricultura a través de la vinculación y capacitación de los productores y actores clave de la cadena alimentaria en el área de influencia de la zona maicera milpera de Yucatán. Actualmente, se evalúan los efectos del manejo del rastrojo —dejar y quemar—, rotación —milpa tradicional con ibes, y calabaza y mucuna— y el arreglo topológico —con una densidad de siembra de 40 000 semillas de maíz/ha (1m×1m con 4 semillas, y 1m×0.5m con 2 semillas)— en el rendimiento del grano de maíz.



■ **Tabla 1:** Características del sistema de producción de la región en torno a la plataforma Peto, Yucatán.

Condiciones agroecológicas	Características sistema de producción	Manejo agronómico	Aspectos socioeconómicos
Clima: Cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad.	Régimen hídrico: de temporal principalmente	Quema de residuos de cosecha	Parcela ejidal y comunal (1.0–5.0 ha)
Temperatura media anual: 26 - 28 °C	Cultivo primario: milpa maya	Uso de variedades criollas	Producción de autoconsumo
Precipitación anual: 1 000 – 1 300 mm	Agricultura manual	Poco uso de insumos	Mano de obra familiar
Suelo: k'ankab (Luvisol)	Siembras en K'ankabales y altillos	Prácticas culturales	Ganadería de traspatio
Suelos degradados			

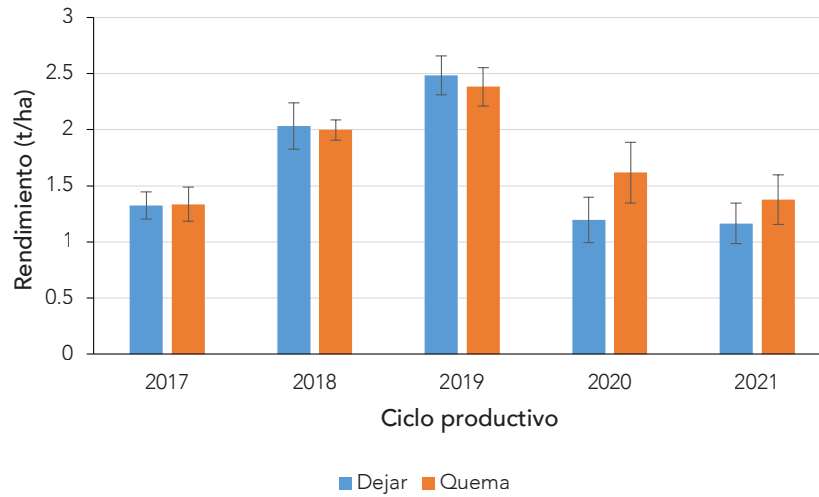
Resultados y aprendizajes

A continuación, se describen los resultados de cinco ciclos (PV 2017-2021) de evaluación.

Manejo del rastrojo (dejar y quemar)

La práctica de la quema de los residuos de cosecha en el sistema milpa está muy arraigado, esto ha contribuido en gran medida a la degradación de los suelos, afectando directamente a la fertilidad y, como consecuencia, generando la disminución de los rendimientos de los cultivos establecidos. En la plataforma Peto, por un periodo de cinco ciclos consecutivos de cultivo continuo de primavera-verano bajo temporal, se han comparado las prácticas de quemar y dejar los residuos de cosecha. Durante este periodo de evaluación se han observado diferentes comportamientos en el cultivo y cambios en las prácticas de establecimiento y manejo de los cultivos.

En cuanto a la siembra, se encontró un aumento en el número de jornadas, siendo requeridas dos jornadas más por hectárea en las parcelas donde se deja el rastrojo. En cuanto al rendimiento, en los ciclos 2017 y 2018 (figura 1) no se observa diferencia entre dejar y quemar; en cambio, en los costos sí: en la práctica de quemar se tiene que invertir para realizar guardarrayas para prevenir incendios, más las jornadas requeridas para realizar esta actividad, lo que representa siete jornadas más en comparación con la práctica de dejar. En total, desde la preparación del suelo hasta la siembra se requieren cinco jornadas más en las parcelas donde se realiza la quema. Así, de 2017 a 2019 se observó un rendimiento similar entre dejar y quemar el residuo y, en 2020 y 2021, los rendimientos fueron más bajos dejando los residuos de cosecha.



■ **Figura 1.** Efecto de la práctica de manejo de los rastrojos (dejar y quemar) sobre el rendimiento del cultivo de maíz, plataforma Peto, Yucatán. Ciclos PV 2017-2021.

El número de plantas con mazorca al momento de la cosecha es un componente que determina el rendimiento. Al comparar las densidades de población de parcelas con las prácticas de quemar y dejar, se encontró que desde el primer ciclo con manejo de residuos como cobertura —que fue el PV 2018— la densidad de población al momento de la cosecha fue más baja, pero este factor no tuvo efecto en la reducción del rendimiento, al igual que en el ciclo PV2019; en cambio, en los ciclos 2020 y 2021 la diferencia entre las densidades de población se incrementó, teniendo una diferencia promedio de 9000 plantas por hectárea, lo que afectó significativamente el rendimiento en parcelas con la práctica de dejar.

En 2017 no se observan diferencias en las densidades de población ya que en este ciclo las condiciones en cuanto al manejo de los residuos fueron muy similares, incluyendo la práctica de

quemar en todas las parcelas. En gran medida la diferencia de las densidades de población se debe al efecto del ataque por plagas, principalmente el ratón (*Peromyscus yucatanicus*) que, al comerse las semillas, da como resultado una baja emergencia. Además, los residuos aumentan el daño por ratones dado que se pueden esconder entre ellos, mientras que en un campo quemado están expuestos a depredadores.

Para obtener un buen rendimiento sin quemar los residuos, es importante realizar una buena siembra, asegurándose de que la semilla quede bien tapada para que los ratones no puedan encontrarla fácilmente; adicionalmente, homogenizar la profundidad de siembra e incluir un tratamiento alternativo para la semilla que reduzca el daño por roedores (ratón), como por ejemplo el ajo en polvo. En los siguientes ciclos de investigación se evaluarán estos manejos.

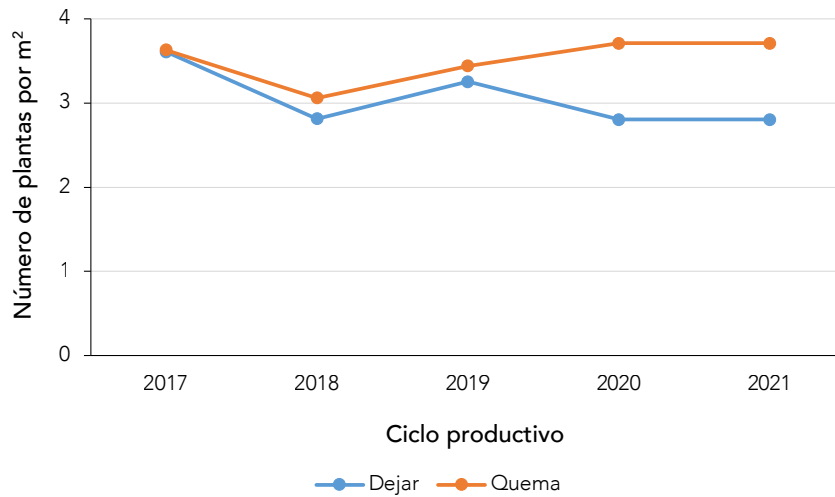


Figura 2. Efecto de la práctica de manejo de los rastrojos (dejar y quemar) sobre el número de plantas del cultivo de maíz por metro cuadrado, plataforma Peto, Yucatán. Ciclos PV 2017-2021.

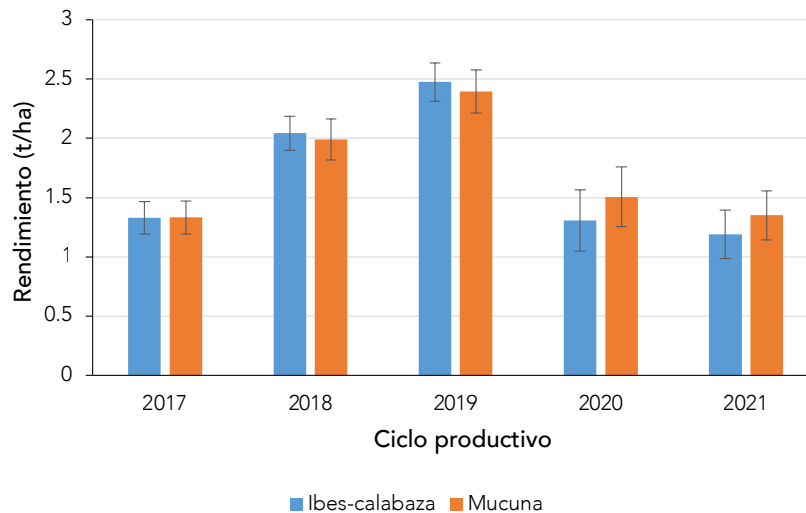
Efecto de los cultivos intercalados (ibes-calabaza o cajanus-calabaza y mucuna).

La diversificación de cultivos es parte importante del sistema milpa, aunque actualmente la tendencia es la siembra en unicultivo de maíz. La diversificación y/o rotación de cultivos consiste en alternar plantas de diferentes familias que cubren necesidades nutritivas distintas en un mismo campo, permitiendo obtener más de un producto por unidad de superficie y fortalecer los procesos de fertilidad.

Los resultados de la evaluación del efecto de los cultivos intercalados (ibes-calabaza ó cajanus-calabaza y mucuna) sobre el rendimiento del cultivo de maíz (figura 3) en los tres primeros ciclos no muestran diferencias. En cambio, para los ciclos 2020 y 2021 se observó un ligero incremento en los rendimientos cuando se rotó con mucuna, pero el

rendimiento disminuyó para ambos tratamientos en comparación con los rendimientos obtenidos en los dos ciclos anteriores (2018 y 2019).

Los beneficios de rotar con ibes y calabaza radican en la contribución a la generación de alimentos en los sistemas de autoconsumo, además de representar una oportunidad de obtener un ingreso extra por la venta de excedentes, esto, a diferencia de la mucuna, de la cual normalmente los rendimientos de grano no son elevados, empleándose para la alimentación animal. Es necesario realizar un análisis económico que permita definir qué tan factible podría ser la siembra de mucuna en comparación con la siembra de ibes y calabaza, por lo que también es necesario registrar los rendimientos de estos cultivos en siguientes trabajos de investigación.



■ **Figura 3.** Efecto de la rotación con cultivos tradicionales (ibes-calabaza o cajanus-calabaza y mucuna) sobre el rendimiento del cultivo de maíz, plataforma Peto, Yucatán. Ciclos PV 2017-2021.

Arreglos topológicos ($1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 4$ semillas y $1\text{ m} \times 0.5\text{ m} \times 2$ semillas)

El arreglo topológico convencional de la milpa en Yucatán consiste en sembrar varias semillas por golpe (entre 4 y 6 semillas), lo que genera competencia y limita el rendimiento, ya que no todas las plantas logran tener un buen desarrollo de las mazorcas. Existen varios argumentos del por qué se realiza esta práctica, una de ellas es que se reduce el riesgo de pérdida del cultivo por mala emergencia.

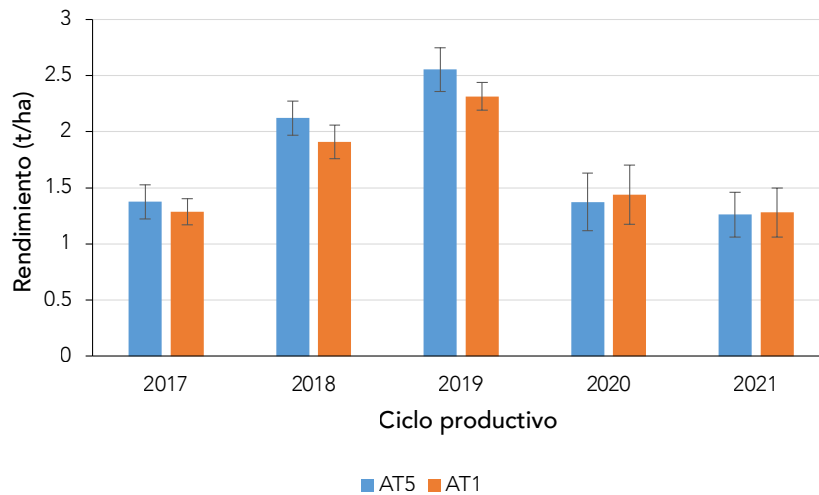
Revisando los factores que generan una baja o mala emergencia se encontró que los ratones son el principal factor, ya que se comen las semillas. Además se encontró que al momento de realizar la siembra no hay una uniformidad en la profundidad y los jornaleros no acostumbran realizar un tapado adecuado de la semilla, dejándola a expensas de los pájaros y ratones de campo.

Teniendo en consideración lo anterior, en la plataforma Peto se evaluó el arreglo topológico convencional, el cual consiste en realizar la siembra teniendo una distancia de 1 m entre hileras, 1 m

entre golpes y depositando 4 semillas por golpe (AT1), comparado con la innovación sobre el arreglo, teniendo 1 m entre hileras, 0.5 m (AT5) entre matas o golpes y depositando 2 semillas por golpe para tener una densidad de siembra de 40000 semillas por hectárea.

Los resultados de la evaluación del arreglo topológico muestran que en los tres primeros ciclos productivos el rendimiento fue numéricamente más alto, con un promedio de 0.2 t/ha en las parcelas con el arreglo AT5. En cambio, en los ciclos PV 2020 y 2021 los rendimientos fueron muy similares para ambos arreglos topológicos.

En cuanto a la densidad de plantas al momento de la cosecha no se encontraron diferencias entre los arreglos. Esto descarta la idea de que al sembrar más semillas por golpe se obtendrá una densidad más alta de plantas con mazorca por hectárea al momento de la cosecha. Es necesario realizar más evaluaciones de densidades de siembra y arreglos topológicos para determinar cuál es más conveniente dependiendo de los materiales disponibles en las diferentes zonas.



■ **Figura 4.** Efecto del arreglo topológico (AT1 = 1m×1m×4 semillas AT5= 1m×0.5m×2 semillas) sobre el rendimiento del cultivo de maíz, plataforma Peto, Yucatán. Ciclos PV 2017-2021.

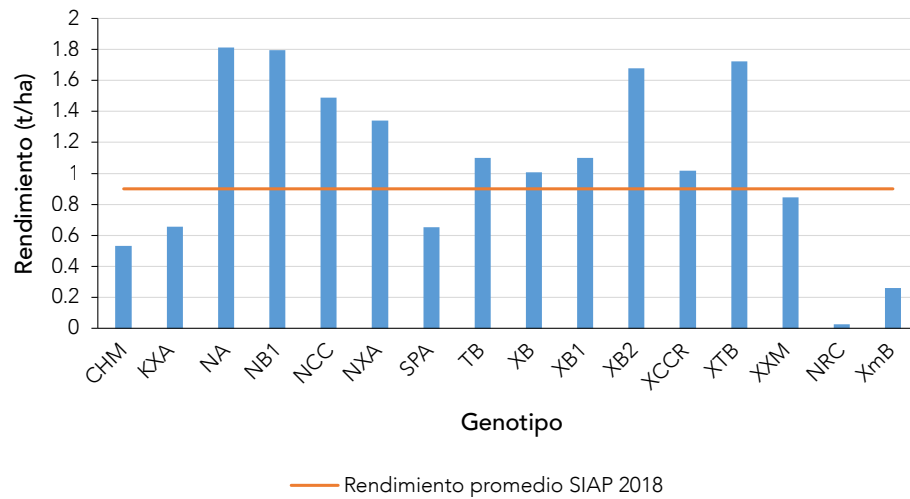
En general la caída de los rendimientos obtenidos en la plataforma Peto, en los ciclos PV 2020 y 2021, se debió varios factores. En el ciclo 2020, debido a las restricciones por la pandemia, no se pudo dar un buen seguimiento, impidiendo realizar actividades de manejo en los momentos oportunos. Además, por esta misma situación la fauna silvestre también ocasiono más daños y, en el ciclo 2021, el paso del huracán Grace influyó negativamente en los rendimientos.

Vitrina de maíces criollos

En los sistemas milpa de la península de Yucatán predomina el uso de maíces criollos y existen diferentes genotipos con colores de granos diferentes,

ciclos y otras características que definen su uso bajo diferentes condiciones de manejo, por lo que en la plataforma Peto se realizó la evaluación de diferentes maíces para conocer su potencial productivo en la zona.

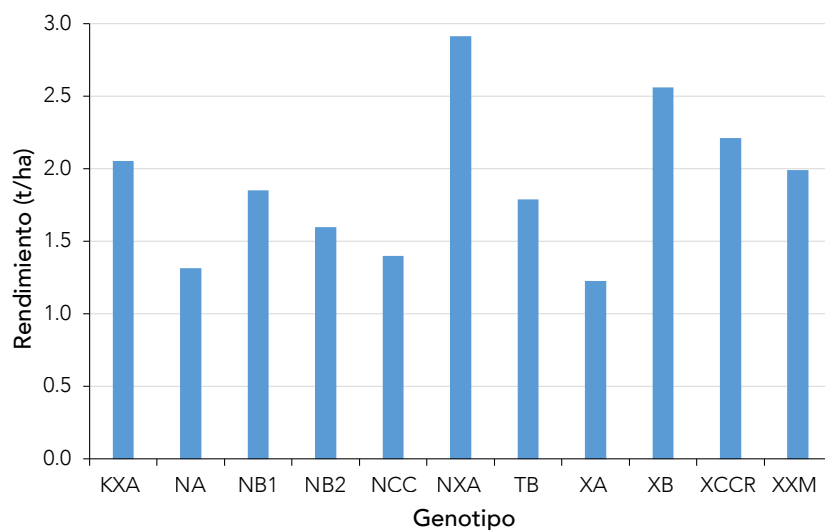
En ciclo primavera- verano 2018 se estableció una vitrina con 16 genotipos de maíces criollos (figura 5) que los productores siembran en el área de influencia de la plataforma. El rendimiento promedio obtenido por los 16 genotipos (1.1 t/ha) superó el rendimiento promedio reportado por el SIAP (0.9 t/ha) en este ciclo productivo para el cultivo de maíz. De forma individual seis genotipos obtuvieron un rendimiento superior a ambos promedios.



■ **Figura 5.** Rendimientos obtenidos por 16 genotipos de maíz criollos, plataforma Peto, Yucatán. Ciclo PV 2018. **Abreviatura:** NCC= Naal t'eel chac chob, NA= Naal t'eel amarillo, NB1= Naa t'eel blanco, NXA= Naal Xoy amarillo, XB2= Xmejen-naal blanco colecta 2, XB1= Xmejen-naal blanco colecta 1, XTB= Xmejen-naal tsit bacal blanco, TB= Tsit bacal blanco, CHM= Chiapas mixto, SPA= San Pableño amarillo, XCCR= Xnuc-naal chac-chob (rojo), KXA= Kan xnuc-naal amarillo, XXM= Xnuc-naal x-ejub (morado), XB= Xnuc-naal blanco, Xmb= Xmejen-naal blanco, NRC= Naal t'eel rojo claro.

En el ciclo PV 2019 también se estableció una vitrina con genotipos de maíces criollos —evaluándose 11 materiales— (figura 6). El rendimiento promedio obtenido por estos genotipos fue de 1.9 t/ha, mientras que, para este ciclo, el SIAP reportó un rendimiento de 0.85 t/ha, siendo superado aún por el rendimiento más bajo de 1.2 t/ha obtenido por el genotipo XA (Xmejen-naal amarillo). Con el ren-

dimiento más alto (2.9 t/ha), que en este caso logró el genotipo NXA (Naal Xoy amarillo), se alcanzaron 2 t/ha más de grano con respecto al rendimiento reportado por el SIAP. A diferencia de lo reportado por este sistema, el rendimiento promedio de los maíces evaluados en los ciclos PV 2018 y 2019 fue más alto en este último ciclo de la evaluación.



■ **Figura 6.** Rendimientos obtenidos por 11 genotipos de maíz criollos, plataforma Peto, Yucatán. Ciclo PV 2019. **Abreviatura:** NCC= Naal t'eel chac chob, NA= Naal t'eel amarillo, NB1= Naltel blanco colecta 1, NXA= Naal Xoy amarillo, XA= Xmejen-naal amarillo, TB= Tsit bacal blanco, KXA= Kan Xnuc-naal amarillo, XCCR= Xnuc-naal chac-chob (rojo), XXM= Xnuc-naal x-ejub (morado), XB= Xnuc-naal blanco, NB2= Naal t'eel blanco colecta 2.



Al comparar los rendimientos de los genotipos que coincidieron en ambos ciclos se observa que la mayoría de los genotipos incrementaron su rendimiento en el ciclo PV 2019, a excepción de los genotipos NA (*Naal t'eel amarillo*) y NCC (*Naal t'eel chac chob*) que obtuvieron un rendimiento más bajo en comparación con los rendimientos obtenidos en el ciclo PV 2018.

Sobresalen los genotipos NXA (*Naal Xoy amarillo*) y XB (*Xnuc-naal blanco*) que tuvieron un incremento

de 1.6 t/ha en el rendimiento obtenido en 2019, comparado con el rendimiento que alcanzaron en 2018. Cabe destacar que las condiciones de lluvia en el ciclo PV 2019 fueron más favorables, lo que permitió tener una densidad de población más alta en todos los genotipos. Es probable que los genotipos NA y NCC sean susceptibles al exceso de humedad, ya que a pesar de tener más plantas en el ciclo PV 2019 no tuvieron un incremento en el rendimiento.

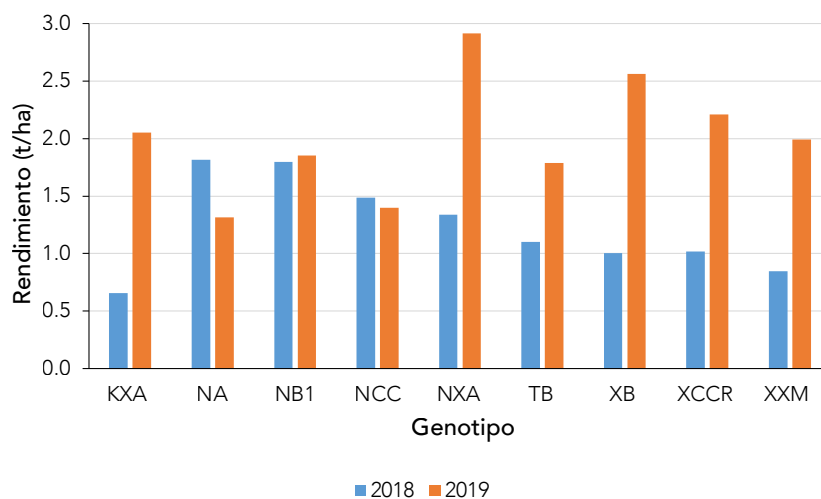


Figura 7. Comparación de rendimientos obtenidos por nueve genotipos de maíz criollos, plataforma Peto, Yucatán. Ciclos PV 2018 y 2019. Abreviatura: KXA= Kan Xnuc-naal amarillo, NA= Naal t'eel amarillo, NB1= Naltel blanco colecta 1, NCC= Naal t'eel chac chob, NXA= Naal Xoy amarillo, TB= Tsit bacal blanco, XB= Xnuc-naal blanco, XCCR= Xnuc-naal chac chob (rojo), XXM= Xnuc-naal x-ejub (morado).

Ensayo de fertilización

La nutrición de los cultivos es importante para lograr rendimientos altos y estables, pero representa un costo elevado. Esto hace necesario conocer la factibilidad de realizar la práctica de fertilización en los sistemas milpa. La fertilidad de los suelos define los rendimientos que se pueden lograr sin la necesidad de hacer uso de algún tipo de fertilizante. Para conocer la capacidad productiva de los suelos y los elementos limitantes se pueden realizar pruebas de omisión o análisis de suelos.

En la plataforma Peto se realizaron ensayos de fertilización empleando fuentes de síntesis química (urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio) y fertilizantes orgánicos. El ensayo de fertilizantes de síntesis química consistió en cinco tratamientos, con cinco repeticiones, donde se evaluaron cuatro

diferentes dosis en comparación con el testigo que no incluyó el uso de fertilizantes.

El tratamiento N correspondió al uso de las dosis 92-00-00, empleando 200 kg/ha de urea; el tratamiento P a 00-46-00, equivalente a 100 kg/ha de superfosfato de calcio triple; el tratamiento K igual a 00-00-60, equivalente a 100 kg/ha de cloruro de potasio; el tratamiento NPK correspondió a la dosis 92-46-60, equivalente a 200 kg/ha de urea más 100 kg/ha de superfosfato de calcio triple y 100 kg/ha de cloruro de potasio (NPK); y el tratamiento SF, el testigo sin fertilización.

En dos años de evaluación de las dosis de fertilización no se observaron grandes diferencias entre los rendimientos obtenidos. En el 2018 el rendimiento promedio alcanzado por los cinco tratamientos fue



de 1 t/ha, donde el rendimiento más alto se obtuvo con el tratamiento NPK que alcanzó un rendimiento promedio de 1.2 t/ha y los tratamientos N y SF obtuvieron el resultado más bajo con un valor de 0.9 t/ha. En 2019 al rendimiento más alto se logró con el tratamiento K, con un valor de 2 t/ha, y el rendimiento más bajo lo obtuvo el tratamiento P, con 1.6 t/ha. El testigo sin fertilización que corresponde al tratamiento SF logró un rendimiento de 1.7 t/ha.

En términos económicos, con los resultados obtenidos solo en el 2019 los tratamientos K y SF lograron

utilidad positiva con valores de \$372 y \$417 MXN/ha, respectivamente. Así, con los resultados obtenidos se puede concluir que la fertilización química no es recomendable con los rendimientos comunes de la milpa en Yucatán.

En los ciclos PV 2018 y 2019 se evaluó el efecto de la aplicación de biol (al 10% de la solución) obtenido a partir de microorganismos de monte, más la aplicación de fosfato diamónico (DAP) y estiércol de ovino (EO). En 2018 se tuvieron seis tratamientos descritos en la tabla 2.

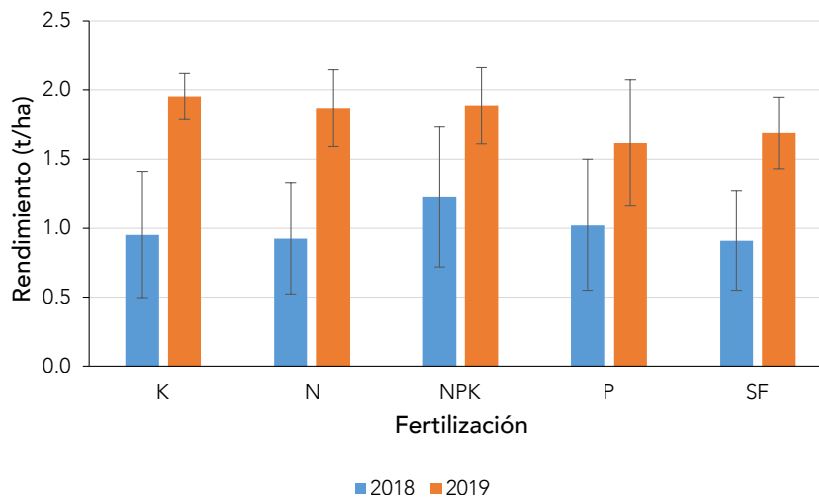


Figura 8. Efecto de la fertilización química sobre el rendimiento del cultivo de maíz, Plataforma Peto, Yucatán. Ciclos PV 2018-2019. Abreviatura: K= potasio, N=nitrógeno, P= fosforo y SF= sin fertilizante.

Tabla 2: Descripción de tratamientos para evaluar el efecto de la aplicación de biol, plataforma Peto, Yucatán. Ciclo PV 2018.

Tratamiento	Abreviación	Fertilización		Biol
		Fuente	Cantidad (t/ha)	
1*	SF			
2	Bi			Si
3	DAP	DAP	0.1	
4	DAP,Bi	DAP	0.1	Si
5	EO	Estiércol ovino	4	
6	EO,Bi	Estiércol ovino	4	Si

*Testigo; sin fertilización y sin biol.

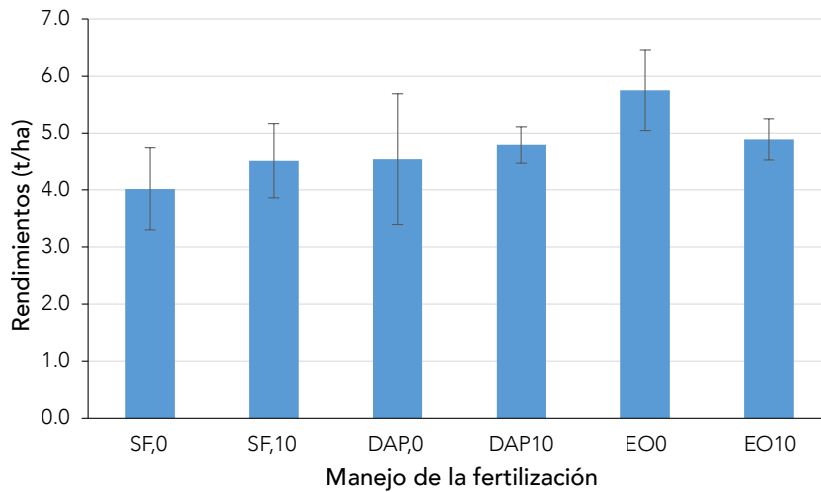


Los resultados indican que, cuando se aplicó una concentración biol en una proporción del 10% de la solución, se logró obtener un incremento de 0.5 y de 0.8 t/ha cuando no se realizó la aplicación de fertilizantes y cuando se aplicó DAP (18-46-00), respectivamente. En cambio, cuando se aplicó estiércol de ovino (EO) no tuvo el mismo efecto, resultado con mayor rendimiento cuando no se aplicó el biol.

Al comparar los resultados de los tratamientos SF, DAP y EO, se observa que con la aplicación de estiércol de ovino se obtuvo un incremento de 1.7 y 0.9 t/ha en comparación con los rendimientos obte-

nidos sin la aplicación de algún tipo de fertilizante (SF) y con la aplicación de DAP, respectivamente.

En 2019 se repitió la evaluación, pero no se lograron rendimientos debido a que el cultivo sufrió daños severos por fauna silvestre. Es necesario continuar con la investigación para tener datos concluyentes de lo que pasaría en sistemas con base en agricultura de conservación y con parcelas con un periodo más largo de uso, ya que en la parcela donde se realizó esta evaluación se quemaron los residuos y fue su segundo ciclo productivo después de un periodo largo de descanso.



■ **Figura 9.** Efecto de la aplicación de biol en una concentración del 10% de la solución sobre el rendimiento del cultivo de maíz, plataforma Peto, Yucatán. Ciclos PV 2018. **Abreviatura:** SF= sin fertilizante, 0= 0% de concentración de biol vía foliar, 10= 10% de concentración de biol vía foliar, DAP= fosfato diamónico y EO= estiércol de ovino.



Cultivos alternativos

En la plataforma de investigación se han incluido cultivos alternativos en las áreas de validación de componentes del sistema, cuyo objetivo es para fines demostrativos y su eventual evaluación participativa y selección por los productores que asisten a los eventos demostrativos. Estos cultivos comprenden diferentes genotipos, especialmente de leguminosas de uso múltiple. Así, se han establecido tres accesiones de canavalia, seis de *Mucuna*, 14 de *Vigna unguiculata*, cinco de *Phaseolus lunatus*,

tres de *Hibiscus sabdariffa*, y tres de *Cajanus cajan* (tabla 3).

Se destaca que durante los eventos ha habido mucho interés en obtener semillas de estos materiales debido a las características visibles. Destacan, en este sentido, *Vigna unguiculata*, espelón Tixmucuy morado, espelón trópico 782, espelón negro cubano, espelón gris Kesté y Habana 82; de mucuna: *Mucuna* sp. Africana y *Mucuna* pinta. Estos cultivos también son factibles para emplearse en la diversificación de cultivos dentro del sistema milpa.

■ **Tabla 3:** Materiales de cultivos alternativos utilizados para fines demostrativos en la plataforma de investigación Peto, Yucatán, en los ciclos 2018 y 2019.

Nombre común	Nombre científico	Hábito de crecimiento	Procedencia	Año de obtención
Ib Pecho de tórtola	<i>Phaseolus lunatus</i>	Trepador	Local	2018
Bacalar ib	<i>Phaseolus lunatus</i>	Trepador	Local	2018
Ib negro	<i>Phaseolus lunatus</i>	Trepador	Local	2018
Ib puksikal tsutuy	<i>Phaseolus lunatus</i>	Trepador	Local	2018
Ib blanco	<i>Phaseolus lunatus</i>	Trepador	Local	2018
Espelón Minesota	<i>Vigna unguiculata</i>	Erecta	INIFAP	2010
Espelón Trópico 782	<i>Vigna unguiculata</i>	Erecta	ICA	1997
Espelón Tixmucuy morado	<i>Vigna unguiculata</i>	Erecta	INIFAP	2010
Espelón Gris Kesté	<i>Vigna unguiculata</i>	Erecta	INIFAP	2010
Espelón Cubanita 666	<i>Vigna unguiculata</i>	Erecta	ICA	1997
Espelón Habana 82	<i>Vigna unguiculata</i>	Postrado	ICA	1997
Espelón negro cubano	<i>Vigna unguiculata</i>	Postrado	INIFAP	2010
Espelón La Libertad	<i>Vigna unguiculata</i>	Trepador	INIFAP	2010
Espelón ejote plano café	<i>Vigna unguiculata</i>	Postrado	INIFAP	2010
Espelón negro ejote vaina verde limón	<i>Vigna unguiculata</i>	Erecto	INIFAP	2010
Espelón UCR4451	<i>Vigna unguiculata</i>	Trepador	UCR	1998
Espelón CB27	<i>Vigna unguiculata</i>	Erecto	UCR	2009
Espelón chicote café	<i>Vigna unguiculata</i>	trepador	INIFAP	2010
Espelón negro chico Guatemala	<i>Vigna unguiculata</i>	Trepador	INIFAP	2010
Espelón carita Tixmucuy	<i>Vigna unguiculata</i>	postrado	INIFAP	2010
Cajanus cajan colecta 1	<i>Cajanus cajan</i>	Erecto	Local	2018
Cajanus cajan C1	<i>Cajanus cajan</i>	Erecto	CIMMYT	2020
Cajanus cajan C2	<i>Cajanus cajan</i>	Erecto	CIMMYT	2020



Nombre común	Nombre científico	Hábito de crecimiento	Procedencia	Año de obtención
Xmejen bu'ul	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Trepador	Local	2018
Frijol Arroz	<i>Vigna umbellata</i>	Trepador	Local	1997
Mucuna Ghana	<i>Mucuna sp.</i>	Trepadora	Rep. Benin	2001
Mucuna sp. pinta	<i>Mucuna sp.</i>	Trepadora	Rep. Benin	2001
Mucuna ceniza	<i>Mucuna sp</i>	Trepadora	Xohuayán, Ox	1997
Mucuna africana	<i>Mucuna sp</i>	trepadora	UACH-CRUS	2001
Mucuna rajada	<i>Mucuna sp</i>	Trepadora	Rep. Benin	2001
Mucuna pruriens var. utilis	<i>Mucuna pruriens</i>	Trepadora	Rep. Benin	2001
Canavalia 358	<i>Canavalia ensiformis</i>	Erecta	Georgia USA	2010
Canavalia 181	<i>Canavalia ensiformis</i>	Erecta	Georgia USA	2010
Canavalia 164	<i>Canavalia ensiformis</i>	Erecta	Georgia USA	2010
Jamaica 1	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Erecta	Campeche	2015
Jamaica 2	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Erecta	Kantunil	2015
Jamaica 3	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Erecta	Campeche	2017

Conclusiones

Problemática	Propuesta	Resultados
Altos costos de producción	Fertilización mixta	La aplicación de solo estiércol de ovino contribuyó a incrementar el rendimiento en el cultivo de maíz.
Bajos rendimientos	Cultivos intercalados	No se tuvo efecto en el incremento de rendimiento del maíz. La importancia de la siembra de ibes y calabaza radica en la contribución a la generación de alimentos en la milpa maya, además de representar una oportunidad de obtener un ingreso extra por la venta de excedentes.
	Arreglo topológico	No hubo diferencias en el rendimiento obtenido por los dos arreglos topológicos con una densidad de siembra de 40000 semillas/ha.
	Fertilización química	La aplicación de fuentes simples y mezcla física no contribuyó al incremento del rendimiento.
	Criollos	Los criollos <i>Naal t'eel</i> amarillo, <i>Naltel</i> blanco colecta 1 sobresalen en un ciclo de menos humedad (1.8 t/ha) y un ciclo de mejores condiciones. El <i>Naal Xoy</i> amarillo alcanza un buen rendimiento (2.9 t/ha).
Suelo degradado	No quema, usar los residuos como cobertura	No se observan diferencias en el rendimiento obtenidos entre las prácticas quemar o dejar los residuos de cosecha y de forma cualitativa se observa más humedad en el suelo cubierto.



Bibliografía

Mariaca, M.R. 2015. La milpa maya yucateca en el siglo XVI: evidencias etnohistóricas y conjeturas. *Etnobiología*, 13, 1-25.

Mariaca, M.R.; Hernández-X, E.; Casillo, A.; Moguel, E. (1995). Análisis estadístico de una milpa experimental de ocho años de cultivo continuo bajo roza-tumba-quema en Yucatán, México. En: Hernández, E., Bello, B. y Levy, Tacher (Ed). *La milpa en Yucatán, un sistema de producción agrícola tradicional*. Colegio de postgraduados. México. P. 339-368).

Pérez-Toro A. 1981. La agricultura milpera de los mayas. En: Varguez Pasos L. A., (ed.). *La Milpa entre los Mayas de Yucatán*. Universidad de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. Pág. 1-28.

Terán, S.; Rasmussen, C. 2009. Enfoque y método. En Terán, S., Rasmussen, C (Eds). *La milpa de los mayas: La agricultura de los mayas prehispánicos y actuales en el noreste de Yucatán*. 2da Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Mérida, Yucatán, México. P. 41-55

Archivo fotográfico



■ Foto 1 . Distribución de residuos de cosecha después del chapeo. Plataforma Peto, Yucatán, 11 de mayo de 2019.



■ **Foto 2 .** A) Muestra de suelo de parcelas con cobertura con mayor retención de humedad y B) Muestra de suelo de parcelas con quema de residuos muestra menor retención de humedad. Plataforma Peto, Yucatán, 10 de julio de 2019.



■ **Foto 3 .** Siembra de maíz en parcelas con cobertura de residuos de cosecha empleando xul (macana). Plataforma Peto, Yucatán, 10 de julio de 2019.



■ **Foto 4 .** Condición del cultivo de maíz ante estrés hídrico a la izquierda se realizó quema de los residuos de cosecha y a la derecha están como cobertura. Plataforma Peto, Yucatán, 22 de agosto de 2019.



■ **Foto 5 .** El productor cooperante Nicasio Díaz explicando su experiencia en la incidencia de malezas y manejo en las parcelas con quema y con cobertura de residuos de cosecha. Plataforma Peto, Yucatán, 12 de julio de 2021.



■ **Foto 6 .** Aspecto del cultivo de maíz establecido como milpa maya (maíz, ibes y calabaza).
Plataforma Peto, Yucatán, 23 de septiembre de 2020.



Plataforma de Investigación Yaxcabá, Yucatán

Nombre plataforma	Yaxcabá, Yucatán.
Colaboradores	José Bernardino Castillo Caamal, Lucio Poot y Viridiana Yurái Sel Soberanis.
Institución	Universidad Autónoma de Yucatán (UADY).
Ubicación	Yaxuná, Yaxcabá, Yucatán. 20° 31' 59" LN y 88° 42' 8" LO
Altura	34 msnm.
Clima	Cálido subhúmedo con lluvias en verano, precipitación 1150 mm, temperatura media 25°C.
Tipo de producción	Temporal.
Año de instalación	2018.

Introducción

El sistema milpa yucateca está caracterizado por la práctica tradicional de roza-tumba-quema y la alternancia de periodos de cultivo cortos, con periodos de descanso largos, es el principal medio para la producción de alimentos, para la satisfacción de las necesidades de las familias campesinas de la Península de Yucatán.

En este sistema de producción, el producto principal y de interés para las familias, es el grano de maíz, aunque es común la asociación de este cultivo con frijoles y calabazas. Recientemente, se han introducido prácticas de alto impacto ambiental para el tipo de sistema, por lo que su calidad, en términos de fertilidad y rendimiento se ha visto afectada y mermada.

Ante esta situación es importante la evaluación de prácticas sustentables que contribuyan al apalancamiento del sistema milpa de manera sostenible de

este sistema, mejorando la calidad de vida de los productores y sus familias, además de generar condiciones para la restauración de la fertilidad integral del suelo y cuidado del medioambiente.

Para dar respuesta y proponer alternativas sustentables para el sistema milpa se instaló la plataforma Yaxcabá, Yucatán, donde se evaluaron ocho tratamientos que comparan el manejo del rastrojo (quema y dejar), la siembra de cultivos asociados al maíz (ibes y calabaza y mucuna) y el arreglo de siembra (1m×1m, 4 semillas y 1m×0.5m, 2 semillas por postura) para lograr una densidad de siembra de 40000 semillas por hectárea.

La plataforma de investigación Yaxcabá es un espacio que permite la vinculación con actores clave en la cadena alimentaria, además de generar aprendizajes a través del intercambio de experiencias entre dichos actores.

■ **Tabla 1:** Características del sistema de producción de la región en torno a la plataforma Yaxcabá, Yucatán.

Condiciones agroecológicas	Características sistema de producción	Manejo agronómico	Aspectos socioeconómicos
Clima: Cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media.	Régimen hídrico principalmente de temporal	Quema de residuos de cosecha (rastrojo)	Parcelas comunales (< de 5.0 ha)
Temperatura media anual: 24 - 26 °C	Cultivo primario: milpa maya	Uso de variedades criollas	Producción de autoconsumo
Precipitación anual: 1000 – 1300 mm	Agricultura tradicional	Bajo uso de insumos externos	Mano de obra familiar
Suelo: Luvisol (k'ankab)	Siembras en K'ankabales y altillos	Prácticas agronómicas de forma manual	Ganadería de traspatio
Suelos degradados			



Resultados y aprendizajes

La plataforma Yaxcabá, YUC se instaló en el primavera-verano 2018, se evalúan los efectos sobre el rendimiento del grano de maíz de las prácticas de manejo de los residuos de cosecha (Dejar & Quemar), la siembra de cultivos asociados al maíz bajo el sistema milpa (ibes y calabaza & mucuna) y el arreglo de siembra (1m*1m, 4 semillas & 1m*0.5m, 2 semillas por postura) para lograr una densidad de siembra de 40,000 semillas por hectárea. A continuación, se describen los resultados de la evaluación obtenidos en los ciclos de primavera-verano de 2018 y 2019.

Manejo del rastrojo (dejar y quemar)

El manejo de residuos de cosecha en el sistema milpa yucateca se caracteriza por hacer uso del fuego para quemarlos. Esta práctica contribuye en gran medida a la degradación de los suelos afectando directamente a la fertilidad, teniendo afectaciones negativas sobre el rendimiento de los cultivos. En la plataforma Yaxcabá, por un periodo de dos ciclos, se evaluó del efecto de las prácticas de quemar y dejar los residuos de cosecha. Durante este periodo de evaluación se obtuvo una diferencia numérica de 0.2 t/ha (figura 1) entre estas prácticas de manejo de residuos, siendo la práctica de dejar la que obtuvo un rendimiento promedio de 1.1 t/ha en cambio la práctica de quemar tuvo 0.9 t/ha.

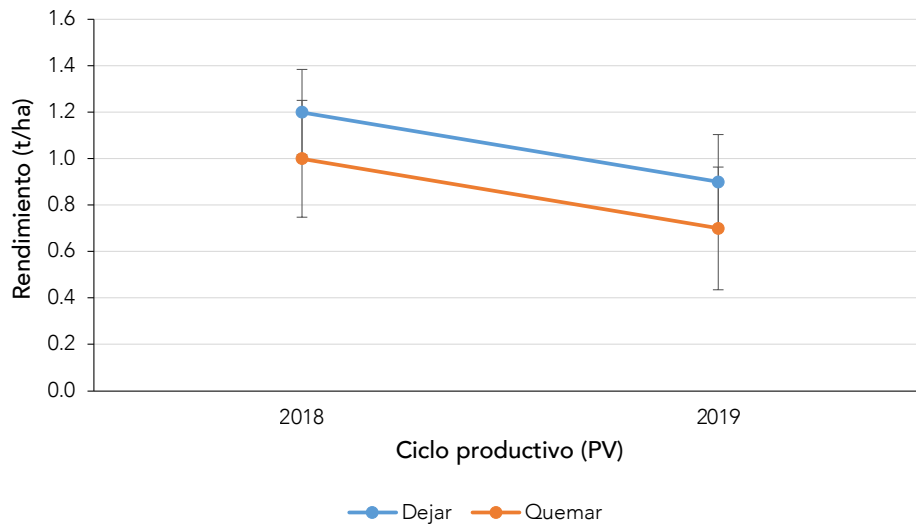


Figura 1. Efecto de la práctica de manejo de los rastrojos (dejar y quemar) sobre el rendimiento del cultivo de maíz, plataforma Yaxcabá, Yucatán. Ciclos PV 2018 y 2019.

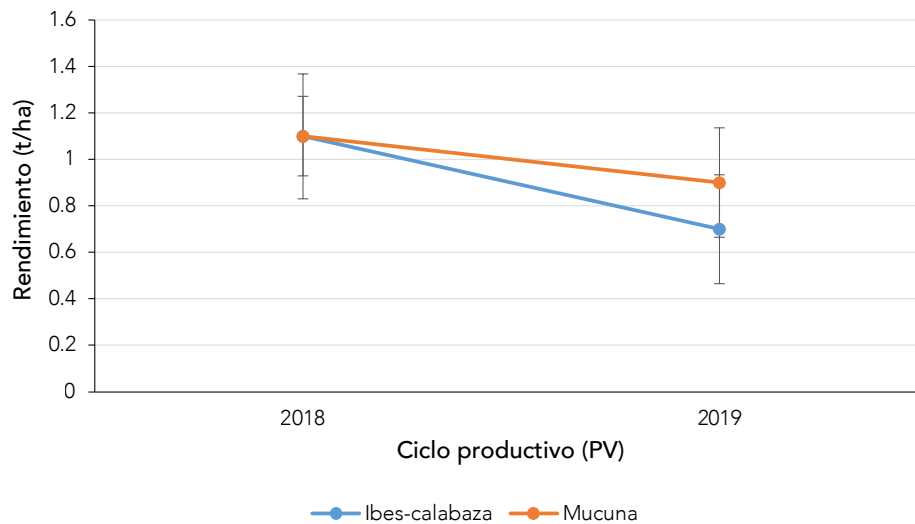


Efecto de los cultivos asociados al maíz (ibes-calabaza y mucuna)

La diversificación y/o rotación de cultivos consiste asociar de diversas formas plantas de diferentes familias (gramíneas y leguminosas) que cubren necesidades nutritivas distintas en un mismo campo, permitiendo obtener más de un producto por unidad de superficie y fortaleciendo los procesos de fertilidad integral del suelo.

Los resultados del efecto de los cultivos asociados (ibes-calabaza y mucuna) sobre el rendimiento del cultivo de maíz (figura 2) en el primer ciclo (PV 2018) no muestra diferencias, para ambos casos se obtuvo

un rendimiento de 1.1 t/ha. En cambio, en el ciclo PV 2019 se observó un ligero incremento en los rendimientos (0.2 t/ha) cuando se rotó con mucuna, comparado con la siembra de ibes y calabaza asociados al maíz que tuvo un rendimiento de 0.7 t/ha (figura 2). En este ensayo no se cuantificaron los rendimientos de los cultivos asociados por lo que es importante obtener esta información en ensayos similares que se lleven a cabo en el futuro ya que esta información permitirá definir cual sistema es más conveniente considerando factores como contribución en la seguridad alimentaria y diversificación de la dieta y la generación de ingresos económicos.



■ **Figura 2.** Efecto de la rotación con cultivos asociados al maíz en el sistema milpa (ibes-calabaza y mucuna) sobre el rendimiento del cultivo de maíz, plataforma Yaxcabá, Yucatán. Ciclos PV 2018 y 2019.



Arreglos topológicos (1 m×1 m×4 semillas y 1 m×0.5 m×2 semillas)

La siembra convencional en la milpa en Yucatán consiste en sembrar varias semillas por golpe (entre 4 y 6 semillas), lo que genera competencia intraespecífica y limita el rendimiento ya que no todas las plantas logran tener un buen desarrollo de las mazorcas. Considerando lo anterior, en la plataforma Yaxcabá se evaluaron dos arreglos de siembra: 1) el arreglo topológico convencional que consiste en realizar la siembra teniendo una distancia de 1 m entre hileras, 1 m entre golpes y depositando 4 semillas por golpe (AT1), y 2) el arreglo propuesto para disminuir el número de semillas por golpe (postura) y reducir la distancia entre posturas, teniendo un arreglo topológico con una distancia de 1 m entre hileras, 0.5 m entre posturas y depositando 2 semillas por golpe (AT5). Con ambos arreglos se tuvo una densidad de siembra de 40000 semillas por hectárea.

Los resultados de la evaluación del arreglo topológico muestran que en 2018 se tuvo una diferencia numérica en el rendimiento de 0.2 t/ha a favor del arreglo AT5, alcanzando un rendimiento de 1.2 t/ha en comparación con el rendimiento de 1.0 t/ha que se obtuvo con el arreglo AT1. En cambio, en 2019 el rendimiento fueron similares para ambos arreglos topológicos. En cuanto a la densidad de plantas al momento de la cosecha, se encontró una diferencia promedio de mil plantas a favor del arreglo AT5 que tuvo 29000 plantas/ha y AT1 tuvo 28000 plantas/ha. Esto descarta la idea de que al sembrar más semillas por golpe se garantiza una densidad de plantas con mazorca por hectárea al momento de la cosecha. Es necesario realizar evaluaciones de densidades de siembra y arreglos topológicos para determinar cuál sería más conveniente dependiendo de los materiales disponibles en la zona de Yaxcabá.

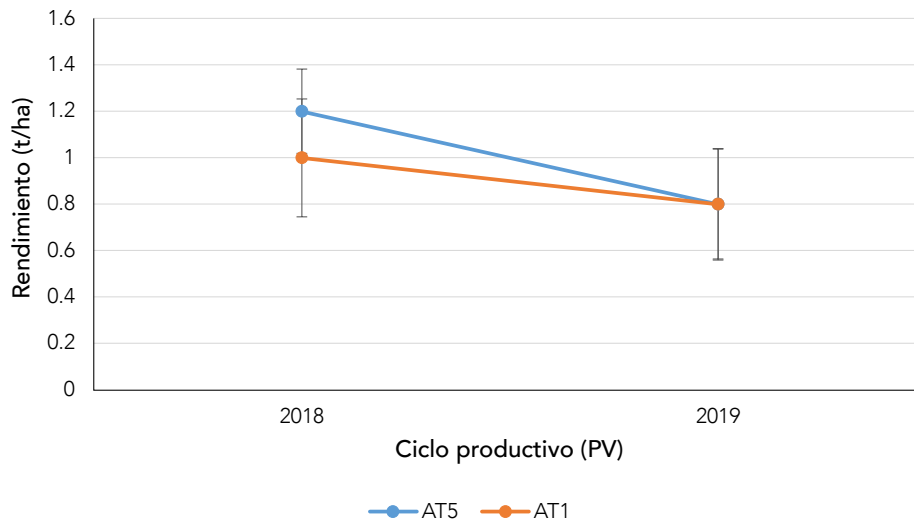


Figura 3. Efecto del arreglo topológico (AT1 = 1m*1m*4 semillas AT5= 1m*0.5m*2) de semillas sobre el rendimiento del cultivo de maíz, Plataforma Yaxcabá, Yucatán. Ciclos PV 2018 y 2019.



Conclusiones

Problemática	Propuesta	Resultados
Bajos rendimientos	Cultivos asociados	No se tuvo efecto en el incremento del rendimiento del cultivo de maíz cuando se asoció con ibes-calabaza o con mucuna. La importancia de la siembra de ibes y calabaza radican en la contribución a la generación de alimentos en la milpa maya, además de representar una oportunidad de obtener un ingreso extra por la venta de excedentes.
	Arreglo topológico	El número de plantas fue numéricamente mayor por 1000 plantas/ha en el arreglo 1 m*0.5 m*2 semillas, se requiere dar continuidad a la investigación.
	No quema, usar los residuos como cobertura	Se obtuvo un incremento en el rendimiento por 0.2 t/ha cuando se dejan los residuos de cosecha como cobertura del suelo comparado con la práctica quemar.

Archivo fotográfico



■ Foto 1 . Establecimiento de los cultivos en el area de investigación a largo plazo, Plataforma de Investigación Yaxcabá, Yucatán, 06 de julio de 2019.



■ **Foto 2 .** Desarrollo del cultivo de maíz establecido en K'an kab (Luvisol), Plataforma de Investigación Yaxcabá, Yucatán, 22 de agosto de 2019.



■ **Foto 3 .** Desarrollo de los cultivos maíz y calabaza, Plataforma de Investigación Yaxcabá, Yucatán, 22 de agosto de 2019.



■ **Foto 4** . Desarrollo del cultivo de maíz establecido en altillo (suelo pedregoso), Plataforma de Investigación Yaxcabá, Yucatán, 22 de agosto de 2019.



La presente publicación es un material de divulgación del CIMMYT.

En esta región colaboraron AgriLAC Resiliente, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA); International Fund for Agricultural Development (IFAD), la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader), Walmart Foundation, la Agencia Mexicana para el Desarrollo Sustentable en Laderas SC, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP; la Unión de Productores Agrícolas y Pecuarios de Cotzocón SPR de RL.

El CIMMYT es una organización internacional pionera en el mundo, sin fines de lucro, dedicada a resolver hoy los problemas del mañana. Se encarga de promover mejoras en la cantidad, calidad y fiabilidad de los sistemas de producción y de los cereales básicos como el maíz, trigo, triticale, sorgo, mijo y cultivos asociados mediante la ciencia agrícola aplicada, especialmente en el sur global, a través de la creación de colaboraciones sólidas. Esta combinación mejora el desempeño de los medios de subsistencia y la resiliencia de millones de agricultores de escasos recursos, y trabaja por un sistema agroalimentario más productivo, incluyente y resiliente dentro de los límites globales.

El CIMMYT es uno de los principales centros de investigación del GCIAR, una asociación mundial de investigación para un futuro con seguridad alimentaria dedicada a reducir la pobreza, aumentar la seguridad alimentaria y nutricional y mejorar los recursos naturales.

Para más información, visite cimmyt.org.