

Sustentabilidad socioeconómica y ambiental de los sistemas de producción de maíz de temporal

Nelda Guadalupe Uzcanga-Pérez ^{1§}
Cristina Isabel Chanatásig-Vaca²
Alejandro Cano-González ³

¹Campo Experimental Mocochoá-INIFAP. Antigua Carretera Mérida-Motul km 25, Mocochoá, Yucatán. CP 97454. ²Universidad Internacional Iberoamericana. Calle 15 entre 10 y 12, Colonia IMI III, Campeche, México. CP. 24560. (cchanatasig.yahoo.com.mx). ³CIRSE-INIFAP. Calle 6 No. 398 x 13, Av. Correa Rachó, Col. Díaz Ordaz, Mérida, Yucatán, México. CP. 97130. (cano.alejandro@inifap.gob.mx).

§Autora para correspondencia: uzcanga.nelda@inifap.gob.mx.

Resumen

El trabajo se realizó en el estado de Campeche a través de encuestas con productores de maíz de temporal para describir las características tecnológicas y de manejo, socioeconómicas y culturales de los sistemas de producción. Se utilizaron dos técnicas de análisis multivariado para la reducción y clasificación de la información. Para el análisis ambiental se generó un índice de aptitud agrícola sustentable con información de las características físico-químicas del suelo. Los resultados indicaron que 65.5% de los productores que se entrevistaron utilizaron el sistema convencional para la producción de maíz de temporal y aunque se ubicaron en zonas de vocación agrícola, se identificaron diferencias en tecnificación y socioeconómicas. El otro 34.5% de productores utilizan labranza mínima y se ubicaron en zonas de vocación pecuaria. A pesar que el índice de aptitud agrícola sustentable ubicó 71% de los productores dentro de la categoría moderada, es necesario implementar estrategias para minimizar la extracción de los nutrientes en el suelo ya que los productores retribuyen muy poco al aplicar dosis por debajo de lo recomendado. En el indicador de mineralización potencial anaerobia del nitrógeno asociado con la fertilidad del suelo se obtuvo valores negativos en los dos grupos de suelo predominantes Leptosoles con -14.7 y Vertisoles con -27.9.

Palabras clave: categorización, indicadores, sistemas de producción.

Recibido: abril de 2020

Aceptado: julio de 2020

Introducción

Desde el punto de vista alimentario, político, económico y social, la producción de maíz es una de las actividades agrícolas más importantes de México (González y Alferes, 2009; Fernández *et al.*, 2013). Es por ello, que es altamente demandado, pues se estima un consumo anual de 41.9 millones de toneladas, de las cuales 57.6% corresponden a maíz blanco y cuya producción es autosuficiente y 42.4% corresponden a maíz amarillo, pero con una balanza comercial deficitaria teniendo que importar 80.2% del consumo nacional (FIRA, 2016).

Hoy en día no basta con satisfacer el consumo y garantizar la seguridad alimentaria del país, que es uno de los principales retos del sector agroalimentario (SAGARPA, 2013), la producción de maíz debe ser no solo productiva y rentable sino también justa y sustentable. En este sentido se han realizado varios estudios para caracterizar y posteriormente evaluar los diferentes sistemas de manejo de recursos para la producción. Sólo en México existen aproximadamente 34 estudios que describen 25 casos de estudio de diferentes sistemas: agroforestal, agrosilvopastoril, cultivos comerciales y básicos, pastizales, forestal y acuacultura (Astier *et al.*, 2012).

Entre éstos destacan los sistemas campesinos para la producción de maíz y leche (Brunett *et al.*, 2005), los que comparan la sustentabilidad de diferentes tipos de milpa, tradicional y con maíz en monocultivo (Sánchez y Romero, 2018) e incluso las comparaciones con respecto al sistema de maíz campesino y el sistema diversificado de cultivos (Astier *et al.*, 2003), sobre el manejo tradicional y en transición al sistema agroindustrial (Sánchez-Morales *et al.*, 2014).

Por consiguiente, el objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización socioeconómica y ambiental de los sistemas de producción de maíz de temporal en el estado de Campeche, para generar información pertinente para proponer mejoras hacia una producción sostenible de maíz en el estado.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en diez de los once municipios del estado de Campeche, con excepción de Palizada durante el ciclo primavera verano 2014. Se obtuvo información del manejo del cultivo de maíz de temporal a través de entrevista directa con el productor con un guion de cuestionario estructurado sobre diferentes tópicos como: 1) tecnológicas y de manejo (preparación del terreno, tipo de maquinaria utilizada, condición del suelo de la parcela, fechas de siembra, tipo de semilla, tecnología empleada, dosis de fertilización (kg ha^{-1}). Actividades de control de plagas y enfermedades, lugar de venta, apoyos para la producción); y 2) socioeconómicas (superficie sembrada (ha), objetivo de la producción, tenencia de la parcela, apoyos gubernamentales y rendimientos (t ha^{-1}). Se calculó el tamaño de muestra para una población de 20 000 productores con la ecuación de muestreo simple aleatorio para la estimación de proporciones con la condición de varianza máxima, confianza de 95% y precisión de 5% (Taro, 1967).

Las variables del cuestionario fueron tabuladas como nominales dicotómicas y ordinales. Se realizó un análisis factorial para resumir la información y poder describirla más fácilmente. El método de factorización que se utilizó fue componentes principales, mismo que se calculó desde la matriz de correlaciones y se utilizó el método Varimax para la rotación de la solución de los componentes (Landro y González, 2011).

La solución de cada uno de los factores se guardó como nuevas variables en la base de datos original que se utilizó posteriormente para el análisis de agrupamiento de tipo no jerárquico con la técnica de K-promedios o k-means (de la Garza *et al.*, 2013). Una vez realizada la clasificación se generó una nueva variable con esta información y se realizó el análisis de varianza tomando como factor, el grupo de pertenencia de cada productor.

Por otra parte, las variables ambientales se obtuvieron a partir de la información de las unidades de respuesta homogénea (URH) generada por Cano-González *et al.* (2015) para la zonificación productiva sustentable del cultivo de maíz en la Península de Yucatán. Debido a que éstas URH se formaron a partir de las interacciones de tipos de suelo (IUSS, 2007), relieve (grado de pendiente del terreno) y tipo de vegetación o uso del suelo (serie 3 INEGI) se extrajeron los datos de las variables físico químicas (materia orgánica (MO)= %, capacidad de intercambio catiónico (CIC)= % arcilla (ARC)= % y espesor de la primera capa de suelo = E (cm)) de cada URH asociada a la parcela del productor.

Con estas variables se calcularon las funciones de pedotransferencia (FPT) propuestas por Aguilar *et al.* (2011); Aguilar y Bautista (2011), que sirvieron como indicadores ambientales de fertilidad de suelo de uso agrícola para identificar posibles restricciones o la degradación por uso y manejo del suelo. A partir de las FPT y considerando también la primera capa de suelo (E), se generó un índice de aptitud agrícola sustentable (IAAS) para cada subgrupo de suelo siguiendo la función propuesta por Aguilar y Bautista (2011): $IAAS = (RMOD * 0.25) + (DC * 0.25) + (MPAN * 0.25) + (E * 0.25)$.

Donde: RMOD= retención de materia orgánica disuelta (%); MPAN= mineralización potencial anaerobia del nitrógeno ($mg\ kg^{-1}$ suelo); DC= descomposición de carbono ($mg\ kg^{-1}$ suelo); E= espesor de la primera capa de suelo (cm). Posteriormente, los valores de cada uno de los componentes del IAAS se transformaron a porcentajes asignando ponderaciones iguales (0.25) por variable, para generar categorías (apto, moderado y marginal) de las URH según su aptitud para uso agrícola sustentable, considerando que los suelos más aptos son los de menor vulnerabilidad potencial (Aguilar *et al.*, 2013).

La caracterización de los sistemas de producción de maíz de temporal se realizó con base en los principales determinantes propuestos por Mansera *et al.* (1999) con la descripción de varios componentes como: tecnológicos y de manejo, socioeconómicos y culturales y biofísicos. Los estadísticos descriptivos y los análisis multivariados se ejecutaron con la herramienta Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 21.

Resultados y discusión

Se encontró que las variables relacionadas con la condición del suelo de la parcela y con la manera de realizar las actividades culturales como desvare, barbecho o arado, rastra semipesada y agrícola, fumigación con tractor y cosechadora fueron adecuadas para el análisis factorial. Del análisis se extrajeron ocho componentes, pero siguiendo con los criterios de Káiser, solo se seleccionaron los componentes que tuvieron más información en los factores de la variable con autovalores > 1 (Landro y González, 2011; de la Garza *et al.*, 2013).

El primer componente tuvo un autovalor de 3.25, el segundo componente con un autovalor de 1.23 y el tercer componente un autovalor de 1.11. En su conjunto estos tres componentes cumplieron con el criterio del porcentaje de variación explicada acumulada, rango de entre 60 y 95%, pues el porcentaje de variación explicada de los tres componentes fue de 69.84%. Se conformaron tres grupos de productores. El primero con 217 productores (34.5%), el segundo con 327 productores (52.2%) y el tercer grupo con 83 productores (13.3%).

Características tecnológicas y de manejo

El primer grupo pertenece a un tipo de producción de labranza mínima (Rojas, 2001) pues solo el 28.1% utilizó rastra agrícola para la preparación del terreno. Las siembras las realizaron en el mes de junio con semilla criolla preferentemente y con rendimientos que oscilaron entre 2 y 3.7 t ha⁻¹. Las labores se realizaron manualmente, incluyendo la siembra, de ahí que la mayoría de este grupo de productores no rebasaron extensiones de superficie cultivada de 3 ha (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características tecnológicas y de manejo de los sistemas de producción de maíz de temporal en Campeche.

Determinantes	Grupo de productores de la muestra		
	1	2	3
Fecha de siembra	11-20 de junio	01-10 de julio	11-20 julio
Tipo de semilla	57.6% criolla, 18.9% híbrido, 12% variedad y 11.5% reciclada	69.4% híbrido, 12.2% criollo, 9.5% variedad y 8.9% reciclada	81% híbrido, 8.3% variedad, 6% criolla y 4.7% reciclada
Siembra	manual/espeque	62.9% sembradora 37.1% manual/espeque	79.8% sembradora 20.2% manual/espeque
Fertilización	43.8% no fertilizaron, 30.4% a los 30 días de la siembra, 19.8% a los 15 de la siembra y 6% junto con la siembra	64.2% junto con la siembra, 14.4% a los 15 días de la siembra, 12.8% a los 30 días de la siembra y 8.5% no fertilizó	83.3% junto con la siembra, 11.9% a los 15 días de la siembra, 1.2% a los 30 días de la siembra y 3.6% no fertilizó
Pentafosfato (kg ha ⁻¹)	26.4	62.8	77.6
Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	13.4	26.6	32
Cosecha	manual	54.7% maquinaria y 45.3% manual	75% maquinaria y 25% manual

En un estudio realizado en Chiapas con respecto a las actitudes y percepciones de los productores de maíz de temporal hacia semillas mejoradas, Sánchez-Toledano *et al.* (2017) tipificaron a los agricultores como conservadores al mostrar resistencia al uso de semillas mejoradas y mayor

interés por objetivos de tipo socioculturales como maximizar los beneficios familiares, impedir el despoblamiento de las comunidades rurales y mantener la fertilidad del suelo (Sánchez-Toledano *et al.*, 2017).

Los productores del primer grupo se concentraron geográficamente en la zona sur del estado: 20.3% Candelaria, 20.3% Carmen, 18% Calakmul, 15.2% Escárcega y 26.2% en la zona norte del estado (Figura 1).

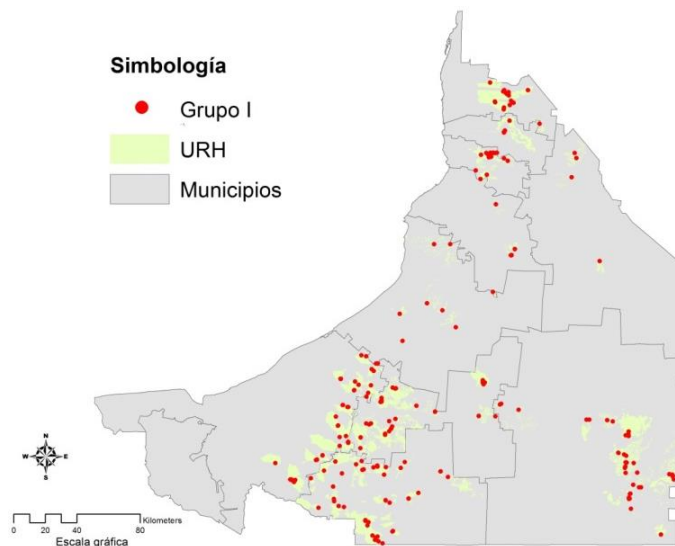


Figura 1. Distribución geográfica del primer grupo de productores de maíz de temporal.

Estas zonas, norte y sur del estado, se caracterizan por una aptitud moderada y marginal para la agricultura con desarrollo de cultivos principalmente de temporal, entre los que destaca, maíz y chile, orientados al autoconsumo y el excedente al mercado local (Uzcanga *et al.*, 2010). Por otra parte, tanto el segundo como el tercer grupo de productores campechanos utilizan labranza convencional (Rojas, 2001), pues se identificó que utilizan arado, pases de rastra y cultivadoras para mover el suelo.

El segundo grupo se ubicó principalmente en cuatro municipios, 21.7% Hopelchén, 13.5% Champotón, 13.8% Tenabo y 10.1% Campeche, que corresponde a la zona norte-centro del Estado. Estos productores sembraron durante los primeros días del mes de julio y aunque prevaleció la preferencia por semillas híbridas, 30.6% de los productores sembraron otro tipo de semillas de las que despuntan las de origen criollo.

El porcentaje de productores que utiliza maquinaria para la siembra es muy similar al que utiliza semillas híbridas y del mismo modo para los que siembran de manera manual y utilizan otros materiales. Pat *et al.* (2013) a este tipo de productores se les conoce como regionales y por lo general maquilan y no realizan todas las actividades del paquete tecnológico (Figura 2).

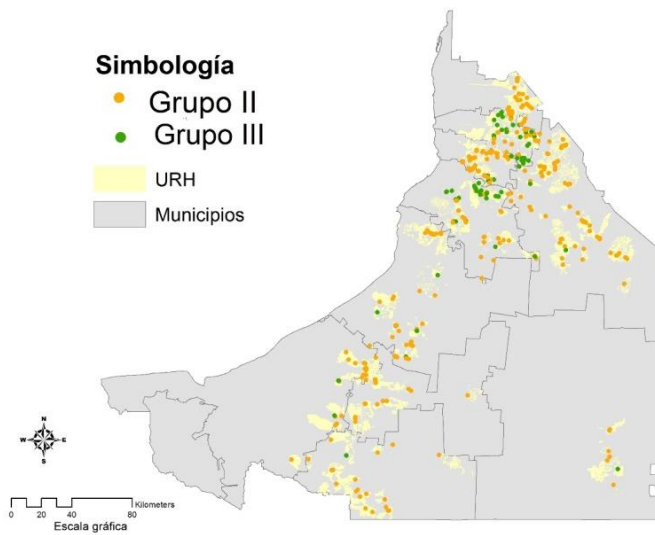


Figura 2. Distribución geográfica del segundo y tercer grupo de productores de maíz de temporal.

El tercer grupo de productores realizó actividades de desvare y barbecho que el segundo no hizo, lo cual coincide con Tucuch *et al.* (2007) como una labor arraigada entre los productores de maíz de temporal en zonas de alto potencial. También se identificó que la fecha más frecuente de siembra fue durante el período del 11 a 20 de julio, fecha que se ubicó dentro del período óptimo (15 de junio al 15 de julio), para este tipo de labranza de acuerdo con (Medina y Rosado, 2015), con alta preferencia por híbridos y uso de maquinaria para realizar las labores del cultivo (Cuadro 1).

La mayoría de estos productores se aglutinó en dos municipios, 41.7% Hechelchakán y 35.7% Campeche. Particularmente, en el municipio de Hechelchakán como indica Pat *et al.* (2013), se ubica una de las regiones menonitas más importantes del estado que en su mayoría son dueños de la maquinaria agrícola y utilizan un paquete tecnológico de temporal mejorado fertilizado mecanizado (TM/FM).

Características socioeconómicas

Con respecto a las características socioeconómicas se observó la prevalencia por la tenencia ejidal de las parcelas. La superficie varió según el grupo de productores, por ejemplo: el primer grupo que destina principalmente su producción para subsistencia, la superficie varió de 0.5 a 3 ha.

La mayoría de los productores del grupo dos y tres, destinan su producción para la venta, cuentan con mayores extensiones de superficie sembrada, rendimientos y de acuerdo con Sánchez-Toledano *et al.* (2017) pueden clasificarse como productores en transición cuyo principal objetivo es de interés económico como incrementar las ventas, generar empleo en la zona y mantener la fertilidad del suelo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características socioeconómicas de los sistemas de producción de maíz de temporal en Campeche.

Determinantes	Grupo de productores de la muestra		
	1	2	3
Superficie sembrada/productores	0.5-3 ha (51.4%), 3.1-5 ha (17.1%), 5.1-1 ha (15.7%), 10.1-2 ha (7.4%), >20 ha (8.4%)	0.5-3 ha (55.9%), 3.1-5 ha (17.7%), 5.1-10 ha (14.4%), 10.1-20 (5.8%), >20 ha (6.2%)	0.5-3 ha (54.2%), 3.1-5 ha (16.7%), 5.1-10 ha (16.7%), 10.1-20 (7.2%), >20 ha (4.8%)
Objetivo de la producción	67.3% subsistencia y 32.7% ingresos	81.3% ingresos y 18.7% subsistencia	91.7% ingresos y 8.3% subsistencia
Tenencia de la parcela	64.5% ejidal, 17.5% rentada, 16.6% privada	72.5% ejidal, 22.3% privada, 5.2% rentada	78.6% ejidal, 21.4% privada
Apoyos gubernamentales	Si= 66.3% No= 36.4%	Si= 81.3% No= 18.7%	Si= 85.7% No= 14.3%
Rendimientos/productores	0.33-2 t ha ⁻¹ (13.4%), 2-3.7 t ha ⁻¹ (37.5%), 3.8-5.4 t ha ⁻¹ (32.4%), 5.5-7.2 t ha ⁻¹ (14.8%), 7.2-8.9 t ha ⁻¹ (1.9%)	0.33-2 t ha ⁻¹ (15.6%), 2-3.7 t ha ⁻¹ (40.1%), 3.8-5.4 t ha ⁻¹ (30.3%), 5.5-7.2 t ha ⁻¹ (11.6%), 7.2-8.9 t ha ⁻¹ (2.4%)	0.33-2 t ha ⁻¹ (15.7%), 2-3.7 t ha ⁻¹ (36.1%), 3.8-5.4 t ha ⁻¹ (34.9%), 5.5-7.2 t ha ⁻¹ (10.8%), 7.2-8.9 t ha ⁻¹ (2.4%)

Las características de manejo del cultivo de los diferentes grupos identificados, se debe principalmente a la mecanización de la tierra, que de acuerdo con Pat *et al.* (2008), ocasionó la diferenciación entre los productores tradicionales, que adoptaron un modo de vida mixto que combinó la agricultura de roza-tumba-quema con el trabajo asalariado y los productores que se dedicaron a la agricultura mecanizada con apoyos gubernamentales, ubicados al oriente del estado de Campeche.

En este estudio se observó una alta dependencia a los apoyos gubernamentales orientados a la productividad agrícola y al intermediarismo. Menos de 10% de los productores del segundo y tercer grupo mantienen esquemas de comercialización con contrato. La diferencia entre el segundo y tercer grupo es que los productores ubicados en campos menonitas del municipio de Hecelchakán son rentables con o sin subsidio mientras que los productores regionales son rentables únicamente con subsidio (Pat *et al.*, 2013).

Características ambientales

El grupo de suelo predominante entre los productores muestreados fueron los Leptosoles con 32.1% que se caracterizan por tener un potencial agrícola limitado por su poca profundidad y alta pedregosidad a pesar de su rica capa de materia orgánica (RMOD= 81.4%). El 20.1% fueron Vertisoles que se identifican por su alto contenido de arcillas (57%) y son considerados según IUSS (2007), suelos fértiles, aunque con difícil manejo durante el estiaje.

En menor frecuencia se ubicaron los Nitosoles con 13.9%, Phaezem con 13.4% y Luvisoles, 12.1% de mayor uso agrícola y de acuerdo con IUSS (2007), presentan buenas condiciones de fertilidad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características físicas y químicas del grupo de suelo predominante de la muestra de productores.

Grupo de suelo (%)	Arcilla (%)	MO (%)	CIC (%)	Espesor (cm)	RMOD (%)	EC (mg kg ⁻¹)	MPAN (mg kg ⁻¹)
Cambisol (0.5)	16	4.7	16.8	16	58.9	671.4	-11
Gleysol (4.5)	35	3.8	20.6	20.9	57.6	618	-1.5
Leptosol (32.1)	36.3	10.7	38.2	16.4	81.4	835.9	-14.7
Lixisol (1.4)	51.6	4.2	20.6	25.7	42.7	581.6	18.5
Luvisol (12.1)	31.8	3.5	22.9	15.1	67.7	632.2	-11.2
Nitisol (13.9)	67.4	4	28.7	19.3	53.1	572.5	17.9
Phaezem (13.4)	39.3	6.7	40.5	29.8	99.6	756.5	-30.4
Regosol (1.9)	16.6	3.8	14.2	16.4	54.3	639.8	-7.7
Vertisol (20.1)	57	3.9	43.9	21.9	104.9	667.9	-27.9

MO= materia orgánica; CIC= capacidad de intercambio catiónico; RMOD= retención de materia orgánica disuelta; EC= evolución de carbono; MPAN= mineralización potencial anaerobia del nitrógeno.

En la Figura 3 se observa la distribución espacial de las URH y los rangos de IAAS de cada categoría. Si bien las URH representan el área de influencia del productor no significa que se esté trabajando con agricultura en su totalidad, porque la frontera agrícola del Estado es de aproximadamente 98 720 ha (Cano y Uzcanga, 2014). La superficie de las URH representó para este estudio microrregiones con la misma subunidad de suelo, pendiente de hidrografía y por lo tanto, las condiciones de aptitud se aplicaron a las URH (Figura 3).

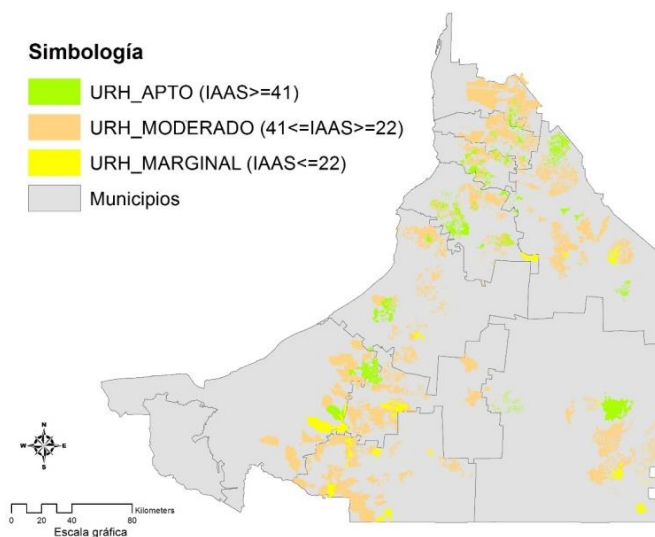


Figura 3. Distribución espacial de las URH por aptitud del IAAS en Campeche.

En 10 de los 11 municipios del estado de Campeche predominó un IAAS de tipo ‘moderado’ impactando en una superficie potencial de 535 641.3 ha. Siendo Hopelchén el que concentró la mayor superficie (39 527.9 ha). Por el contrario, los municipios de Carmen y Candelaria concentraron la mayor superficie con IAAS de tipo ‘marginal’ y por orden de importancia Campeche, Calakmul y Hopelchén concentraron mayor superficie con IAAS de tipo ‘apto’ (Cuadro 4).

Cuadro 4. Superficie en hectáreas de las URH por categoría del índice de aptitud agrícola sustentable.

Municipio	Índice de aptitud agrícola sustentable (IAAS) (ha)		
	Apto	Moderado	Marginal
Calakmul	21 089	54 502.5	8 049.7
Calkiní	3 016.1	53 337	
Campeche	21 325.1	37 868.2	3 742.4
Candelaria		87 194.4	13 974
Carmen	14 761	58 425.3	16 290.3
Chamotón	10 468.8	47 358.9	1 663.8
Escárcega	3 867.6	64 227.8	7 298.8
Hecelchakán	4 820.6	39 967.9	
Hopelchén	17 277.3	76 328.5	5 377.8
Tenabo	10 091.5	16 430.8	
Total	106 717	535 641.3	56 396.8

Por otra parte, se encontró que 70.9% de las parcelas de los productores se ubicaron dentro de una aptitud moderada para la agricultura sustentable y de éstos 52.2% cultivan maíz de manera convencional. Otro 22.4% de las parcelas presentaron condiciones aptas y de los cuales 34.35% utilizan labranza mínima. Finalmente, un mínimo de parcelas 6.7% se ubicaron en condiciones marginales donde 13.4% de los productores utilizan el sistema convencional de producción, aunque con mayor conocimiento técnico (Cuadro 5).

Cuadro 5. Clasificación de los productores y categoría del índice de aptitud agrícola sustentable.

Grupo	Apto		Moderado		Marginal		Total	
	muestra	(%)	muestra	(%)	muestra	(%)	muestra	(%)
I	52	24.2	143	66.5	20	9.3	215	34.4
II	73	22.3	233	71.3	21	6.4	327	52.2
III	15	17.9	68	81	1	1.2	84	13.4
Total	140	22.4	444	71	42	6.7	626	100

A pesar que en los tres grupos de productores predominó un IAAS de tipo moderado (66.5%, 71.3%, 81%) respectivamente, los productores del primer grupo están distribuidos geográficamente de acuerdo con Uzcanga *et al.* (2010) en municipios con vocación pecuaria. Mientras que los productores del segundo y tercer grupo se ubicaron en municipios de vocación agrícola, destacando el tercer grupo por tener una mayor participación en la producción de maíz al estado (SIAP, 2017) (Figura 4).

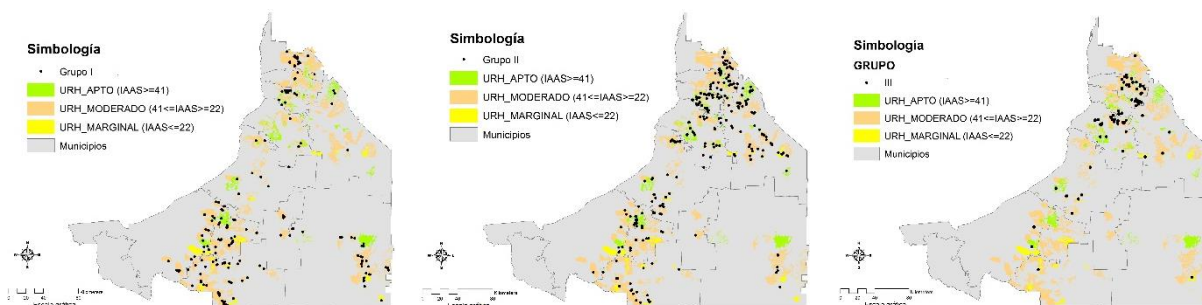


Figura 4. Distribución geográfica de índice de aptitud agrícola sustentable por grupo de productores.

Conclusiones

Se identificaron tres grupos de productores de maíz de temporal en el estado de Campeche y el de mayor representatividad fueron aquellos que se ubican en la zona norte centro del estado, cuya producción caracteriza por uso de fertilizantes, semillas híbridas con alternancia de maquinaria agrícola en labores como siembra y cosecha, su producción se destina principalmente a la comercialización de grano a través del intermediarismo.

En cuanto a la sustentabilidad de la producción de maíz la mayoría de las unidades de producción se encuentran en condición moderada, lo que significa que los productores deberán apropiarse de prácticas agrícolas que permitan la conservación de la materia orgánica y la aportación de abonos nitrogenados suficientes para compensar la extracción del nitrógeno por el cultivo. De no adoptar estas prácticas, se corre el riesgo de que a mediano plazo esta condición cambie a marginal.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno de Campeche por el financiamiento del proyecto 'Estimación de maíz en el estado de Campeche ciclo P-V 2014' y The Nature Conservancy por el financiamiento del proyecto 'Definición de metodología para el mapa de zonificación productiva sustentable' de donde se derivó la siguiente publicación.

Literatura citada

Aguilar, Y. y Bautista, F. 2011. Extrapolando la aptitud de los suelos como reactores naturales, usando un mapa de suelo existente: aplicación de funciones de pedotransferencia, integración espacial y procedimientos de validación. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 13(2):221-232.

- Aguilar, Y.; Bautista, F. y Díaz-Pereira, E. 2011. Los suelos como reactores naturales para el tratamiento de agua residual porcina. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 13(2):199-210.
- Aguilar, Y.; Bautista, F.; Mendoza, M. y Delgado, C. 2013. Vulnerabilidad y riesgo de contaminación de acuíferos kársticos. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 16:243-263.
- Astier, M.; García, L.; Galván, Y.; González, C. and Masera, R. O. 2012. Accessing the sustainability of small farmer natural resource management systems. A critical analysis of the MESMIS program (1995-2010). *Ecol. Soc.* 17(3):1-13.
- Astier, M.; Pérez, E.; Ortiz, T. y Mota, F. 2003. Sustentabilidad de sistemas campesinos de maíz después de cinco años: el segundo ciclo de evaluación MESMIS. *LEISA. Rev. Agroecol.* 19:39-46.
- Brunett, L.; González, C. y García, L. A. 2005. Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche, utilizando indicadores. *Livestock Res. Rural Development.* 17(78).
- Cano, G. A. y Uzcanga, P. N. 2014. Estimación de la producción de maíz grano en el estado de Campeche. Ciclo P-V 2013. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Secretaría de Desarrollo Rural. Informe técnico. México, DF. Campeche. 21 p.
- Cano-González, A.; Uresti-Gil, J.; Inurreta-Aguirre, H.; Uresti-Durán, D. y Uzcanga-Pérez, N. 2015. Development of a SWAT-based information system tool. Identify areas for sustainable intensive agricultural production in the Peninsula of Yucatán México. *In: International Soil & Water Assessment tool Conference.* Purdue University. USA. 17 p.
- De la Garza, J.; Morales, B. y González, B. 2013. Análisis estadístico multivariante un enfoque teórico y práctico. Mc Graw Hill. México, DF. 396-472 pp.
- Fernández, S. R.; Morales, Ch. L. y Gálvez, M. A. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(3-A):275-283.
- FIRA. 2016. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Panorama Agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. 40 p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma-z-2016.pdf.
- González, E. A. y Alferes, V. M. 2009. Competitividad y ventajas comparativas de la producción de maíz en México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(3):381-396.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base referencial mundial del recurso suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre recursos mundiales de suelos Núm. 103. FAO, Roma, Italia.
- Landero, R. y González, M. 2011. Estadística con SPSS y metodología de la investigación. Editorial Trillas. México, DF. Capítulo 13.
- Masera, O. R.; Astier, M. y López-Ridaura, S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco MESMIS. México, DF. Mundiprensa. 27-35 pp.
- Medina, J. y Rosado, A. 2015. Maíz de temporal. *In: Pimentel, O. y Delgadillo, S. (Coords.). Agenda Técnica Agrícola Campeche. 1^{ra}. (Ed.). SAGARPA-SENASICA-INIFAP. México, DF. 87-93 pp.*
- Pat, L.; Nahed, J.; Parra, M.; Nazar, D.; García, L.; Bello, E. y Herrera, O. 2008. Modos de vida y seguridad alimentaria de los mayas de Campeche. *In: Memoria concurso RENDSAN-FAO.* Rivera, R. y Valle, P. (Eds.). 1^{ra}. (Ed.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Chiapas, México. 128-167 pp.

- Pat, V.; Caamal, I.; Ávila, J. y Hernández, J. 2013. Análisis de la competitividad del maíz en la región de los campos menonitas de Hecelchakán, Campeche. *Políticas Públicas y Economía*. 2013(61):53-66.
- Rojas, L. A. (2001). La labranza mínima como práctica de producción sostenible en granos básicos. *Agron. Mesoam*. 12(2):209-212.
- SAGARPA. 2013. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018. Diario Oficial de la Federación. 50-112 pp.
- Sánchez, P. y Romero, O. 2018. Evaluación de la sustentabilidad del sistema milpa en el estado de Tlaxcala, México. *Rev. El Colegio de San Luis*. 8(15):107-134.
- Sánchez-Morales, P.; Ocampo-Fletes, I.; Parra-Inzunza, F.; Sánchez-Escudero, J.; María-Ramírez, A. y Argumedo-Macías, A. 2014. *Agroecología*. 9(1-2):111-122.
- Sánchez-Toledano, B. I., Kallas, Z. y Gil, J. M. 2017. Importancia de los objetivos sociales, ambientales y económicos de los agricultores en la adopción de maíz mejorado en Chiapas, México. *Rev. Fac. Cienc. Agrarias*. 48(2):269-287.
- SIAP. 2017. Servicio de Información agroalimentaria y Pesquera. Avance de siembras y cosechas Resumen Nacional por cultivo. <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siap-gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do>.
- Taro, Y. 1967. *Elementary sampling theory*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ. USA. Chapter 5. 98-99 pp.
- Tucuch, F.; Kú, R.; Estrada, J. y Palacios, A. 2007. Caracterización de la producción de maíz en la zona centro-norte del estado de Campeche, México. *Agron. Mesoam*. 18(2):263-270.
- Uzcanga, N.; Maya, A. y Cano, A. 2010). Diagnóstico sectorial para la planeación del estado de Campeche. *Campo Experimental Campeche-INIFAP*. 148 p.