



## BRECHAS PRODUCTIVAS EN MAÍZ: UNA EXPLICACIÓN DESDE LA HETEROGENEIDAD DE LAS UNIDADES RURALES DEL CENTRO Y SUR DE MÉXICO †

### [MAIZE PRODUCTIVITY GAPS: AN EXPLANATION BASED ON THE HETEROGENEITY OF MEXICO CENTRAL AND SOUTH FARM HOUSEHOLDS]

Ernesto Adair Zepeda Villarreal<sup>1\*</sup>, Tania Carolina Camacho Villa<sup>1</sup>,  
Luis Barba Escoto<sup>2</sup> and Santiago López Ridaura<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Socioeconomía (SEP), Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México.

<sup>2</sup> Programa de Intensificación Sustentable (SIP), CIMMYT. Carretera México-Veracruz, Km 45, El Batán, Texcoco, Estado de México, México, CP 56237.

E-mail: e.zepeda@cgiar.org; c.camacho@cgiar.org; l.barba@cgiar.org;

s.l.ridaura@cgiar.org

\*Corresponding author

#### SUMMARY

**Background:** Mexico has having since 1940 governmental programs to increase maize productivity without fully achieve their objectives, and one of the critics has been don't consider the heterogeneity of Mexican farm households cultivating it and their gaps, considering a binomial model of commercial and subsistence agriculture. Productivity gaps have been studied focusing on yield differences between optimal and real conditions. **Objective:** This paper elaborates on productivity gaps of 3391 maize farm households from the Central and South part of Mexico, taking into account their diversity, adding social and functional elements. **Methodology:** The variables were divided into structural, functionals and social, and were analyzed by the multivariate method of principal components analysis. **Results:** Five type were found, with significant differences between them. The major productivity gaps were between *Commercial Mechanized farm households* and the rest of the types, they have access to better productive assets ( $6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). In second place, the *Subsistence farm households with women participation*, presented the lowest yields ( $1 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), explained by less productive assets and by social attributes (women and indigenous). Between both types are the other types, with similar assets but social differences: the *Low Mechanized farm households* cultivate in the tropics using a half modernized farming system ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ), the *Semi-commercial farm households with Elder Families* ( $2.5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) and *Farm households with Diversified Income* ( $2.3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). **Implications:** This evidenced the inappropriate bimodal agriculture vision persisting in policy designing, because several types of farms can explain the limited historical programs outputs focus on maize productivity. **Conclusion:** This study concludes indicating that maize productivity in Mexico is not only affected by the processes of agriculture modernization, but also by other social processes.

**Key words:** Maize; farm households' typologies; productivity gaps; heterogeneity

#### RESUMEN

**Antecedentes:** México ha tenido desde 1940 programas enfocados para aumentar la productividad de maíz sin alcanzar plenamente sus objetivos, y una crítica constante ha sido que no se considera la heterogeneidad de las familias que lo cultivan y sus brechas, sino que se plantea un modelo binomial de agricultura comercial y subsistencia. Las brechas se han estudiado por la diferencia entre rendimientos reales y óptimos. **Objetivo:** Este artículo explora las brechas productivas de maíz de 3391 unidades productivas del Centro y Sur de México, tomando en cuenta su diversidad, adicionando elementos sociales y funcionales. **Metodología:** Se dividieron las variables en estructurales, funcionales y sociales, y se analizaron por el método multivariado de componentes principales. **Resultados:** Se encontraron cinco tipos de unidades, con claras diferencias entre ellas. La mayor brecha estuvo entre las *Unidades Comerciales Tecnificadas* y las demás, ya que cuentan con más recursos productivos ( $6 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Después estuvieron las *Unidades con Agricultura para Autoconsumo*, con los rendimientos más bajos ( $1 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) y explicados por menores recursos y atributos sociales (mujeres e indígenas). Entre estos dos tipos se encontraron los demás, con similitud en recursos, pero diferencias sociales: las *Unidades de Baja Mecanización* que cultivan en los trópicos en un proceso intermedio de modernización agrícola ( $3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), las *Unidades Semi-comerciales de Familias Envejecidas* ( $2.5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) y las *Unidades agropecuarias con Ingresos Diversificados* ( $2.3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). **Implicaciones:** Esto da evidencia que el diseño

† Submitted October 8, 2019 – Accepted March 22, 2020. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.

de políticas públicas bajo la persistente visión del modelo binomial es inapropiado, dado que los distintos tipos de unidades pueden explicar los limitados resultados históricos de los programas enfocados a la productividad del maíz.

**Conclusiones:** Este estudio concluye indicando que la productividad del maíz en México no sólo se ve afectada por los recursos con que cuenta, sino por otros procesos sociales.

**Palabras clave:** Maíz; tipologías de unidades rurales; brechas productivas; heterogeneidad.

## INTRODUCCIÓN

La productividad del maíz en México ha sido un tema constante en la historia de los debates científicos y de políticas públicas nacionales. Este cultivo domina el 84.4% del total de producción de cereales en el país (SAGARPA, 2017) representando la mayor parte de la superficie bajo explotación agrícola. Más aun, el maíz continúa siendo un alimento esencial en la dieta de los mexicanos representando el 20.9% del gasto total de los hogares en alimentos, con un consumo de 196.4 kg per cápita (ibid). A este consumo se suma su uso pecuario e industrial, lo que contribuye a que la balanza comercial del maíz sea deficitaria con una tasa de crecimiento anual del 7.8% entre 2006 y 2017 (FIRA, 2016). Como respuesta a lo anterior se han focalizado esfuerzos para mejorar la productividad del maíz, sobre todo con relación a los rendimientos que se obtienen de su principal producto que es el grano. El rendimiento de maíz en México es bajo, aun cuando ha tenido una tendencia creciente en las últimas décadas. FIRA (2016) reporta que entre 2005 y 2015 el rendimiento de maíz en condiciones de riego aumentó 1.9% en promedio para alcanzar  $8 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Por su parte, en condiciones de temporal el aumento fue de 1.5% para alcanzar un rendimiento de  $2.3 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Lo anterior bosqueja varios desafíos entorno a la productividad de maíz que han tratado de ser resueltos a través de varios programas públicos.

Han sido varios los programas que han buscado incrementar la productividad del maíz, con resultados que han sido cuestionados. Así, el Programa de Agricultura Mexicana implementado en la década de 1940 fue criticado porque se enfocaba en transferir tecnologías, mayormente en zonas de riego (Hartwood, 2009). Programas posteriores que buscaron ofrecer tecnologías apropiadas a pequeños productores en áreas de temporal como el Plan Puebla y el PRONDAAT (Programa Nacional de Desarrollo Agrícola en Áreas de Temporal), fueron cuestionados por no responder a los retos socioculturales de los pequeños agricultores (Redclift, 1983). En años recientes muchos de los programas de apoyo a la productividad del maíz como el Componente de Apoyo a la Cadena Productiva de los Productores de Maíz y Frijol (PROMAF) y PROCAMPO/PROAGRO Productivo se han enfocado en facilitar incentivos e insumos para la producción. Dichos programas han sido criticados por no reconocer la heterogeneidad de los sistemas de producción de maíz que existen en el territorio mexicano (Eakin, et ál., 2014).

La heterogeneidad de los sistemas de producción de maíz que existen en el territorio mexicano representa uno de los grandes desafíos para incrementar su productividad. Esta heterogeneidad es explicada debido a: a) la gran variedad de zonas ecológicas en las que el maíz fue domesticado durante el tiempo y su amplia diversidad de razas; b) el desarrollo e introducción de diferentes métodos-prácticas de cultivo, y; c) los diferentes procesos socioeconómicos y culturales que han moldeado la agricultura maicera (Aguilar, et ál., 2003). A esto se suman las diferencias creadas por el modelo bimodal de desarrollo de la política agrícola mexicana. Este concepto fue propuesto inicialmente para caracterizar la estructura agraria y la estrategia de crecimiento rural de países en donde coexisten grandes empresas agrícolas comerciales y pequeños campesinos de autoconsumo humano en situación vulnerable (Rello, 1986; Bello y Rangel, 2002; Bellon, M. y Berthaund, J., 2011). En últimas décadas ha sido utilizado para resaltar la polarización que las políticas públicas han ampliado entre los sistemas de producción, donde los comerciales/tecnificados localizados en el norte-centro del país presentan rendimientos de hasta  $10 \text{ Mg ha}^{-1}$ , mientras los sistemas de autoconsumo cultivados por campesinos del centro-sur tienen rendimientos menores a los  $2 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Eakin, et ál., 2014).

Esta diferencia en el rendimiento ha sido conceptualizada como una brecha de rendimiento, y el fenómeno ha sido estudiado ampliamente desde hace varias décadas por diferentes disciplinas. El concepto aparece en el seno de la Agronomía y la Ecología de la Producción (van Dijk, et ál., 2017), y se entiende como la diferencia entre el rendimiento potencial (considerando condiciones biofísicas óptimas) y el rendimiento promedio de los productores a una escala espacial y temporal específica (Lobell, et ál., 2010). Por su parte, los economistas se han enfocado más en el concepto de productividad, entendido como la relación entre la dotación de recursos productivos y la intensidad del su uso estratégico respecto de los productos elaborados (Krugman, 1994; Banerjee, et ál., 2014). A partir de ello han concebido a las brechas productivas como el resultado de una capacidad diferenciada de crecimiento económico bajo condiciones específicas (Hatton y Williamson, 1992), lo que afectan la capacidad de desarrollo económico y que se refleja en las condiciones de vida de las personas. Este acercamiento ha permitido explorar las brechas de rendimiento a través de las diferencias entre

las unidades de producción con relación a sus recursos (como tierra), insumos y servicios entre diferentes zonas agroecológicas (Asante, et ál., 2019). Asimismo, dicho concepto ha sido utilizado para explorar las brechas de género que existen en los rendimientos que alcanzan mujeres y hombres que se dedican a la agricultura debido a procesos de desigualdad en el acceso y control de recursos (González y Macías, 2007; Huyer, 2016). En este artículo utilizamos este último acercamiento para comprender las brechas productivas entre las unidades productoras de maíz del Centro y Sur de México aplicando la metodología de tipologías de unidades de producción.

En el caso de México, han sido variados los esfuerzos por definir tipos de unidades rurales (TU) a partir de una categorización funcional que sirva al diseño de políticas públicas adecuadas. Por ejemplo, la CEPAL (1981), la Procuraduría de la Reforma Agraria (2007), FAO (2014a) y otros (Echánove, 2001; SDAyR, 2010; CEDRSSA, 2014; Santos, et ál., 2014) han tratado de establecer TU para entender el sector rural al tiempo que permitan ayudar a su desarrollo. Típicamente se han usado variables como ‘*ingreso*’ o ‘*superficie*’ para hacer una categorización jerárquica adosada por una caracterización estadística para obtener los deseados TU. Las variables son elegidas *a priori* por motivos estadísticos (Even y Matus, 2014; Contzen y Forney, 2016) o discrecionales, como el conocimiento experto (Alvarez, et ál., 2014) o la usabilidad de rangos de ingresos económicos (USDA, 2015); Por ejemplo: la poca varianza a través del tiempo (Fierros y Sophie, 2017) o la sensibilidad a la varianza (Köbrich, et ál., 2002). Por su parte, investigadores que han abordado el tema las han usado como herramienta explicativa de atributos tan complejos como la productividad agrícola (Tittonell, et ál., 2008) a través del Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre dimensiones estructurales y funcionales de los sistemas agrícolas (Tittonell, et ál., 2010; Alvarez, et ál., 2014; Berre, et ál., 2016). Recientemente se ha integrado una dimensión social (Camacho-Villa, et ál., 2019) reconociendo la importancia de dichos factores para explicar las diferencias en la productividad de los sistemas de producción (Bidogeza, et ál., 2009; Sekané, et ál., 2012). Estas tres dimensiones permiten tener una visión más integral de la productividad del maíz.

Este artículo busca contribuir a los estudios de productividad que se han realizado en México, y retoma esfuerzos previos para explicar las brechas de productividad del maíz contemplando factores como: topografía, calidad del suelo, nivel de mecanización, uso de insumos, disponibilidad de mano de obra y propósito de la producción (Richards, 1987; González-Amaro, et ál., 2009; Turrent, et ál., 2012; Castillo y Chávez, 2012). En este estudio se explora desde una

perspectiva integral a la productividad, contemplando la heterogeneidad de las unidades que cultivan maíz en estas regiones mediante un análisis multivariado de ACP y agrupamiento jerárquico.

En la sección siguiente se explicarán los materiales y métodos que se utilizaron en este artículo, comenzando con la fuente de la información y el proceso de análisis bajo ACP y agrupación de k-medias de los TU. Posteriormente se presentan los resultados, comenzando por la definición de los TU y su localización y sus diferencias respecto al rendimiento en maíz-grano observado, para concluir con la discusión de los datos y la comparación entre cada TU para definir las brechas productivas de maíz. Finalmente, se presentan las conclusiones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Datos

Las 3811 Unidades Económicas Rurales (FAO, 2014a) estudiadas fueron una selección libre de beneficiarios del Programa Proagro Productivo Componente V ciclo 2017-2018 (DOF, 29-12-2017) sobre los que se tenía información disponible, implementado por el Gobierno Federal, y bajo acompañamiento técnico de CIMMYT, en 14 estados (Chiapas, Edo. México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz), donde trabajaron asesores técnicos. La sub-muestra se conformó con aquellas unidades seleccionadas por los técnicos dentro de sus zonas de trabajo de acuerdo al padrón oficial y la zonificación estratégica del programa, eligiendo de manera libre cuando menos a 10 unidades por cada técnico.

Para las entrevistas se usó un cuestionario estructurado de preguntas cuantitativas, tanto numéricas como categóricas. Las entrevistas recopilaron información sobre los recursos que poseían en ese momento, y la asignación que se hacía de ellos, con 146 preguntas que reflejan las tendencias normales o promedio reportadas por los productores principales de cada unidad, como fue el caso del rendimiento medio observado o el ingreso, o por una estimación aproximada de sus recursos materiales (tierra, fuentes de ingreso, etc.) y humanos (edad, origen étnico, participación de mujeres en labores agrícolas, etc.). En el caso de las variables nominales, se usó el valor reportado de manera directa (p.e., el rendimiento), y en las variables categóricas, se estableció una escala para ponderar la respuesta dentro del rango de opciones disponible (p.e., la educación). Finalmente, tras remover unidades con valores atípicos dentro de la muestra, se usaron 3391 unidades para realizar este análisis. Se generaron 60 variables iniciales, que se redujeron a 47 variables finales tras un proceso de

depuración por variabilidad, clasificadas en tres dimensiones: estructurales (17) que se refiere a cambios lentos en los recursos; funcionales (17) que ilustran la manera en que se administran los recursos, y; sociales (13) para reflejar la configuración de la familia.

## Métodos

La construcción de los TU consistió en la integración de acercamientos de la teoría de sistemas agrícolas (Tiftonell, et ál., 2005) que sugieren variables estructurales (p.e., superficie) y funcionales (p.e., fuente de ingresos), y de un acercamiento socioeconómico que reconoce la identidad familiar (p.e., tamaño, etnia, etc.) (Bidogezza, et ál. 2009; Baral y Bardhan 2016). La armonía entre ambas visiones buscó determinar los elementos que hacen diferentes a los TU, tanto por sus componentes tangibles (estructurales, funcionales) como los intangibles (barreras no visibles). La construcción de los TU se realizó mediante ACP y agrupación por k-medias (además de revisión jerárquica) (Landais, 1998; Köbrich, et ál., 2002; Usai, et ál., 2006; Lores, et ál., 2008; Bidogezza, et ál., 2009; Madry, et ál., 2013; Alvarez, et ál., 2014; Santos, et ál., 2014; Pacini, et ál., 2014; Valbuena, et ál., 2014; Cortez-Arriola, et ál., 2015; Fierros y Sophie, 2017.

Posteriormente se realizó un análisis de la diferencia entre los valores medios de los rendimientos de maíz mediante pruebas ANOVA no paramétricas y su contraste por pares.

## Análisis de datos

Para el análisis se hizo uso del software R (v3.5.0) y la paquetería: *stats* (ver. 3.4.1, R Core Team, 2017), *FactoMineR* (ver. 1.41, Lê, et ál., 2008) y *factoextra* (ver. 1.0.4, Kassambara y Mundt, 2017). El proceso se desarrolló en seis fases:

- i. Reducción de variables. La matriz inicial contaba con 343 variables, que se redujeron a 60 indicadores (Tabla 1). Posteriormente se estudió la correlación de Pearson [ $<-0.7$ ,  $>0.7$ ] entre pares de variables para eliminar la mayor correlación posible.
- ii. ACP. Se determinó el número de componentes/grupos por el criterio gráfico del punto de inflexión de *Scree* (Catell y Vogelman, 1977; Norman y Streiner, 2008),

respaldado por la distribución jerárquica del dendograma del propio ACP. Basados en esas dimensiones se construyeron los clústeres por partición de k-medias y se eligió en número óptimo de grupos que minimiza el total de la suma de cuadrados al interior de los clústers (WWS) (Kassambara, 2017). Cuando una variable no mostró variabilidad significativa se eliminó y se realizó un nuevo análisis. Se realizaron 3 CP, hasta dejar 47 variables.

- iii. Caracterización de los TU, mediante estadísticas descriptivas.
- iv. Mapeo de tipos. Se mapearon los TU para observar su localización geográfica.
- v. Diferencial de rendimiento de maíz. Una vez definidas los TU se realizó una prueba ANOVA no paramétrica y por pares (Kruskal-Wallis y Tukey ( $p < 0.05$ ) sobre el rendimiento de maíz observado entre TU.
- vi. Análisis transversal de los resultados entre TU y sus implicaciones de acuerdo con la revisión de literatura.

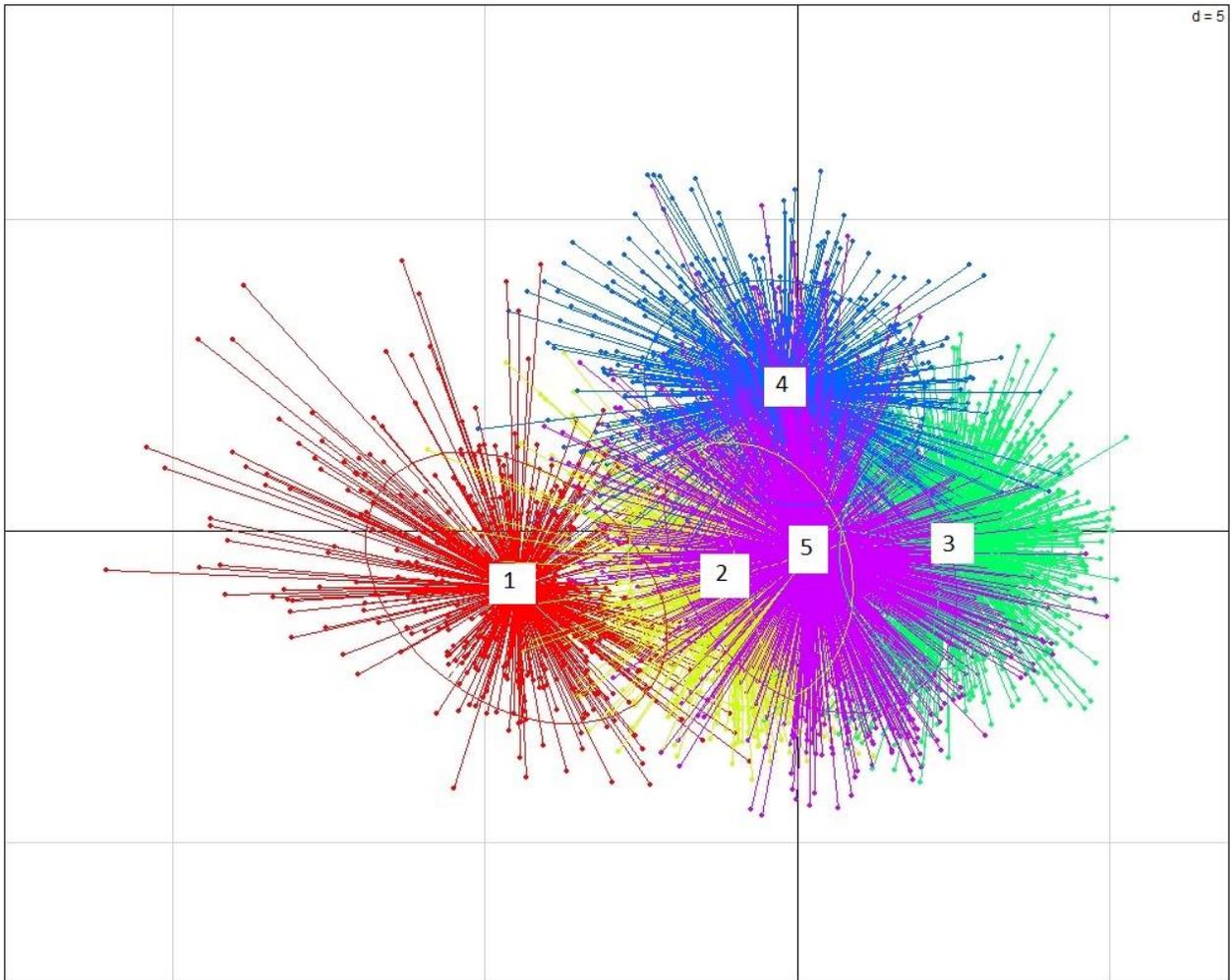
## RESULTADOS

### Agrupación y caracterización de Unidades Económicas Rurales en TU

Tras el ACP se eligieron cinco dimensiones, que explicaron el 33% de la varianza total, y se definieron cinco TU; aunque es un porcentaje relativamente bajo, se mantuvo para observar el comportamiento del resto de dimensiones, con un menor peso estadístico bajo pero relevantes para comprender la dotación de recursos estructurales. Los TU generados fueron: (I) *Unidades agropecuarias con Ingresos Diversificados* (AP, 25%); (II) *Unidades de Baja Mecanización* (BM, 23%); (III) *Unidades Comerciales Tecnificadas* (CT, 8%); (IV) *Unidades de autoconsumo con participación femenina* (AC, 23%), y; (V) *Unidades Semi-comerciales de Familias Envejecidas* (SE, 21%). Los TU se definieron a partir de los valores que se presenta en la Tabla 2 los TU se definieron con base en las dimensiones estructurales (como el acceso a medios de producción como la tierra), funcionales (tales como los medios de vida) y en las sociales (como la configuración y etapa de la familia o los procesos de exclusión de ciertos grupos sociales) que los configuraron.

**Tabla 1. Indicadores y la manera en que se estimaron.**

	Descripción	Unidad	Tipo de dato
Estructurales	Altitud corregida	metros	corregida mediante coordenadas
	Distancia m a centros urbanos (>10 mil hab.)	minutos	calculada GIS
	Valor del jornal en la zona	pesos	datos
	Participación de las mujeres en la agricultura de la zona	% (zona)	0 no participa - 1 participa
	Superficie agrícola	ha	datos
	Superficie en descanso	ha	datos
	Numero de parcelas	número	datos
	Superficie media de parcelas	ha	datos
	Índice de riego de parcelas (0-4)	índice	0 temporal total, 4 riego total
	Índice de relieve de parcelas (1-4)	índice	1 planicie; 2 lomerío; 3 hondonada; 4 cima
	Índice de ciclo productivo (1-3)	índice	PV 1; OI 2; ambos 3
	Índice de ganadería	índice	animales mayores 0.7; cerdos 0.2, menores 0.1. aves 0.001; crías 1/2
	Porcentaje de labores mecanizadas	%	datos
	Índice de maquinaria (0-6)	índice	tractor 5; cada implemento 1/9; propia 1; rentada 0.6; prestada 0.4; no usa 0
	Herramientas manuales	número	datos
	Herramientas de tracción animal	número	datos
Herramientas mecánicas	número	datos	
Funcionales	Ingreso de la finca	pesos / anual	datos
	Ingreso agrícola estimado	pesos / anual	datos
	Ingreso por agricultura	%	datos
	Ingreso por ganadería	%	datos
	Ingreso por jornales	%	datos
	Otros ingresos	%	datos
	Transferencias sociales	%	datos
	Proporción de trabajo fuera de finca	%	datos
	Mano de obra contratada	%	datos
	Índice monocultivo/policultivo	índice (0-1)	monocultivo 1; policultivo 0
	Disponibilidad de maquila en la zona	índice (0-1)	sí 1; no 0
	Gasto promedio en maquila	pesos / ha	datos
	Material genético agrícola	índice (0-1)	criollos 0; criollos seleccionados 0.5, híbridos y mejorados 1
	Maíz total producido	Mg / anual	datos
	Producción por ha de maíz	Mg / ciclo	datos
Meses de abasto de maíz	meses	datos	
Porcentaje de autoconsumo de maíz	%	datos	
Sociales	Habitantes en el hogar	personas	datos
	Dependencia económica de la familia	%	datos
	Edad promedio de la familia	edad	datos
	Escolaridad media de la familia (0-4)	índice	Sin estudios 0; kínder 0.2; primaria 3 años 0.5; primaria 6 años 1; secundaria 2; prepa y técnica 3; licenciatura y posgrado 4
	Perteneciente a etnia (0-1)	índice	indígena 1; no indígena 0
	Proporción de mujeres en la finca	%	datos
	Proporción de mujeres la agricultura	%	datos
	Toma de decisiones mujeres agricultura	índice (0-1)	No participa 0; no toma decisiones 0.2; hace sugerencias 0.5. toma decisiones 1
	Consumo de maíz per cápita	k / mes	datos
	Demanda adicional de maíz per cápita	k / mes	datos
	Consumo de carne semanal	días / semana	datos
Meses de ingreso constante	meses	datos	
Ahorro de ingreso	%	datos	



**Figura 1.** Agrupación dimensional de grupos dentro del ACP.

Se puede ver que las variables estructurales ayudan a identificar patrones importantes en la capacidad productiva de la propia finca, como la superficie, la pendiente, o la misma altitud. Esto coincide en lo general con el modelo binomial, creando un rango entre la alta producción y la subsistencia. En el caso de la manera en que se usan esos recursos, comienza a formarse un tercer grupo, que es intermedio, y donde la fuente de ingreso pasa de la concepción de la agricultura a modelos diferenciados, donde incluso la agricultura pasa a ser secundaria, principalmente visto desde el ingreso y el manejo del cultivo de maíz. Es la tercera dimensión, la social, la que contribuye a identificar otros elementos que normalmente se ignoran por su peso indirecto. Se puede ver que la edad de la familia, así como la participación de las mujeres, indican que hay procesos sociales que alteran la relación de los factores de producción, como la disponibilidad de la mano de obra o la exclusión de acceso programas e insumos (basados en la titularidad de la tierra). Finalmente, en caso de las unidades con

tendencia indígena, muestra que tienen las unidades en condiciones menos propicias, como temporales en cima con baja mecanización o lejanos a ciudades.

Al aislar algunas de las variables, es más visible que la infraestructura que se tiene y el grado de tecnificación son fundamentales en la expresión del rendimiento del maíz, pero la adición de variables sociales ayuda a comprender las condicionantes que explican por un lado dicho grado en su capacidad productiva, y por otro comprender otros factores que limitan que el potencial productivo se exprese en su óptimo, debido a procesos de segregación o exclusión social; e incluso, por sus objetivos en el uso del maíz dentro de sus modos de vida. Si bien la relevancia de la dimensión estructural es la que tiene un mayor peso estadístico, el matiz que hacen las dos dimensiones subsiguientes ayudan a entender por qué han fallado muchos de los modelos de intervención previos, que sólo visualizan las diferencias como un problema de escala y no de exclusión.

**Tabla 2. Caracterización de los TU. Superíndices donde no hay diferencia estadística (<sup>a</sup>,<sup>b</sup>).**

			AP (839, 25%)	BM (771, 23%)	CT (275, 8%)	AC (789, 23%)	SE (714, 21%)
Descripción		Unidad	media	media	media	media	media
Estructurales	Altitud corregida	metros	2,168	837	1,862 <sup>a</sup>	1,398	1,947 <sup>a</sup>
	Distancia m centros urbanos (>10 mil hab.)	minutos	27 <sup>a</sup>	44	26 <sup>a</sup>	64	35
	Valor del jornal en la zona	pesos	155 <sup>b</sup>	131 <sup>a</sup>	160 <sup>b</sup>	127 <sup>a</sup>	156 <sup>b</sup>
	Participación de las mujeres en la agricultura local	% (zona)	0.8 <sup>a</sup>	0	0	1	1 <sup>a</sup>
	Superficie agrícola	ha	2.4 <sup>a</sup>	3	7	2	2 <sup>a</sup>
	Superficie en descanso	ha	0.2 <sup>a</sup>	1	0 <sup>a</sup>	0	0 <sup>a</sup>
	Numero de parcelas	número	2	1	2	1	1
	Superficie media de parcelas	ha	1.8 <sup>a</sup>	3	3	2	2 <sup>a</sup>
	Índice de riego de parcelas (0-4)	índice	0.3	0 <sup>a</sup>	1	0 <sup>a</sup>	0
	Índice de relieve de parcelas (1-4)	índice	1.3 <sup>a</sup>	1	1	2	1 <sup>a</sup>
	Índice de ciclo productivo (PV-OI) (1-3)	índice	1.1 <sup>b</sup>	1 <sup>a</sup>	1	1 <sup>a</sup>	1 <sup>b</sup>
	Índice de ganadería	índice	3.7 <sup>b</sup>	3 <sup>a</sup>	6 <sup>b</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
	Porcentaje de labores mecanizadas	%	48.7	19	67	5	42
	Índice de maquinaria (0-6)	índice	2.6	1	4	0	2
	Herramientas manuales	número	9.4	6 <sup>a</sup>	9	5 <sup>a</sup>	6
	Herramientas de tracción animal	número	0.8	0	1 <sup>a</sup>	0	1 <sup>a</sup>
	Herramientas mecánicas	número	0.7	0 <sup>a</sup>	4	0	0 <sup>a</sup>
Funcionales	Ingreso de la finca	pesos / anual	57,766	43,728 <sup>a</sup>	125,860	27,495	38,342 <sup>a</sup>
	Ingreso agrícola estimado	pesos / anual	6,641	20,403	122,093	2,823	11,001
	Ingreso por agricultura	%	32	70 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>	45	56
	Ingreso por ganadería	%	19	8 <sup>a</sup>	17	7 <sup>a</sup>	15
	Ingreso por jornales	%	6 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	2	15	5 <sup>a</sup>
	Otros ingresos	%	35	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	10	8 <sup>a</sup>
	Transferencias sociales	%	6	8	3	19	11
	Proporción de trabajo fuera de finca	%	40 <sup>b</sup>	33 <sup>a</sup>	37 <sup>a</sup>	43 <sup>b</sup>	34 <sup>a</sup>
	Mano de obra contratada	%	26 <sup>a</sup>	34 <sup>b</sup>	40 <sup>b</sup>	23 <sup>a</sup>	34 <sup>b</sup>
	Índice monocultivo/policultivo	índice (0-1)	0.1 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0	0 <sup>a</sup>
	Disponibilidad de maquila en la zona	índice (0-1)	1 <sup>a</sup>	1	1 <sup>a</sup>	0	1 <sup>a</sup>
	Gasto promedio en maquila	pesos / ha	2,072 <sup>a</sup>	1,036	2,230 <sup>a</sup>	675	2,160 <sup>a</sup>
	Material genético agrícola	índice (0-1)	0.6	1	1	1	1
	Maíz total producido	Mg / anual	4.565	7.762	30.018	2.453	5.199
	Producción por ha de maíz	Mg / ciclo	2.300	3.024	6.091	1.421	2.564
Meses de abasto de maíz	meses	10.4 <sup>a</sup>	10	10	10	11 <sup>a</sup>	
Porcentaje de autoconsumo de maíz	%	70	30	25	81	50	
Sociales	Habitantes en el hogar	personas	3.9	3	4 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	2
	Dependencia económica de la familia	%	18.2	26 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	23 <sup>a</sup>	61
	Edad promedio de la familia	edad	41.5	47	46	45	65
	Escolaridad media de la familia (0-4)	índice	1.6	1	1	1	1
	Perteneciente a etnia (0-1)	índice	0.2 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	1	0 <sup>a</sup>
	Proporción de mujeres en la finca	%	49.3 <sup>a</sup>	45	50 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>
	Proporción de mujeres la agricultura	%	56.9 <sup>a</sup>	14	25	65	54 <sup>a</sup>
	Toma de decisiones mujeres agricultura	índice (0-1)	42.9 <sup>a</sup>	22 <sup>b</sup>	26 <sup>b</sup>	55	51 <sup>a</sup>
	Consumo de maíz per cápita	k / mes	17.3 <sup>a</sup>	21	17 <sup>a</sup>	26 <sup>b</sup>	27 <sup>b</sup>
	Demanda adicional de maíz per cápita	k / mes	3.4	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	5	2 <sup>a</sup>
	Consumo de carne semanal	días / semana	2.1	2 <sup>a</sup>	2	1	2 <sup>a</sup>
	Meses de ingreso constante	meses	9	6	7 <sup>a</sup>	6	7 <sup>a</sup>
	Ahorro de ingreso	%	5.9 <sup>a</sup>	11 <sup>b</sup>	9 <sup>b</sup>	7 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>

**Tabla 3. Variables explicativas de las brechas TU.**

	Descripción	Unidad	AP	BM	CT	AC	SE
			Media	Media	media	Media	media
Estructural	Superficie agrícola	ha	2.4	3	7	2	2
	Superficie media de parcelas	ha	1.8	3	3	2	2
	Índice de ganadería	índice	3.7	3	6	2	3
	Porcentaje de labores mecanizadas	%	48.7	19	67	5	42
Funcionales	Ingreso de la finca	pesos / anual	57,766	43,728	125,860	27,495	38,342
	Ingreso por agricultura	%	32	70	70	45	56
	Ingreso por ganadería	%	19	8	17	7	15
	Ingreso por jornales	%	6	6	2	15	5
	Otros ingresos	%	35	6	7	10	8
	Transferencias sociales	%	6	8	3	19	11
	Maíz total producido	Mg / anual	4.565	7.762	30.018	2.453	5.199
	Producción por ha de maíz	Mg / ciclo	2.300	3.024	6.091	1.421	2.564
	Porcentaje de autoconsumo de maíz	%	70	30	25	81	50
Sociales	Dependencia económica de la familia	%	18.2	26	26	23	61
	Edad promedio de la familia	edad	41.5	47	46	45	65
	Escolaridad media de la familia (0-4)	índice	1.6	1	1	1	1
	Perteneciente a etnia (0-1)	índice	0.2	0	0	1	0
	Proporción de mujeres la agricultura	%	56.9	14	25	65	54

### Ubicación y proporción estatal de los diferentes tipos de unidades

La distribución y ubicación de los TU en la región de estudio muestra patrones que se consideran relevantes. Las *Unidades Agropecuarias con ingresos Diversificados (AP)* y *Unidades Semi-comerciales de Familias Envejecidas (SE)* se encontraron principalmente en la zona del Altiplano y Bajío, concentrándose en los estados de México, Tlaxcala, Puebla, Querétaro y Guanajuato, y en menor medida en Oaxaca y Guerrero e incluso Chiapas. Las *Unidades de Baja mecanización (BM)* dominaron en Chiapas, Veracruz y Guerrero, con una baja proporción en México, Querétaro, Puebla y Guanajuato; Hidalgo fue el único estado que no contó con este TU. Las *Unidades Comerciales Tecnificadas (CT)* se agrupan en la zona de Bajío en los estados de Guanajuato, Michoacán y Querétaro, y una parte de Puebla-Tlaxcala. Finalmente, las *Unidades de autoconsumo con participación femenina (AC)* tienen su mayor presencia en Oaxaca, Guerrero, Veracruz y Chiapas, siendo Guanajuato y Puebla donde no se observaron unidades de este tipo. Un resultado interesante fue observar que existe una diferencia entre las proporciones de TU entre la zona Altiplano-Bajío y Sur, concentrando a las unidades con mayores dificultades productivas hacia el sur.

### Brechas productivas entre TU

En el caso del rendimiento de maíz se encontraron diferencias importantes entre cada TU. Se presentaron distintos rangos en el peso obtenido en grano; tres de ellas con un margen pequeño entre ellas, pero con diferencias significativas. La mayor brecha la presentó el rendimiento entre *Unidades Comerciales Tecnificadas (CT)* ( $6.09 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) y *Unidades de autoconsumo con participación femenina (AC)* con una diferencia de  $4.67 \text{ Mg ha}^{-1}$ . La menor brecha yace entre las *Unidades Semi-comerciales de Familias Envejecidas (SE)* y las *Unidades Agropecuaria con Ingresos Diversificados (AP)* con un valor de  $0.26 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

La diferencia de las unidades con mayor rendimiento respecto a las demás superó los  $3 \text{ Mg ha}^{-1}$  en todos los casos, mostrando una amplia brecha en la expresión de resultados alcanzados. En el caso de las unidades con el menor rendimiento, la menor diferencia con las demás fue de  $0.88 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Las unidades restantes mostraron una brecha de menor tamaño, llegando incluso a apenas  $0.26 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Sin embargo, las diferencias fueron estadísticamente significativas en los tres casos. De esta manera, se observó una diferencia marcada en los rendimientos, con brechas que se pueden asociar a las características de los TU.

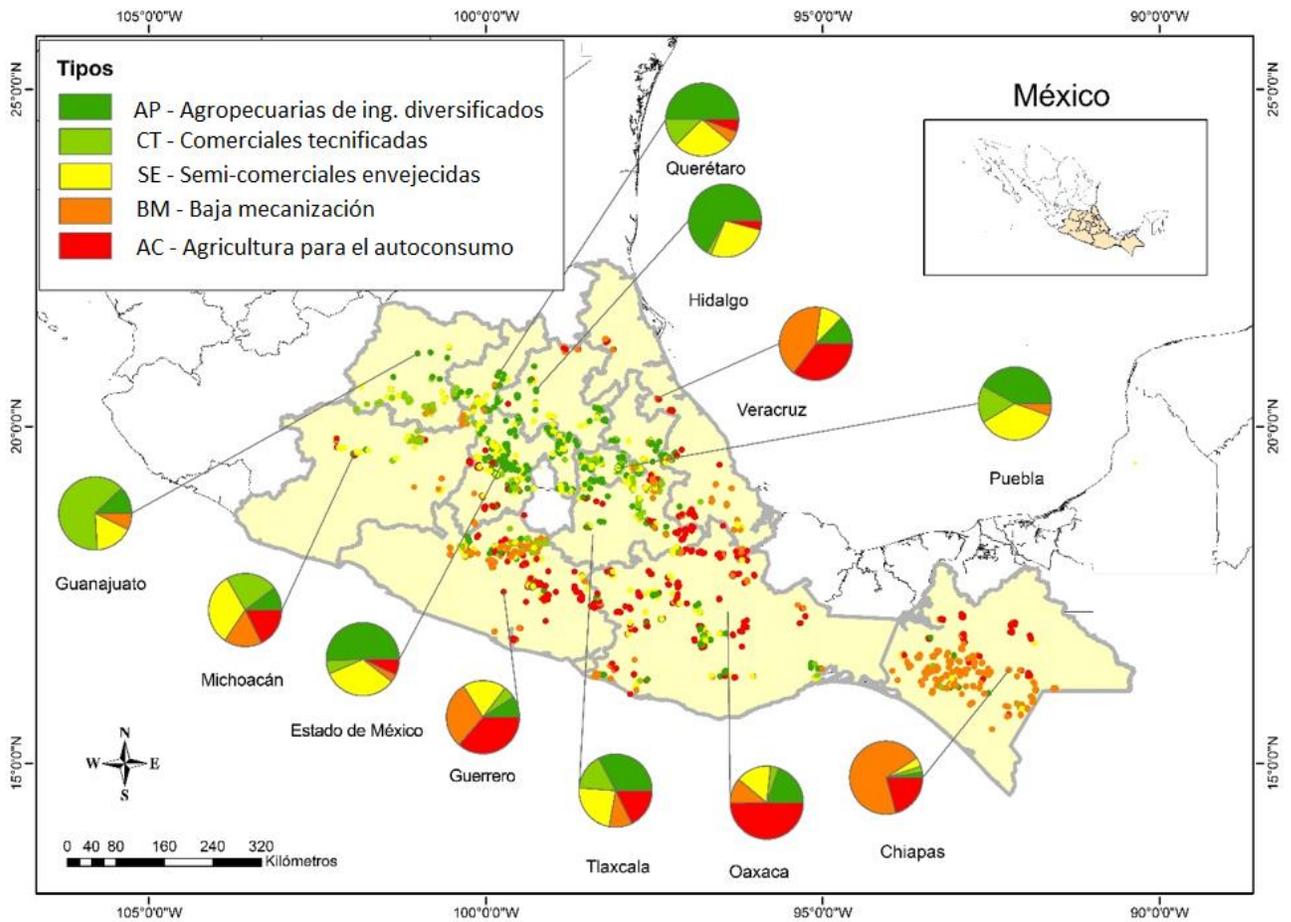


Figura 2. Concentración geográfica de los TU. Elaboración propia.

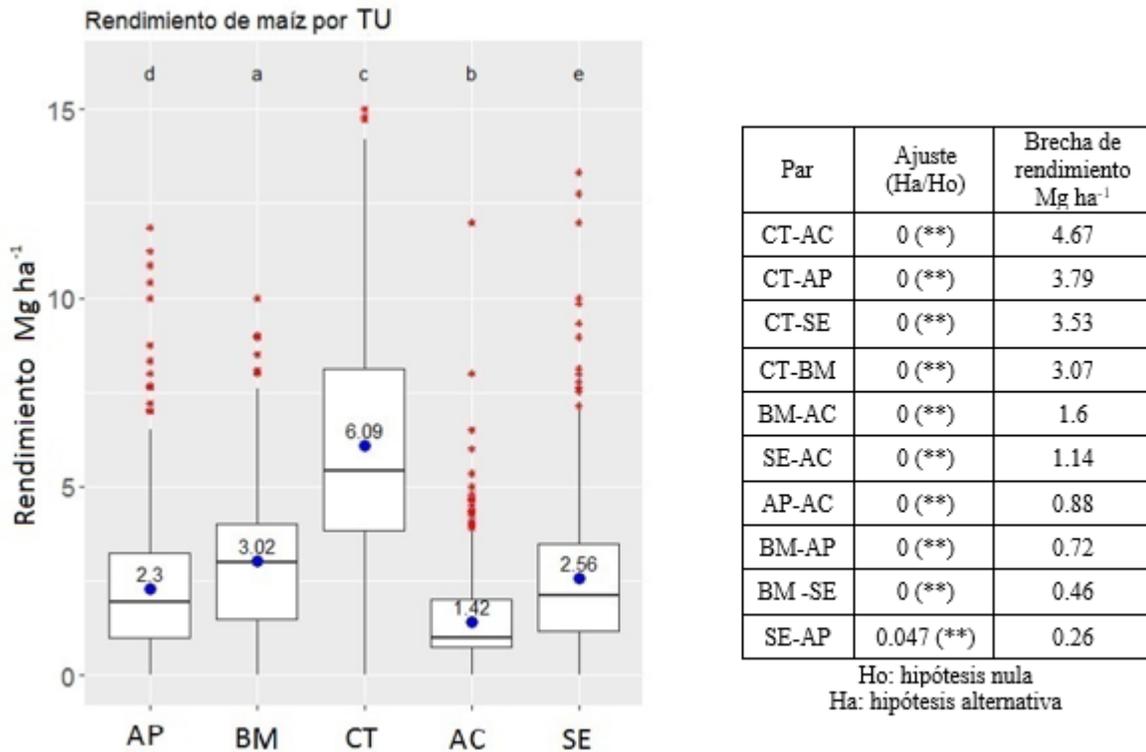


Figura 3. Brecha en rendimiento de maíz en grano por TU.

## DISCUSIÓN

El análisis de tipologías permite elaborar una explicación integral sobre las brechas productivas del maíz a través de las dimensiones estructurales, funcionales y sociales que distinguen a las diferentes unidades de producción. Esta explicación evidencia cómo el rendimiento de maíz en México es afectado no sólo por los factores biofísicos y técnicos comúnmente considerados en las brechas de rendimiento (Lobell, et ál., 2010), sino también por elementos económicos y procesos de desigualdad respecto a sus recursos productivos (Asante, et ál., 2019; Huyer, 2016), tanto físicos y humanos como del grado de desarrollo socioeconómico de su entorno. Los resultados obtenidos en este estudio sobre brechas productivas entre unidades productoras de maíz del Centro y Sur de México ilustran lo anterior.

La brecha productiva más amplia se encuentra entre las *Unidades Comerciales Tecnificadas (CT)* y las unidades restantes, con un rango entre 3 a 5  $Mg\ ha^{-1}$ . Estas unidades se distinguen de las demás en su dimensión estructural, ya que son las que cuentan con las mayores superficies agrícolas (más del doble que la unidad más cercana) y mayor tecnificación de riego y nivel de mecanización; es decir. La disponibilidad de medios de producción, que también implica insumos como variedades mejoradas de maíz, explica por qué sus ingresos son mayormente agrícolas, siendo quienes más producen y venden maíz. Estas unidades presentaron el mayor consumo de carne y el menor consumo per cápita de maíz, tendencia que caracteriza a las familias mexicanas con mayores ingresos (Miranda, 2005). Estas unidades han sido descritas en la literatura para ilustrar el proceso de modernización y tecnificación de la agricultura que ha favorecido las zonas Norte y Centro del país (Fox y Haight, 2010; Sweeney, et ál., 2013). Representan el extremo de la agricultura empresarial tecnificada en el Modelo Binomial (Eakin, et ál., 2014) que alcanza los rendimientos más altos debido a los medios de producción con los que cuenta.

Las *Unidades de autoconsumo con participación femenina (AC)* se ubican en segundo lugar respecto al margen de las brechas productivas, pero con rangos muy amplios que van de 4.67  $Mg\ ha^{-1}$  respecto a las *Unidades Comerciales Tecnificadas (CT)* a 0.88  $Mg\ ha^{-1}$  respecto a las *Unidades Agropecuarias con Ingresos Diversificados (AP)*. Son las unidades más alejadas de los centros urbanos, las que cuentan con la menor superficie agrícola, en condiciones de lomerío, lo que ayuda a explicar porque su nivel de mecanización es el más bajo. Cultivan en condiciones de temporal, y muestran la menor producción de maíz, destinada prácticamente en su totalidad para autoconsumo humano. Presentan los menores ingresos

agrícolas, complementados con trabajo como jornaleros y por programas de protección social (transferencias directas). Sus características distintivas recayeron en la dimensión social, como la mayor participación y toma de decisión de las mujeres en actividades agrícolas (debido principalmente a la migración de la mano de obra masculina) y una dominancia de presencia indígena; en contraste con la estructural, ya que tuvieron la menor dotación en todos los recursos productivos. Estas unidades también coinciden con la literatura, y se han usado para ilustrar el otro extremo del Modelo Binomial, una agricultura campesina de autoconsumo que obtiene los menores rendimientos (Eakin, et ál., 2014). Muchos autores consideran que estas unidades han sido típicamente marginadas por procesos de desigualdad histórico-estructurales, lo que ha afectado más a los pueblos indígenas, y especialmente a las mujeres (Barkin, 2002; Ramírez, 2011; CEPAL, 2019). Estas características sociales, tanto la condición indígena como de mujeres (ya sea como productoras o como participantes del proceso productivo), ayudan a comprender el motivo de que estas unidades tengan los rendimientos más bajos, ya que estos atributos se relacionan con un menor acceso y control de los medios de producción (Appendini, 2009; Huyer, 2016).

Las *Unidades de Baja Mecanización (BM)* presentan valores intermedios en sus brechas con otros TU, por lo que comparten características parcialmente con algunas de ellas en sus dimensiones estructurales, funcionales y sociales. Sin embargo, la característica que las distingue es que se encuentran ubicadas en zonas de menor altitud como Chiapas y en menor medida Veracruz y Guerrero. Comparten características con las *Unidades Comerciales Tecnificadas (CT)*, ya que su ingreso proviene mayormente de la agricultura y se encuentran usando insumos como variedades mejoradas de maíz, aunque a una menor escala, ya que cuentan con menores superficies agrícolas. Esto se traduce en una menor producción y comercialización de maíz. Tienen bajos niveles de mecanización y la falta de ingresos constantes, al igual que las *Unidades de autoconsumo con participación femenina (AC)*, pero se distinguen de ellas porque son las unidades con menor participación y toma de decisiones de las mujeres en actividades agrícolas, además de que presentan la mayor capacidad de ahorro de sus ingresos. Son unidades de producción que reflejan el proceso parcial de modernización agrícola en los trópicos, ya que se ha promovido el uso de insumos sin necesariamente complementarlo con un desarrollo en mecanización (Bellon y Hellin, 2011; Max, et ál., 2012).

Finalmente, la brecha productiva más corta la presenta la relación entre *Unidades Semi-comerciales con*

*Familias Envejecidas (SE)* y *Unidades Agropecuarias con Ingresos Diversificados (AP)*, con un valor promedio de  $0.26 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Son Unidades que comparten características entre sí. Comparten tamaños de superficies y niveles de mecanización, lo que habla de acceso similar a medios de producción. Sin embargo, la distribución de sus ingresos es diferente. El ingreso de las *Unidades Semi-comerciales con Familias Envejecidas (SE)* dependen de las actividades agrícolas, pecuarias y transferencias sociales, por lo que comercializan gran parte del maíz que producen. Por su parte, las *Unidades Agropecuarias con Ingresos Diversificados (AP)* reciben la mayor parte de sus ingresos de actividades no agrícolas y en un segundo momento de actividades agrícolas y pecuarias. De hecho, son las unidades que se encuentran más cercanas a los centros urbanos y que reflejan el proceso de diversificación que se ha extendido a los espacios urbanos (Cortez-Arriola, et ál., 2015; Kay, 2015). Estas unidades también se diferencian por la configuración y la etapa de vida de las familias. Para el caso de las *Unidades Semi-comerciales con Familias Envejecidas (SE)*, están conformadas por familias con el menor número de miembros y con la mayor edad familiar promedio, lo que ilustra el proceso de envejecimiento que ocurre en la población rural agropecuaria en México (FAO, 2014b; FAO, 2018). En contraste, las familias de las *Unidades Agropecuarias con Ingresos Diversificados (AP)* son las más numerosas y con la menor edad familiar promedio. Presentan los niveles de educación más alto (parcialmente por la urbanización), lo que les permite ser “familias multiuso” y trabajar en actividades no agrícolas (Salas-Quintanal y González-De La Fuente, 2014; Cortez-Arriola, et ál., 2015). Aun cuando la brecha de rendimiento que presentan es la más corta, sus estrategias de vida y las configuraciones familiares llaman a diferentes esquemas de intervención para aumentar su productividad.

## CONCLUSION

La aplicación de una metodología de Análisis de Componentes Principales para explicar las brechas productivas permite avanzar en la comprensión del complejo tema de productividad del maíz en México. Este avance consiste primeramente en reconocer que entre los dos sistemas que representan el Modelo Bimodal, es decir el empresario-comercial y el campesino de autoconsumo, existen otros sistemas que también son relevantes, como los sistemas de baja mecanización o los semi-comerciales de familias envejecidas o los de autoconsumo, ya sea humano o animal, para generar un ingreso diversificado, vinculados a un patrón geográfico. En segundo lugar, permite identificar características que distinguen a cada tipo y que terminan definiendo las brechas productivas entre ellos mediante el acceso a los medios

de producción, la configuración de los medios de vida o los procesos históricos de exclusión de ciertas identidades. Como un tercer punto de avance se puede hacer referencia a la importancia de tomar en cuenta la configuración y la etapa de vida de las familias para entender y definir intervenciones que respondan a sus variados desafíos. En su conjunto, esto permite concluir que la productividad agrícola del maíz no sólo es afectada por los procesos de modernización al campo mexicano, sino también por procesos de urbanización-diversificación, envejecimiento y de exclusión social histórica y estructural. Comprender e incorporar la heterogeneidad del sector rural mexicano en los diagnósticos y planes de trabajo es relevante para definir estrategias diferenciadas que respondan a desafíos específicos que se tienen para aumentar la productividad del maíz en México.

## Agradecimientos

**Financiamiento:** Se agradece a la SAGARPA, a través del programa Proagro Productivo (2017), al CIMMYT y al CRP-MAIZ del CGIAR por el financiamiento y las facilidades para desarrollar este trabajo, así como el apoyo técnico de los productores, asesores técnicos y personal del Programa MasAgro Productor, quienes facilitaron la obtención de información.

**Conflicto de intereses:** No se reconocen potenciales conflictos de interés ni durante el proceso de investigación ni de divulgación de ninguno de los autores con las instituciones financiadoras o los participantes de la investigación.

**Cumplimiento de Estándares de comportamiento ético:** Los estudios del Programa de Socioeconomía siguen los principios del Comité de Ética del CIMMYT para el trato digno y la protección de datos de los sujetos humanos.

**Disponibilidad de bases de datos:** La información colectada contiene información sensible sobre las unidades, sus recursos y su ubicación, por lo que para poder acceder a ella se requiere solicitarla de manera formal a la institución a través del autor de correspondencia, de acuerdo con la normatividad vigente.

## REFERENCIAS

- Aguilar, J., Illsley, C., and Marielle, C., 2003. Los sistemas agrícolas de maíz y sus procesos técnicos. Sin Maíz No Hay País, pp. 83–122. [PDF]  
[https://www.academia.edu/3432016/Los\\_sistemas\\_agricolas\\_de\\_maiz\\_y\\_sus\\_procesos\\_tecnicos](https://www.academia.edu/3432016/Los_sistemas_agricolas_de_maiz_y_sus_procesos_tecnicos)  
 [Consultado marzo 2019]

- Alvarez, S., Paas, W., Descheemaeker, K., Tittone, P., and Groot, J., 2014. Typology construction, a way of dealing with farm diversity: General guidelines for Humidtropics. Wageningen, The Netherlands: Wageningen University. [Online] Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/65374> [Consultado enero de 2019]
- Appendini, K., 2009. Economic liberalization, changing livelihoods and gender dimensions in rural Mexico Economic liberalization, changing livelihoods and gender dimensions in rural Mexico livelihoods and gender dimensions in rural Mexico. Rome, Italy. [PDF] <http://www.fao.org/3/i1638e/i1638e.pdf> [Consultado marzo 2019]
- Asante, B.O., Temoso, O., Addai, K.N., Villano, R.A., 2019. Evaluating productivity gaps in maize production across different agroecological zones in Ghana. *Agric. Syst.* 176, 102650. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102650>
- Banerjee, H., Goswami, R., Chakraborty, S., Dutta, S., Majumdar, K., Satyanarayana, T., Zingore, S., 2014. Understanding biophysical and socio-economic determinants of maize (*Zea mays L.*) yield variability in eastern India. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 70, 79–93. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2014.08.001>
- Baral, S., and Bardhan, D., 2016. Multivariate Typology of Milk Producing Households in Uttarakhand Hills: Explaining Profitability in Dairy Farming. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 71(2), 160–175. [PDF] <https://ageconsearch.umn.edu/record/302202/files/08-D%20Bardhan-01.pdf> [Consultado enero 2019]
- Barkin, D., 2002. The Reconstruction of a Modern Mexican Peasantry. *Journal of Peasant Studies*, 30(1), 73–90. <https://doi.org/10.1080/03066150412331333242>
- Bello, A., y Rangel, M., 2002. La equidad y la exclusión de los pueblos indígenas y afrodescendientes en América Latina y el Caribe. *División de Desarrollo Social. Revista de la CEPAL* 76. Pp 39-54. [Online] Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/10800/076039054\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/10800/076039054_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [Consultado febrero de 2019]
- Bellon, M. and Berthaud, J., 2002. Transgenic Maize and the Evolution of Landrace Diversity in Mexico. *The Importance of Farmers' Behavior. Plant Physiol.* Vol. 134, March 2004. Pp 883-888. [PDF] Disponible en: <http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/134/3/883.full.pdf> [Consultado febrero de 2019]
- Bellon, M. R., and Hellin, J., 2011. Planting hybrids, keeping landraces: agricultural modernization and tradition among small-scale maize farmers in Chiapas, Mexico. *World Development*, 39(8), 1434–1443. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.12.010>
- Berre, D., Baidron, F., Kassie, M., Craufurd, P., Lopez-Ridaura, S., 2016. Different ways to cut a cake: comparing expert-based and statistical typologies to target sustainable intensification technologies, a case-study in Southern Ethiopia. *Exp. Agric.* 1–17. <http://doi.org/10.1017/S0014479716000727>
- Bidogeza, J. C., Berentsen, P. B. M., De Graaff, J., and Oude Lansink, A. G. J. M., 2009. A typology of farm households for the Umurara region in Rwanda. *Food Security*, 1(3), 321–335. <https://doi.org/10.1007/s12571-009-0029-8>
- Camacho-Villa, T.C., Barba-Escoto, L., Burgueño-Ferreira, J., R. Tickamyer, A., Glenna, L., Lopez-Ridaura, S., 2019. Diversity of small-scale maize farmers in the Western Highlands of Guatemala, in: Sachs, C.E. (Ed.), *Gender, Agriculture and Agrarian Transformations*. Routledge, pp. 93–110. <https://doi.org/10.4324/9780429427381-6>
- Castillo, J. and Chávez, C., 2012. Caracterización campesina del manejo y uso de la diversidad de maíces en San Felipe del Progreso, Estado de México. *ASyD* 10: 23-38. 2013. 16 pp. [PDF] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v10n1/v10n1a2.pdf> [Consultado marzo de 2019]
- Cattell, R. B., and Vogelmann, S., 1977. A comprehensive trial of the scree and KG criteria for determining the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 12(3), 289-325. [https://doi.org/10.1207/s15327906mbr1203\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327906mbr1203_2)
- CEDRSSA, 2014. Consumo, distribución y producción de alimentos: el caso del complejo maíz-tortilla. Septiembre de 2014. LXII Legislatura. Cámara de Diputados. México. 15 pp. [PDF] Disponible en: [http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/40Reporte\\_ma%C3%ADz-](http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/40Reporte_ma%C3%ADz-)

- tortilla\_septiembre\_2014.pdf [Consultado enero de 2019]
- CEPAL, 2019. Panorama social: LC/PUB.201. Ed. Panorama Social de América Latina. Santiago de Chile. <https://doi.org/10.2307/j.ctv550d07.6>
- CEPAL, 1981. Economía campesina y agricultura empresarial: tipología de productores del agro mexicano. Naciones Unidas. [Online] Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25265/S8100382\\_es.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25265/S8100382_es.pdf?sequence=2&isAllowed=y) [Consultado febrero de 2019]
- Contzen, S and Forney, J., 2016. Family farming and gendered division of labour on the move - a typology of farming-family configurations. *Agric Hum Values* (2017) 34:27–40. <https://doi.org/10.1007/s10460-016-9687-2>
- Cortez-Arriola, J., Rossing, W. A. H., Massiotti, R. D. A., Scholberg, J. M. S., Groot, J. C. J., and Tittonell, P., 2015. Leverages for on-farm innovation from farm typologies? An illustration for family-based dairy farms in north-west Michoacán, Mexico. *Agricultural Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.12.005>
- DOF, 29-12-2017. Acuerdo por el que se dan a conocer las Reglas de Operación del Programa de Fomento a la Agricultura de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación para el ejercicio 2018. *Diario Oficial de la Federación*, 29 diciembre de 2017. [Online] Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5509548&fecha=29/12/2017](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5509548&fecha=29/12/2017)
- Eakin, H., Perales, H., Appendini, K., and Sweeney, S., 2014. Selling maize in Mexico: The persistence of peasant farming in an era of global markets. *Development and Change*, 45(1), 133–155. <https://doi.org/10.1111/dech.12074>
- Echánove, F., 2001. Abastecimiento a la Ciudad de México: el caso de los pequeños productores de fresa de Guanajuato. *Revista Investigaciones Geográficas*. No. 45, agosto. México. <https://doi.org/10.14350/rig.59149>
- Even, M. and Matus, S., 2014. Implementation of WAW International Typology: Synthesis Report of seven national case studies (Argentina, Brazil, France, Madagascar, Malawi, Nicaragua, Vietnam). FAO. WAW Secretariat. Pp 109. [PDF] <http://www.fao.org/3/a-b1334e.pdf> [Consultado en noviembre 2019]
- FAO, 2014a. Diagnóstico del sector rural y pesquero de México 2012. FAO-SAGARPA. 45 pp. [PDF] Disponible en: <http://www.sagarpa.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/47/1%20Diagn%C3%B3stico%20de%20sector%20rural%20y%20pesquero.pdf> [Consultado julio de 2018]
- FAO, 2014b. Estudio sobre el envejecimiento de la población rural en México. México. Pp 43. [PDF] Disponible en: <http://cmdrs.sader.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-2-estudio-sobre-el-envejecimiento-de-la-poblacion-rural-en-mexico.pdf> [Consultado julio de 2018]
- FAO, 2018. México rural del Siglo XXI. Ciudad de México. [PDF] Disponible en: <http://www.fao.org/3/i9548es/I9548ES.pdf> [Consultado enero de 2019]
- Fierros, I., and Sophie, V., 2017. Medios de vida sustentables y contexto de vulnerabilidad de los hogares rurales de México. *Revista Problemas Del Desarrollo*, octubre-diciembre de 2017. 191(48), 107–132. [Online] Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/pde/article/download/58747/54569> [Consultado enero de 2019]
- FIRA, F.I. en R. con la A., 2016. Panorama Agroalimentario, Maíz 2016, Dirección de Evaluación y Evaluación Económica y Sectorial. [PDF] Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama\\_Agroalimentario\\_Maiz\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Maiz_2016.pdf) [Consultado marzo de 2019]
- Fox, J., and Haight, L., 2010. Subsidizing inequality: Mexican corn policy since NAFTA. Woodrow Wilson International Center for Scholars, Centro de Investigación y Docencia Económicas, University of California, Santa Cruz. [PDF] Disponible en: [https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Subsidizing%20Inequality\\_0.pdf](https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Subsidizing%20Inequality_0.pdf) [Consultado marzo de 2019]
- Gonzales, H. and Macías, A., 2007. Vulnerabilidad alimentaria y política agroalimentaria en México. *Desacatos*, No. 25. Septiembre-diciembre 2007, Pp 47-78. Centro de investigaciones y estudios superiores en antropología social. CONACYT. México. [PDF] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/139/13902503.pdf> [Consultado marzo de 2019]

- González-Amaro, R., Martínez-Bernal, A., Basurto-Peña, F. and Vibrans, H., 2009. Crops and non-crop productivity in a traditional maize agroecosystem of the highland of Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2009, 5:38 doi:10.1186/1746-4269-5-38. 9 pp. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-5-38>
- Harwood, J., 2009. Peasant Friendly Plant Breeding and the Early Years of the Green Revolution in Mexico. *Agricultural History*, Vol. 83, No. 3 (SUMMER 2009), pp. 384-410. [Online] Disponible en: [https://www.jstor.org/stable/40607496?seq=1#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/40607496?seq=1#metadata_info_tab_contents) [Consultado enero de 2019]
- Hatton, T. and Williamson, J., 1992. What explains wage gaps between farm and city? Exploring the Todaro model with American evidence, 1980-1941. University of Chicago. 28 pp. 0013-0079/92/4002-0019\$01.00 <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdfplus/10.1086/451940>
- Huyer, S., 2016. Closing the Gender Gap in Agriculture. *Gend. Technol. Dev.* 20, 105–116. <https://doi.org/10.1177/0971852416643872>
- Kassambara Albukadel and Mundt Fabian., 2017. factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.4. <https://doi.org/10.1177/0971852416643872>
- Kassambara, A., 2017. Practical guide to cluster analysis in R: unsupervised machine learning (Vol. 1). STHDA. [PDF] Disponible en: [https://www.datanovia.com/en/wp-content/uploads/dn-tutorials/book-preview/clustering\\_en\\_preview.pdf](https://www.datanovia.com/en/wp-content/uploads/dn-tutorials/book-preview/clustering_en_preview.pdf) [Consultado noviembre de 2018]
- Kay, C., 2015. The Agrarian Question and the Neoliberal Rural Transformation in Latin America. *ERLACS*, (100), 73–83. [Online] Disponible en: <https://www.erlacs.org/articles/abstract/10.18352/erlacs.10123/> [Consultado enero de 2019]
- Köbrich, C., Rehman, T. and Khan, M., 2002. Typification of farming systems for constructing representative farm models: two illustrations of the application of multi-variate analyses in Chile and Pakistan. *Agricultural Systems* 76 (2003) 141–157. PII: S0308-521X (02)00013-6. [Online] Disponible en: <https://ideas.repec.org/a/eee/agisys/v76y2003i1p141-157.html> [Consultado enero de 2019]
- Krugman, P., 1994. The Age of Diminishing Expectations. Cap: Defining and measuring productivity. Third Edition. Jenson Book Inc. [Disponible en:] <https://www.amazon.com/Age-Diminished-Expectations-Third-Economic/dp/0262611341> [Consultado febrero de 2019]
- Landais, E., 1998. Modelling farm diversity: new approaches to typology building in France. *Agricultural systems*, 58(4), 505-527. [Online] Disponible en: <https://ideas.repec.org/a/eee/agisys/v58y1998i4p505-527.html>
- Lê, S., Josse, J., and Husson, F., 2008. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. *Journal of statistical software*, 25(1), 1-18. [Online] Disponible en: <https://www.jstatsoft.org/article/view/v025i01> [Consultado noviembre de 2018]
- Lobell, D.B., Cassman, K.G., Field, C., 2010. Crop Yield Gaps: Their Importance, Magnitudes, and Causes. *Ssrn*. <https://doi.org/10.1146/annurev.environ.041008.093740>
- Lores, A., Leyva, A. y Varela, M., 2008. Los dominios de recomendaciones: establecimiento e importancia para el Análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, vol. 29, núm. 3, 2008, pp. 5-10. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. [PDF] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193221653001.pdf> [Consultado diciembre de 2018]
- Mądry, W., Mena, Y., Roszkowska-Mądra, B., Gozdowski, D., Hryniewski, R., and Castel, J. M., 2013. An overview of farming system typology methodologies and its use in the study of pasture-based farming system: a review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(2), 316-326. [Online] Disponible en: <http://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/3295> [Consultado enero de 2019]
- Max, N., Guevara-Hernández, F., Nahed-Toral, J., Mendoza-Nazar, P., Ovando-Cruz, J., Ruiz-Sesma, B., and Medina-Sanson, L., 2012. Social-Ecological Resilience and Maize Farming in Chiapas, Mexico. *Sustainable Development - Authoritative and Leading Edge Contetn for Environmental Management*, 485–512. <https://doi.org/10.5772/45898>
- Miranda, F.D.P., 2005. La Alimentación en México: Un estudio a partir de la Encuesta Nacional de

- Ingresos y Gastos de los Hogares y de las Hojas de Balance Alimenticio de la FAO. *Rev. Mex. Sociol.* VIII, 196–208. <https://doi.org/10.2307/3538153>
- Norman, G., and Streiner, D., 2008. *Biostatistics. The bare essentials*. Third edition. Shelton, People's Medical Publishing House. Walsworth Printing Company, Connecticut, USA. ISBN 978-1-55009-347-6 [Disponible en:] <https://trove.nla.gov.au/work/23431879?q&versionId=222086282> [Consultado en febrero 2020]
- Pacini, G. C., Colucci, D., Baudron, F., Righi, E., Corbeels, M., Tittonell, P., and Stefanini, F. M., 2014. Combining multi-dimensional scaling and cluster analysis to describe the diversity of rural households. *Experimental Agriculture*, 50(03), 376-397. [PDF] Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/46679712.pdf> [Consultado diciembre de 2018]
- Procuraduría de la reforma agraria (PRA), 2007. *Tipología de sujetos agrarios certificados: Estado de México*. Secretaría de la Reforma agraria. México. 5 pp. [PDF] Disponible en: [http://www.pa.gob.mx/pa/conoce/publicaciones/estadisticas\\_agrarias2007/DTIP%5CME X.PDF](http://www.pa.gob.mx/pa/conoce/publicaciones/estadisticas_agrarias2007/DTIP%5CME X.PDF) [Consultado noviembre de 2018]
- R Core Team, 2017. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Online] Disponible en: <https://www.R-project.org/> [Consultado enero de 2019]
- Ramírez, D., 2011. *Productividad agrícola de la mujer rural en Centroamérica y México*. CEPAL. [PDF] Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/26078/1/S2011148\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/26078/1/S2011148_es.pdf) [Consultado marzo de 2019]
- Redclift, M., 1983. *Production Programs for Small Farmers: Plan Puebla as Myth and Reality*. *Econ. Dev. Cult. Change* 31, 551-570; 1983 The University. <https://doi.org/10.2307/1153213>
- Rello, F., 1986. *La agricultura con pies de barro*. *Investig. Económica* 45, 213–240. [Online] Disponible en: [https://www.jstor.org/stable/42777258?seq=1#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/42777258?seq=1#metadata_info_tab_contents) [Consultado marzo de 2019]
- Richards, J., 1987. *Constraints on peasant maize production, a case study from Michoacan*. *Mexican Studies/Estudios Mexicanos*, Vol. 3, No. 2 (Summer, 1987), pp. 263-286. [Online] Disponible en: <https://msem.ucpress.edu/content/3/2/263> [Consultado diciembre de 2018]
- Sakané, N., Becker, M., Langensiepen, M., van Wijk, M., 2012. *Typology of smallholder production systems in small East-African wetlands*. *Wetlands* (2013) 33:101–116. Society of Wetland Scientists. <http://doi.org/10.1007/s13157-012-0355-z>
- Salas-Quintanal, H., and González-De La Fuente, Í., 2014. *La reproducción de la pluriactividad laboral entre los jóvenes rurales en Tlaxcala, México*. *Papeles de Población*, 20(79), 281–307. [Online] Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/9405/ReproduccionPluriactividadLaboral.pdf?sequence=3> [Consultado enero de 2019]
- Santos, V. M., Zúñiga, M., Leos, J. A., y Álvarez, A., 2014. *Tipología de productores agropecuarios para la orientación de políticas públicas: Aproximación a partir de un estudio de caso en la región Texcoco, Estado de México, México*. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 28, 47–70. [PDF] [https://www.researchgate.net/publication/328175905\\_Tipologia\\_de\\_productores\\_agropecuarios\\_para\\_la\\_orientacion\\_de\\_politicas\\_publicas\\_Aproximacion\\_a\\_partir\\_de\\_un\\_estudio\\_de\\_caso\\_en\\_la\\_region\\_Texcoco\\_Estado\\_de\\_Mexico\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/328175905_Tipologia_de_productores_agropecuarios_para_la_orientacion_de_politicas_publicas_Aproximacion_a_partir_de_un_estudio_de_caso_en_la_region_Texcoco_Estado_de_Mexico_Mexico) [Consultado marzo 2019]
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA), 2017. *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*. Primera edición. 28 pp. [PDF] Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255627/Planeacion\\_Agricola\\_Nacional\\_2017-2030\\_-\\_parte\\_uno.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255627/Planeacion_Agricola_Nacional_2017-2030_-_parte_uno.pdf) [Consultado enero de 2019]
- Secretaría de Desarrollo Agrícola y Rural (SDAyR), 2010. *Diagnóstico sectorial en el estado de Guanajuato*. Primer borrador. Gobierno de Guanajuato, México. 516 pp. [PDF] Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B\\_sico-Ma\\_z\\_Grano\\_Blanco\\_y\\_Amarillo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sico-Ma_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf) [Consultado enero de 2019]
- Sweeney, S., Steigerwald, D. G., Davenport, F., and Eakin, H., 2013. *Mexican maize production: Evolving organizational and spatial structures since 1980*. *Applied Geography*, 39, 78–92.

- <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.12.005>
- Tittonell, P., Muriuki, A., Shepherd, K.D., Mugendi, D., Kaizzi, K.C., Okeyo, J., Verchot, L., Coe, R., Vanlauwe, B., 2010. The diversity of rural livelihoods and their influence on soil fertility in agricultural systems of East Africa? A typology of smallholder farms. *Agric. Syst.* 103, 83–97. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2009.10.001>
- Tittonell, P., Shepherd, K.D., Vanlauwe, B., Giller, K.E., 2008. Unravelling the effects of soil and crop management on maize productivity in smallholder agricultural systems of western Kenya-An application of classification and regression tree analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 123, 137–150. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.05.005>
- Tittonell, P., Vanlauwe, B., Leffelaar, P. A., Shepherd, K. D., and Giller, K. E., 2005. Exploring diversity in soil fertility management of smallholder farms in western Kenya: II. Within-farm variability in resource allocation, nutrient flows and soil fertility status. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 110(3–4), 166–184. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.04.003>
- Turrent, A., Wise, T. and Garvey, E., 2012. Achieving Mexico's Maize Potential. Global development and environment institute. Working paper no. 12-03. Tufts University. 40 pp. [PDF] Disponible en: <http://www.ase.tufts.edu/gdae/Pubs/wp/12-03TurrentMexMaize.pdf> [Consultado enero de 2019]
- United States Department of Agriculture (USDA), 2015. Farm Typology. Volume 2. Subject series. Part 10. Census of agriculture 2012. 77 pp. [PDF] Disponible en: [https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2012/Online\\_Resources/Typology/typology13.pdf](https://www.nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2012/Online_Resources/Typology/typology13.pdf) [Consultado enero de 2019]
- Usai, M., Casu, S., Molle, G., Decandia, M., Ligios, S. and Carta, A., 2006. Using cluster analysis to characterize the goat farming system in Sardinia. *Livestock Science* 104. 63-76. [Online] Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/24917> [Consultado diciembre de 2018]
- Valbuena, D., Groot, J. C., Mukalama, J., Gérard, B., and Tittonell, P., 2014. Improving rural livelihoods as a “moving target”: trajectories of change in smallholder farming systems of Western Kenya. *Regional Environmental Change*, 1-13. [PDF] Disponible en: [http://humidtropics.cgiar.org/wp-content/uploads/downloads/2015/04/Typology-guidelines\\_v2.pdf](http://humidtropics.cgiar.org/wp-content/uploads/downloads/2015/04/Typology-guidelines_v2.pdf) [Consultado diciembre de 2018]
- van Dijk, M., Morley, T., Jongeneel, R., van Ittersum, M., Reidsma, P., Ruben, R., 2017. Disentangling agronomic and economic yield gaps: An integrated framework and application. *Agric. Syst.* 154, 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.03.004>