

Innovaciones radicales y progresivas en el manejo del maíz en Calpan, Puebla, México

José Luis López González¹
Miguel Ángel Damián Huato²
Jesús Felipe Álvarez Gaxiola¹
José Arturo Méndez Espinosa¹
Susana Edith Rappo Miguez³
Juan Alberto Paredes Sánchez¹

¹Colegio de Postgraduados-*Campus* Puebla. (felipe_alvarez@colpos.mx; jamendez@colpos.mx; paredes52@colpos.mx). ²Departamento de Agroecología-Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. ³Facultad de Economía-Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Autor para correspondencia: felipe_alvarez@colpos.mx.

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar el uso de innovaciones radicales y progresivas empleadas en el manejo del maíz y su impacto en los rendimientos por hectárea. Se aplicó un cuestionario a una muestra de 110 productores de maíz en el municipio de Calpan, se calculó el índice de aplicación de innovaciones radicales (IAIR), el grado de empleo de innovaciones progresivas (GEIP) y se tipificaron a los productores en bajo, medio y alto, según el IAIR y GEIP. Los resultados indican que el promedio del GEIP fue mayor (60.1) que el IAIR (40.2), que existe una relación positiva entre GEIP y rendimientos, pero no así entre el IAIR y rendimientos. Las variables que influyeron positivamente en el IAIR fueron la escolaridad y el nivel de ingresos, mientras que para el GEIP fueron el número de miembros en la familia y la edad del productor.

Palabras clave: innovaciones progresivas y radicales, manejo del maíz.

Recibido: diciembre de 2018

Aceptado: enero de 2019

Introducción

México es el hogar ancestral del maíz su cultivo, inició hace siete mil años y su domesticación permitió que los grupos nómadas se volvieran sedentarios convirtiéndose así en el sustento de los pueblos mesoamericanos (SAGARPA, 2015). Actualmente el consumo de maíz en México presenta una tendencia creciente durante los tres últimos años.

Las estimaciones de SAGARPA (2016), valoran un nivel de consumo de 35.6 millones de toneladas durante el año agrícola 2015, que representa un incremento de 5.8% en relación a 2014. Del consumo total de maíz, se estima que 64% es de maíz blanco y 36% restante a maíz amarillo (SAGARPA, 2016). Por su parte el consumo anual per cápita de maíz, de acuerdo con estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), es de 276.9 kg (SIAP, 2016).

El problema radica en que México no es autosuficiente en la producción de maíz y debido al incremento en el consumo, su importación también muestra una tendencia creciente. Durante 2014 se importó el volumen de maíz más alto de la historia, 10.3 millones de toneladas, un crecimiento de 45.7% en relación a 2013 (FIRA, 2015). González (2016), añade que entre enero y mayo de 2016 la importación de maíz blanco, el destinado al consumo humano, creció 29.9% en comparación con el mismo periodo en 2015.

Rubio (2015), precisa que México tiene una larga trayectoria como país dependiente de alimentos, principalmente en los granos básicos, lo que obliga a comprar maíz blanco de otros países sin importar los elevados precios del grano. Ante tal problemática, organismos multilaterales, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), hicieron un llamado a los países para que fortalecieran sus agriculturas nativas, ante el riesgo del desabasto de alimentos y la desestabilización social y política mundial.

Para fortalecer la agricultura local en México es necesario incrementar los rendimientos obtenidos por hectárea los cuales se encuentran relacionados con el manejo del maíz. Damián y Toledo (2016), indican que en el manejo de esta gramínea concurren dos tipos de condiciones de producción: a) generales que pueden ser clima, flora, fauna, etc. (endógenas) y programas gubernamentales de apoyo a la agricultura así como los rasgos de la unidad familiar, etc. (exógenas), inmodificables en el mediano plazo; y b) concretas (siembra, preparación del suelo, fecha de siembra, labores de cultivo, fertilización, densidad de plantas, híbridos, agroquímicos, semillas criollas, uso de estiércol, asociación y rotación de cultivos, etc.), referidos a los factores de la producción que participan directamente en el manejo del maíz. La manera en cómo se combinan estas condiciones (generales y concretas) durante el ciclo productivo explica la forma en cómo se lleva a cabo el manejo del maíz.

Dentro de los factores de la producción (tierra, trabajo y tecnología) que interactúan en el manejo el maíz, destaca el uso de innovaciones ya que estas potencian la productividad de los demás factores. Al respecto el Libro Verde de la Innovación de la Comisión Europea (1995), señala que la innovación se considera como sinónimo de producir, asimilar y explotar con éxito una novedad, en las esferas económicas y sociales, de forma que aporte soluciones inéditas a los problemas y permita así responder a las necesidades de las personas y de la sociedad.

Para Jiménez y Rojo (2010), la innovación es parte de la tecnología y por lo tanto comparte con ella sus métodos, aunque va más allá, pues las repercusiones económicas y sociales juegan un papel todavía mayor en las innovaciones. Es decir, la innovación es mucho más compleja que la tecnología. Ya que mientras la tecnología es la transformación de conocimiento en nuevos productos, procesos o servicios, la innovación va un paso más allá pues incluye la tecnología e involucra el proceso de ponerla en uso, cuando una tecnología no se pone en uso no puede ser llamada innovación; por tanto, el proceso de innovación requiere que el innovador tenga la capacidad de utilizar conocimientos nuevos para usar los recursos disponibles (desconocidos y pasados) en la producción de mejorados bienes y servicios (Fortuin, 2006).

En este trabajo se concibe a la innovación como la implementación de la tecnología incorporada en técnicas y herramientas que representan un cambio positivo o mejora en un proceso productivo, que se traduce en mejor calidad, eficiencia y desempeño y que además es económicamente viable y socialmente aceptable.

El manual de Oslo (2005), considera que las innovaciones se dividen en dos tipos: las innovaciones radicales y las progresivas o incrementales. Jiménez y Rojo (2010), añaden que las innovaciones radicales representan grandes discontinuidades en el conocimiento con la introducción de cambios totalmente novedosos. Mientras que las innovaciones progresivas no significan un salto tan abrupto, sino que se producen mediante pequeños cambios o mejoras sobre un invento o desarrollo tecnológico previo.

El origen de las innovaciones radicales aplicadas en la agricultura en México, han sido impulsadas por la revolución verde la cual, como lo indica Cecon (2008), tuvo como finalidad generar altas tasas de productividad agrícola en México, sobre la base de una producción de gran escala y el uso de alta tecnología representada por paquetes tecnológicos. Sin embargo, la revolución verde no contribuyó a su objetivo principal que era acabar con el hambre ni al desarrollo rural. La producción agrícola; a través, de la expansión de regadíos, el uso de fertilizantes sintéticos, la mecanización de las labores agrícolas y la genética aplicada.

Estos aumentos trajeron consigo efectos colaterales en el medio ambiente, provocando contaminación en atmósfera, suelo, agua y alimentos (Rodríguez *et al.*, 2014). Por su parte las innovaciones progresivas empleadas en la agricultura han sido generadas a lo largo de los siglos por los productores, que año con año mejoran sus técnicas y prácticas en el manejo de los cultivos. De hecho, fueron estas innovaciones progresivas las que dieron origen a la agroecología, ciencia que permite conformar modelos de desarrollo alternativos al modelo agrícola convencional.

Rosset (2016), menciona que en México las organizaciones y movimientos sociales de las poblaciones rurales, agricultores familiares, campesinos, pueblos indígenas, mujeres rurales, trabajadores rurales y sin tierra que participan en ocupaciones de tierra y otros, utilizan cada vez más la agroecología. La FAO (2015), indica que la agroecología prospera continuamente, ante la necesidad de adaptarse al cambio climático y la crisis de los recursos naturales, es un enfoque que enfrentará el desafío de eliminar el hambre y la malnutrición en todas sus formas mediante el incremento de los rendimientos.

En este trabajo se evaluó el uso de innovaciones radicales y progresivas empleadas en el manejo del maíz y su impacto en los rendimientos por hectárea. Con este fin, se aplicó un cuestionario a una muestra de 110 productores de maíz en el municipio de Calpan, se calculó el índice de aplicación de innovaciones radicales (IAIR), el grado de empleo de innovaciones progresivas (GEIP) y se tipificaron a los productores en bajo, medio y alto, según el IAIR y GEIP.

Materiales y métodos

Marco geográfico de la investigación

Calpan se localiza entre los paralelos 19° 03' y 19° 09' de latitud norte y los meridianos 98° 23' y 98° 35' de longitud oeste. Tiene una altitud sobre el nivel del mar entre 2 200 y 3 200 m y tiene una superficie de 67 km² (INEGI, 2015). La Orografía del municipio está determinada por su ubicación con respecto a la Sierra Nevada y el eje Neo-Volcánico, donde el tipo de suelo es: Arenosol 38%; Phaeozem 26%; Cambisol 8%; Andosol 8%; Fluvisol 7% y Leptosol 13%. En cuanto a la hidrología, el municipio se localiza en la parte alta occidental de la cuenca del Río Atoyac, tiene arroyos intermitentes y permanentes provenientes de las estribaciones del Iztaccíhuatl (INEGI, 2010).

La mayor parte de los terrenos de labor están dedicados a la agricultura de temporal. El maíz representa al cultivo más importante en el municipio, con una superficie sembrada de 2 256 ha, para 2015, 73% del total de la superficie destinada a la agricultura, obteniéndose rendimientos de 2.701 kg ha⁻¹ (SIAP, 2016).

Diseño y aplicación del cuestionario

Para diseñar el cuestionario se basó en preguntas referidas a las dos condiciones (generales y concretas) que influyen en el manejo del maíz.

Calculo de la muestra

Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la fórmula del muestreo simple aleatorio (Cochran, 1982).

$$n = \frac{Z^2_{\alpha/2} S_n^2}{d^2 + Z^2_{\alpha/2} S_n^2} \quad 1)$$

Donde: n= tamaño de la muestra; N= 546 total de familias beneficiados de (PROAGRO Productivo) en el municipio; d= 0.14 (precisión); $Z_{\alpha/2}$ = 1.95 (confiabilidad 95%); S_n^2 = 0.25

Se aplicó el muestreo simple aleatorio con distribución proporcional de la muestra municipal en función del número de productores de las comunidades (334 San Andrés Calpan, 146 San Lucas Atzala, 62 San Mateo Ozolco y 5 Pueblo Nuevo). El tamaño de la muestra fue de 110 familias y se distribuyeron de la siguiente manera para San Andrés Calpan 42, San Lucas Atzala 36, San Mateo Ozolco 27 y para Pueblo Nuevo 5.

Índice de apropiación de innovaciones radicales (IAIR)

Para evaluar el uso de innovaciones radicales se calculó el índice de apropiación de innovaciones radicales (IAIR). Con este fin: a) se compararon las recomendaciones del INIFAP (Cuadro 1), con las prácticas que aplicó el campesino; b) se asignó un valor nominal al manejo de 100 puntos y se ponderó según el impacto que tiene cada componente en la productividad: fecha de siembra (10), variedad (20), densidad de plantas (15), dosis de fertilización (25), fecha de aplicación del fertilizante (5), tipo (6) y dosis de herbicida (4), tipo (6) y dosis de insecticida (4) y combate de enfermedades (5); y c) se dividió cada valor ponderado entre dos: el primer cociente incumbió al uso de la recomendación y el segundo a su manejo adecuado. El valor del IAIR varió entre 0-100 unidades y para su cálculo se usó la siguiente expresión matemática:

$$IAIR = \left[\sum_{i=1}^k (p_i) (SPA_i / PTA_i) \right] \quad 2)$$

Donde: IAIR= índice de apropiación de innovaciones radicales; k= número de componentes del paquete tecnológico recomendado por el INIFAP; p_i = ponderación otorgada al i -ésimo componente de recomendación; $\sum p_i = 100$; $i = 1, 2, k$; SPA_i = sistema productivo agrícola para el i -ésimo componente de recomendación; $i = 1, 2, k$; PTA_i = paquete tecnológico agrícola para el i -ésimo componente de recomendación; $i = 1, 2, k$; (SPA_i / PTA_i) = proporción de tecnología empleada que puede tomar valores de cero, para la no apropiación de la tecnología recomendada por el INIFAP; 1 para el uso adecuado de la tecnología y 0.5 para el uso inadecuado del componente tecnológico.

Cuadro 1. Paquete tecnológico recomendado por el INIFAP para el manejo del maíz de temporal en el municipio de Calpan, Puebla-México.

Componente tecnológico	Calpan
Fecha de siembra	Marzo, abril, mayo
Variedad de semilla	H-30, H-33, H-34, H-40, H-48, H-50 H-137, H-139, VS-22
Densidad de plantas ha ⁻¹	50 000
Fórmula de fertilización	140-60-00 y 110-50-00
Nombre y dosis de herbicida	Gesaprím 50 (1 kg), 500 FW (1.5 L), Hierbamina (1L)
Nombre y dosis de insecticida	Volatón 2.5% o Furadán 5% o Volatón 5% (25-12 kg) Folimat 1000 dod (0.5 L); Parathión (1 L) metílico 50% o Malathion (1 L) disuelto en 200 L de agua ha ⁻¹ .
Fungicidas	No existe recomendación*

INIFAP (2009); * = El INIFAP considera que si el productor siembra las variedades de semillas que recomiendan, éstas son resistentes a las plagas y enfermedades.

Grado de empleo de innovaciones progresivas (GEIP)

Para evaluar el uso de las innovaciones progresivas se calculó el GEIP el cual mide, en una escala de 0 a 100, la proporción en que los productores usaron las siguientes prácticas agroecológicas o insumos: semilla criolla, asociación y rotación de cultivos, técnicas de conservación de suelos y aplicación de estiércol, otorgándole a cada una de ellas un valor de 20 unidades. De este modo el valor nominal del GEIP fue de 100. El GEIP se obtuvo aplicando la ecuación 3 (Damián y Toledo, 2016).

$$GEIP = \sum_{i=1}^k (V_i) \quad 3)$$

Donde: GEIP= grado de empleo de innovaciones progresivas; k= 5: número de tecnologías consideradas para el estudio; V_i = ponderación otorgada a la i-ésima tecnología campesina en función de su uso o no. El valor fue cero si el productor no usó la tecnología o 20 si la utilizó.

Tipología de productores

Los productores se agruparon según el valor de unidades del IAIR y el GEIP: baja (0-33.3) media (33.34-66.66) y alta (mayor de 66.66). La tipología permitió identificar características generales y específicas y con ello tener un conocimiento más integrado de los distintos productores.

Resultados y discusión

Evaluación de innovaciones radicales y progresivas

El manejo del maíz en temporal en el municipio está cimentado en la interacción y aplicación de innovaciones radicales y progresivas. Al evaluar el IAIR se encontraron solamente productores de baja y mediana apropiación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de productores, (ha), rendimiento (kg ha⁻¹), IAIR promedios, por tipo de productores del municipio de Calpan, Puebla-México.

Localidades	Indicadores	Baja	Media	Total/promedio
Total municipal	Productores	26	84	110
	IAIR	28.9	43.7	40.2
	Rendimiento*	2561a	2403b	2440

Elaboración con datos obtenidos de la encuesta, 2016. * = letras distintas en las medias del rendimiento (por hilera (a) o columna (A)), se interpreta que hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias (Prueba t de Student, $p < 0.05$).

El bajo uso de estas innovaciones radicales se explica porque priorizan los factores edafoclimáticos y eluden, que las condiciones generales y concretas del manejo del maíz son diferentes entre los productores (Damián y Toledo, 2016). Los resultados muestran que no hay relación entre el grado de aplicación de innovaciones radicales y rendimiento ($r = -0.086$, $p = 0.369$). Inclusive los productores de baja apropiación obtuvieron mayores rendimientos unitarios que los de media, encontrándose diferencias significativas entre los rendimientos, aun cuando estos aplicaron 14.8 unidades más del paquete tecnológico.

Esto coincide con lo reportado por Damián *et al.* (2007); Osorio *et al.* (2012), que al evaluar el uso de apropiación de tecnologías se encontraron que los agricultores adoptaron la tecnología, pero esta no tuvo un efecto positivo en el incremento de los rendimientos de maíz.

Por su parte, en el Cuadro 3 se menciona que el promedio del GEIP es mayor (60.1) que el IAIR (40.2). Asimismo, se evidencia que en el uso de innovaciones progresivas existe una relación directa entre el GEIP y rendimientos ($r = 0.263$, $p = 0.011$), con diferencias significativas entre rendimientos de los tipos de productores. Los mayores rendimientos se deben a que las

innovaciones progresivas promueven interacciones agroecológicas las cuales mejoran la productividad de los recursos escasos empleados para el manejo del maíz (Mendoza, 2004; Altieri y Nicholls, 2012).

Cuadro 3. Número de productores, (ha), rendimiento (kg ha⁻¹), GEIP promedios, por tipo de productores del municipio de Calpan, Puebla-México.

Localidades	Indicadores	Baja	Media	Alta	Total/promedio
Total municipal	Productores	12	58	40	110
	GEIP	20	53.7	81.5	60.1
	Rendimiento*	2004a	2322b	2745c	2440

Elaboración con datos obtenidos de la encuesta, 2016. * = letras distintas en las medias del rendimiento (por hilera (a) o columna (A)), se interpreta que hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias (Prueba t de Student $p < 0.05$).

Variables relacionadas con la apropiación de innovaciones radicales y rendimientos

En los Cuadros 4 y 5 se observó que en Calpan las variables que tuvieron una correlación positiva con el IAIR fueron el grado de escolaridad y el ingreso del productor ($r = 0.235$ $p = 0.014$; $r = 0.259$ $p = 0.013$, respectivamente).

Cuadro 4. Escolaridad, número de productores, (ha), rendimiento (kg ha⁻¹), IAIR promedios, por tipo de productores del municipio de Calpan, Puebla-México.

Localidad	Escolaridad	Núm. de productores	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	IAIR	
Total municipal	0-4	46	42%	2 482	35
	5-8	40	36%	2 443	43
	9 >	24	22%	2 360	47

Elaboración con datos obtenidos de la encuesta, 2016.

Cuadro 5. Nivel de ingresos anual, número de productores, (ha), rendimiento (kg ha⁻¹), IAIR promedios, por tipo de productores del municipio de Calpan, Puebla-México.

Localidad	Nivel de ingresos (\$*)	Núm. de productores	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	IAIR	
Total municipal	10 000-24 000	31	28%	2 569	38
	24 001-38 001	55	50%	2 460	41
	38 002-52 002	24	22%	2 229	42

Elaboración con datos obtenidos de la encuesta, 2016. * = moneda nacional mexicana.

La mayor escolaridad está relacionada con una mayor receptividad a la asesoría brindada por los comerciantes de los agroquímicos en el municipio. Morales *et al.* (2012), indican que el nivel de educación está asociado positivamente con la utilización de innovaciones radicales.

Respecto a los ingresos la causa de esta mayor apropiación se debe a que las innovaciones radicales tienen un costo alto y solamente pueden acceder a ellas los productores de mayor ingreso. Al respecto, Bernardino (2013), señala que nivel de ingreso influye positivamente en el uso de innovaciones radicales.

Variables relacionadas con la apropiación de innovaciones progresivas y rendimientos

De acuerdo con las cifras mostradas en los Cuadros 6 y 7, las variables que se correlacionaron positivamente con el GEIP fueron el número de integrantes por familia ($r= 0.229$ $p= 0.016$) y la edad del productor ($r= 0.273$ $p= 0.019$).

Cuadro 6. Integrantes en la familia, número de productores, (ha), rendimiento (kg ha⁻¹), GEIP promedios, por tipo de productores del municipio de Calpan, Puebla-México.

Localidad	Integrantes en la familia	Núm. de familias		Rendimiento (kg ha ⁻¹)	GEIP
Total municipal	1-4	23	21%	2267	54
	5-7	54	49%	2405	59
	>8	33	30%	2619	67

Elaboración con datos obtenidos de la encuesta, 2016.

El primer caso se debe a que en el municipio de Calpan se practica una agricultura tradicional minifundista, donde ciertas actividades agrícolas (labores de cultivo), exige mayor cantidad de fuerza de trabajo. Magdaleno *et al.* (2014), confirman que un mayor número de hijos representa mayor mano de obra para realizar actividades agrícolas aportando con su fuerza de trabajo en diversas labores del campo.

Respecto a los ingresos la causa de esta mayor apropiación se debe a que las innovaciones radicales tienen un costo alto y solamente pueden acceder a ellas los productores de mayor ingreso. Al respecto, Bernardino (2013), señala que nivel de ingreso influye positivamente en el uso de innovaciones radicales.

Por su parte, la relación positiva entre la edad del productor y GEIP se puede explicar por qué los productores con más de 63 años de edad conservan hábitos de manejo que se han nutrido de los saberes, experiencia, conocimientos y prácticas campesinas, que les fueron enseñados por sus ancestros, lo que les permite alcanzar rendimientos más altos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Edad, número de productores, (ha), rendimiento (kg ha⁻¹), GEIP promedios, por tipo de productores del municipio de Calpan, Puebla-México.

Localidad	Edad	Núm. de productores		Rendimiento (kg ha ⁻¹)	GEIP
Total municipal	31-46	35	32%	2160	51
	47-62	35	32%	2377	58
	> 63	40	36%	2742	71

Elaboración con datos obtenidos de la encuesta, 2016.

Autores como Koohafkan (2010); Toledo (2013), señalan que el conocimiento campesino empleado en el manejo de los recursos aplicados en la producción agrícola es una característica fundamental de la población mayor y tiene como base la experiencia y la práctica, condiciones que maximizan las sinergias entre los recursos.

En este estudio la mayor productividad de los maiceros de mayor edad (>63) se debe a que manejaron el maíz de la siguiente manera.

Seleccionaron la semilla criolla inmediatamente después de la cosecha considerando: las mazorcas de mayor tamaño y calidad, que el olote sea delgado, seleccionando la parte de en medio de la mazorca de donde obtienen los granos que usaran en la próxima siembra. Los campesinos seleccionan la semilla de maíz desde el granero después la cosecha, considerando el tamaño de la mazorca, tamaño de olote y forma de la semilla.

Realizaron la siembra en los meses de marzo-abril, probablemente esto influyó en un mayor aprovechamiento de horas luz lo que derivó en un mayor rendimiento. Cirilo (2015), menciona que las siembras tempranas presentan los máximos potenciales de producción, ya que aprovechan los niveles de radiación solar.

Utilizaron en promedio 2.196 kg ha⁻¹ de estiércol, el cual es un componente esencial del manejo del maíz ya que mejora la estructura del suelo y con ello aumentan la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (López *et al.*, 2001).

Asociaron el cultivo del maíz con leguminosas frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y haba (*Vicia faba* L.) en 92%, mientras que los productores más jóvenes asociaron maíz-leguminosas en promedio 45%. Las asociaciones potencian la productividad del suelo, ya que limitan los problemas de plagas y enfermedades; así como, las leguminosas capturan nitrógeno uno de los nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas (Damián y Toledo, 2016).

Realizaron rotación de cultivos, técnica que les permite romper el ciclo biológico de plagas y mejorar las propiedades del suelo. Entre las principales rotaciones encontradas entre estos productores destaca la del frijol y haba leguminosas que como ya se dijo son esenciales para la captura de nitrógeno atmosférico.

Ejecutaron prácticas de conservación de suelos y aguas, terrazas y bordos, que les permitió preservar estos insumos, así como los nutrientes y su reciclaje, los cuales son básicos para mejorar las capacidades productivas de los suelos agrícolas. Además, estas prácticas garantizan mayor biodiversidad de plantas, lo que regula la proliferación de plagas y enfermedades.

Sembraron una mayor densidad de plantas (70 513) lo que probablemente este asociado con el uso de semilla criolla de mayor calidad, de estiércol y de la tercera labor que solamente ellos aplicaron. Krall *et al.* (1997), manifiestan que los altos rendimientos se encuentran asociados por una mayor cantidad de plantas, que en su conjunto hacen uso eficiente del agua y nutrientes.

Las complementariedades e interacciones que se dan entre las innovaciones progresivas son las que detonan los mayores rendimientos. Como lo indica Vallejo *et al.* (2011), los campesinos han aprendido a cultivar su grano en pequeñas parcelas ubicadas a distintas altitudes y en diversos

microambientes, a rotar sus cultivos para romper los ciclos de enfermedad y mantener sanos los suelos, realizar la plantación de una amplia variedad de cultivos, efectuar prácticas de labranza y seleccionar semillas tolerantes a micro nichos particulares.

Conclusiones

Para evaluar el uso de innovaciones radicales y progresivas empleadas en el manejo del maíz se recurrió, al cálculo del IAIR y el GEIP, resultando instrumentos adecuados para medir el grado de apropiación de innovaciones. Esto permitió clasificar a los productores en baja, media y alta, lo que a su vez ayudó a comprender las características generales y particulares de los distintos productores.

Los resultados encontrados indican que en el manejo del maíz interaccionan innovaciones radicales y progresivas con un predominio de las segundas; que existe una relación positiva entre GEIP y rendimientos, pero no así entre el IAIR y rendimientos.

Por su parte las variables que influyeron positivamente en el IAIR fueron la escolaridad y el nivel de ingresos, mientras que para el GEIP las variables con una correlación positiva fueron el número de miembros en la familia y la edad del productor.

Las innovaciones progresivas demostraron ser eficaces y eficientes para elevar el rendimiento de maíz; sin embargo, a pesar del predominio y la evidente eficiencia, que poseen, la propuesta de las innovaciones radicales impulsada por la revolución verde no las incluye.

Literatura citada

- Altieri, M. y Clara, I. N. 2012. Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. Department of Environmental Science, Policy and Management, University of California, Berkeley. *Agroecología*. 7(2):65-83.
- Bernardino, H. U. 2013. Plaguicidas: percepciones de su uso en comunidades rurales de los Altos de Chiapas. *El colegio de la Frontera Sur*. México. 192 p.
- Cecon, E. 2008. La revolución verde, tragedia en dos actos. *Ciencias* 91:21-29.
- Cirilo, G. A. 2015. Fecha de siembra y rendimiento en maíz. INTA. Pergamino, Buenos Aires. 122-127 pp.
- Cochran, W. 1982. *Sampling techniques*. 3^{ra} (Ed.). New York. USA.
- Damián, H. M. A. y Toledo, V. 2016. Utopística agroecológicas innovaciones campesinas y seguridad alimentaria en maíz. BUAP. Dirección de Fomento Editorial. 125 p.
- Damián, H. M. A.; Ramírez, B. F.; Parra, J. A.; Paredes, A. Gil, J. F.; López, O. y Cruz. A. 2007. Tecnología agrícola y territorio: el caso de los productores de maíz de Tlaxcala, México. *Boletín de investigaciones Geográficas-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)*, México. 63(3):36-55.
- FAO. 2015. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=es#ancor-es>.
- FIRA. 2015. Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura. Panorama Agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61952/Panorama_Agroalimentario_Ma_z.2015.pdf.

- Fortuin, F. T. J. M. 2006. Aligning innovation to business strategy: combining cross-industry and longitudinal perspectives on strategic alignment in leading technology-based companies. Wageningen University, Wageningen.
- González, S. G. 2016. Se enfila México a record de importaciones de maíz. Periódico La jornada. Domingo 10 de julio de 2016 17. p. <http://www.jornada.unam.mx/2016/07/10/economia/017n1eco>.
- INEGI. 2010. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información. Censo de Población y Vivienda 2010, México. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/>.
- INEGI. 2015. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información. Cartografía del estado de Puebla-México, 2015. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/urbana/>.
- INIFAP. 2009. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Base de datos CD-ROM. Paquete tecnológico para el cultivo del maíz. Distrito de desarrollo rural de Cholula, Puebla-México.
- Jiménez, D. R. y Rojo A. O. 2010. Ciencia, tecnología e innovación: métodos y resortes de la creatividad. Metodología de la Ciencia. Revista de la Asociación Mexicana de Metodología de la Ciencia y de la Investigación, AC. 2(1):29-39. <http://www.ammci.org.mx/revista/pdf/Numero2/3art.pdf>.
- Koohafkan, P. 2010. Conservación y manejo sostenible de los sistemas importantes del patrimonio agrícola mundial (SIPAM). Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España. Rev. Amb. 93(2):10-29.
- Krall, J. M.; Esehie, R. J.; Raney, S. C.; Ten, E. G.; Lundquit, M.; Humburg, N. E.; Axthelm, L. S.; Dayton, A. D. and Vanderlip, R. L. 1997. Influence of within-row variability in plant spacing on corn grain yield. Agron. J. 60:797-799.
- Libro Verde de la Innovación de la Comisión Europea. 1995. <http://sid.usal.es/idocs/F8/FDO11925/libroverde.pdf>.
- López, M. J. D.; Martínez, R. E.; Valdez, C. R. y Díaz, E. A. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra Latinoam. 19(2): <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319401>.
- Magdaleno, H. E.; Jiménez, V. M.; Martínez S. T. y Cruz, G. B. 2014. Estrategias de las familias campesinas en pueblo nuevo, municipio de Acambay, Estado de México. Agric. Soc. Des. 2:167-179.
- Manual de Oslow. 2005. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. Publicación conjunta de OCDE y Eurostat. <http://www.dgi.ubiobio.cl/dgi/wp-content/uploads/2010/07/manualdeoslo.pdf>.
- Mendoza, R. R. 2004. Otras prácticas de cultivo de los productores de maíz: diversificación, rotación de cultivos y técnicas de conservación de suelos. *In*: Damián H. M. A.; Ramírez, V. B.; Gil, A.; Gutiérrez, N.; Aragón, A.; Mendoza, R.; Paredes, J.; Damián, T. y Almazán, A. Apropiación de tecnología agrícola. Características técnicas y sociales de los productores de maíz de Tlaxcala. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, CONACYT-SIZA y H. Congreso del estado de Tlaxcala, Puebla, México. 194-205 pp.
- Morales, E. M., Riaga, O. C. y Cante, A. M. A. 2012. Factores determinantes de los procesos de innovación: una mirada a la situación en Latinoamérica. Rev. Escuela Admin. Neg. 72(1):148-163.
- Osorio, G. N.; López, S. H.; Gil, M. A.; Ramírez, V. B.; Gutiérrez, R. N.; Crespo, P. G. y Montero, P. A. 2012. Utilización, oferta y demanda de tecnología para producción de maíz en el Valle de Puebla, México. Agric. Soc. Des. 3:55-69.

- Ramírez, B. 2015. La soberanía alimentaria en México una asignatura pendiente. Mundo Siglo XXI. Revista del CIECAS-IPN. 10(36):55-70.
- Rodríguez, A. M.; Suarez, T. S. y Palacio, E. D. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Revista Cubana Hig Epidemiol. 52(3). <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S1561-30032014000300010>.
- Rosset, P. 2004. La soberanía alimentaria: reclamo mundial del movimiento campesino. <http://www.fenacle.org.ec>.
- SAGARPA. 2015. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. El maíz, fuente de inspiración y orgullo de México. <http://www.gob.mx/sagarpa/articulos/el-maiz-fuente-de-inspiracion-y-orgullodemexico>.
- SAGARPA. 2016. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Cosechando números del campo. Cifras de disponibilidad y consumo de maíz.
- SIAP. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción de maíz estatal y por municipios de Puebla. Anuario agrícola.
- Toledo, V. 2013. El metabolismo social: una nueva teoría socio-ecológica. Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad. 34(136):41-71. <http://www.redalyc.org/pdf/137/13729711004.pdf>.
- Vallejo, M.; Delfín, F. y Molina, D. 2011. Agricultura comercial, tradicional y vulnerabilidad en campesinos. Política y Cultura, Sin mes. 71-98 pp.