

Impacto económico del uso de innovaciones agroecológicas en pequeños productores de maíz de Tlaxcala y Oaxaca

Venancio Cuevas-Reyes¹
José Luis Jolalpa-Barrera¹
Blanca I. Sánchez-Toledano^{2,§}
Mercedes Borja-Bravo³
Pedro Cadena-Iñiguez⁴

1 Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. CP. 56250. (.cuevas.venancio@inifap.gob.mx; jolalpa.jose@inifap.gob.mx)

2 Campo Experimental Zacatecas-INIFAP. Carretera Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera, Zacatecas. CP. 98500.

3 Campo Experimental Pabellón-INIFAP. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. CP. 20660. (borja.mercedes@inifap.gob.mx).

4 Campo Experimental Centro de Chiapas-INIFAP. Carretera Ocozocoautla-Cintalapa km 3, Ocozocoautla, Chiapas. (cadena.pedro@inifap.gob.mx).

Autora para correspondencia: sanchez.blanca@inifap.gob.mx.

Resumen

La transición agroecológica de la producción agrícola es un proceso de mediano plazo, por lo que estimar el efecto del uso de innovaciones agroecológicas por medio de indicadores económicos pueden contribuir con la identificación de áreas de oportunidad y toma de decisiones en el marco de este nuevo paradigma. El objetivo fue estimar el efecto económico del uso de innovaciones agroecológicas por parte de pequeños productores de maíz de temporal en Tlaxcala y Oaxaca, por medio de indicadores económicos, durante los años 2020 y 2021. La muestra fue no probabilística y dirigida a 10 productores de maíz: cinco productores de Tlaxcala (G1) y cinco productores de Oaxaca (G2). Los resultados mostraron que los grupos son similares en sus características sociales y productivas, solo presentaron diferencias ($p < 0.05$) en la superficie agrícola. Se obtuvieron tres indicadores que miden el efecto económico del uso de tecnologías: cambio en costo de producción (CCP), cambio en rendimiento (CR) y cambio en el costo de uso de agroquímicos (CCUA). El CCP fue de -3.1 hasta 14.6% para el G1 y de -4.6 a 27.7% en el G2; el CR fue de 12.8 y 6.8%, para el G1 y G2 respectivamente, y el CCUA de -15.6 a 2.2% para el G1 y de -15.5 a 4.8% para el G. La obtención de los indicadores puede permitir identificar productores con sistemas alimentarios más sostenibles, analizar sus componentes y generar recomendaciones para replicar dichos sistemas.

Palabras clave:

agricultura campesina, bioinsumos, maíz.



License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

Introducción

La contribución de la agricultura campesina a la seguridad alimentaria en medio de escenarios de cambio climático, crisis económica y energética, llevó a que los conceptos de soberanía alimentaria y sistemas productivos con base agroecológica ganaran atención (Altieri *et al.*, 2012). Así, en América Latina, se han promovido procesos de transición y conversión de sistemas agrícolas de producción convencional a sistemas de producción agroecológicos, en donde se incluyen prácticas agroecológicas e inclusive como plantea Cevallos *et al.* (2019) a un modelo de análisis de las relaciones complejas que se dan entre el ecosistema y las culturas (sistema socio-ecológico).

El manejo sustentable de los agroecosistemas desde la agroecología plantea el reemplazo de la tecnología de insumos por tecnologías de procesos, en las que juegan un interesante rol los saberes localmente adaptados y diversas prácticas de manejo agronómico (Bonaudo *et al.*, 2014). Altieri y Nicholls (2007), señalan que la conversión de sistemas convencionales de producción, caracterizados por monocultivos manejados con altos insumos a sistemas diversificados de bajos insumos, se basa en dos pilares agroecológicos: la mejora de la calidad del suelo y la diversificación del hábitat. En ese sentido, la agroecología incorpora a la agricultura los conceptos de estabilidad, resiliencia y adaptabilidad, además de los actualmente vigentes sobre productividad, eficiencia y eficacia en la producción (Gutiérrez *et al.*, 2008).

Este enfoque se ha retomado en México, ya que desde el 2020 se implementó el 'programa producción para el bienestar (PpB)' bajo un enfoque agroecológico (DOF, 29 diciembre de 2023). Las evaluaciones en sistemas alimentarios utilizan indicadores económicos tradicionales, como la relación beneficio-costos y los indicadores de evaluación financiera de proyectos (Silva-Cassani *et al.*, 2022). Un estudio sobre la sostenibilidad aplicada al café encontró que, a pesar de su importancia, los indicadores socioeconómicos se reportaron con menos frecuencia (4.3%) que los de servicios ecosistémicos (57.2%) y biodiversidad (35.6%) (Teixeira *et al.*, 2022). La falta de estudios que evalúen los impactos de la diversificación en el uso de insumos, los factores socioeconómicos y la resiliencia también se observa en otros tipos de sistemas agroalimentarios (Heckwolf *et al.*, 2021).

Así, existe una limitada existencia de indicadores económicos para evaluar los cambios ocasionados por el uso de tecnologías agroecológicas; es decir, ¿cómo evaluar el impacto económico del uso de tecnologías agroecológicas con pequeños productores? Ante esto, el objetivo fue estimar el efecto económico del uso de innovaciones agroecológicas por parte de pequeños productores de maíz de temporal en Tlaxcala y Oaxaca, por medio de indicadores económicos, durante los años 2020 y 2021.

Materiales y métodos

Localización de la zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en dos municipios del estado de Tlaxcala y Oaxaca. El municipio de Españita, Tlaxcala, tiene una altitud de 2 646 m y se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas, latitud: 19.4617, longitud: -98.4239. Latitud 19° 27' 42" norte y longitud 98° 25' 26" oeste (INEGI, 2018). El municipio de San Juan Cotzocón se encuentra localizado en la Región Sierra Norte y en el Distrito Mixe de Oaxaca ubicados en el noreste del estado, sus coordenadas geográficas extremas son 17° 01' - 17° 37' de latitud norte y 95° 07' - 95° 51' de longitud oeste y su altitud va de los 0 a los 1 200 m (INEGI, 2016).

Selección de la muestra

La muestra estuvo compuesta por 10 pequeñas unidades de producción de maíz de temporal; cinco ubicadas en Tlaxcala, en el municipio de Españita (G1) y cinco en Oaxaca, municipio de San Juan Cotzocón (G2). La selección fue no probabilística y dirigida (Abascal y Grande, 2005). Se seleccionaron productores que fueran beneficiarios del PpB, mediante los siguientes criterios: 1) que participaran en el PpB; 2) que utilicen al menos una práctica agroecológica en el ciclo actual y 3) que estuvieran dispuestos a proporcionar información sobre los costos de producción de maíz.

Instrumento utilizado y fuentes de información

El instrumento que se utilizó para acopiar la información fue un cuestionario, el cual fue aplicado en el mes de febrero de 2022 para el G1 y en abril del mismo año para el G2. El cuestionario se estructuró en tres apartados: 1) identificación del productor (edad y escolaridad); 2) costos de producción de maíz (costos en la preparación del terreno, siembra, fertilización, labores culturales, control de plagas y enfermedades, cosecha y costos diversos), para el ciclo actual (2021) como para el ciclo homólogo anterior (2020); y 3) datos productivos (superficie sembrada, rendimiento y precio de venta del cultivo).

Estimación de variables e indicadores económicos

Los indicadores se obtuvieron con información de tres variables: costos totales de producción, costos del uso de agroquímicos y rendimiento por hectárea para dos ciclos productivos de maíz (2020 y 2021). Esto permitió la estimación de indicadores que miden los efectos económicos del uso de innovaciones agroecológicas por productor: cambio en el costo de producción (CCP), cambio en rendimiento (CR) y cambio en el costo de uso de agroquímicos (CCUA). Los costos de producción para el año 2020 y 2021 fueron actualizados con el índice nacional de precios al productor (INPP) para maíz grano (INEGI, 2023), por lo que los resultados se expresan en pesos mexicanos de 2022. La fórmula para la obtención de cada indicador se describe a continuación.

Cambio en el costo de producción por hectárea (CCP)

$CCP = (CCA - CCHA) / CCHA * 100$. Donde: CCA= costo de producción del ciclo actual por hectárea con práctica agroecológica y CCHA= costo de producción del ciclo homólogo anterior por hectárea.

Cambio en el rendimiento por hectárea (CR)

$CR = (RCA - RCHA) / RCHA * 100$. Donde: RCA= rendimiento ciclo actual por hectárea con práctica agroecológica y RCHA= rendimiento del ciclo homólogo anterior por hectárea.

Cambio en el costo de uso de agroquímicos por hectárea (CCUA)

$CCUA = (PCCA - PCCHA) * 100$. Donde: PCCA= porcentaje del costo por hectárea del ciclo actual destinada a la adquisición de agroquímicos y PCCHA= porcentaje del costo en agroquímicos del ciclo homólogo anterior por hectárea.

La información se capturó en el programa Excel (2016) y su análisis estadístico se realizó con el programa Minitab® versión 16 (2021). Posteriormente, se efectuó la prueba de normalidad mediante el establecimiento de la siguiente hipótesis nula, H_0 : la muestra proviene de una distribución normal *versus* la H_1 : la muestra no proviene de una distribución normal. Para llevar a cabo la prueba, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS) y Ryan_Joiner (RJ) similar a Shapiro Wilk (Porrás, 2016). El valor de $p > 0.05$; por lo tanto, se utilizó estadística paramétrica para el análisis de los datos.

Resultados y discusión

Se realizaron las pruebas de hipótesis para las seis variables analizadas. Donde: $p > 0.05$ (edad KS 0.198 y $p > 0.15$; superficie RJ 0.949 y $p > 0.1$; costos 2021 KS 0.173 y $p > 0.15$, costos 2020 KS 0.160 y $p > 0.15$, rendimiento 2021 KS 0.235 y $p > 0.117$, rendimiento 2020 KS 0.207 y $p > 0.15$). De esta forma, no se rechaza la H_0 y se puede señalar que la distribución normal brinda un buen ajuste a los datos de la muestra.



Caracterización de la muestra

Los productores del G1 presentaron mejores niveles de estudio: dos de ellos tienen carrera técnica (un productor la tiene concluida y el otro incompleta), uno cuenta con estudios a nivel preparatoria, un productor solo tiene estudios a nivel primario y el otro no cuenta con ningún nivel de estudios. En contraste, los cinco productores del G2 presentan estudios a nivel primaria. Ambos grupos de productores son similares en cuanto a la edad (56.8 ± 13.3 años para el G1 y 58.8 ± 4.4 para el G2). Los costos de producción de 2021 actualizados a valores de 2022 fueron de 13 mil pesos para ambos grupos y los rendimientos de maíz para este mismo año fueron de 2.6 ± 1.3 y 4.06 ± 1.4 t ha⁻¹ para el G1 y G2, respectivamente. La producción de maíz se llevó a cabo bajo condiciones de temporal en pequeñas unidades de producción de agricultura familiar de 3.6 ± 1.8 y 1 ± 0.6 ha de superficie promedio para el G1 y G2 respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables sociales, productivas y costos producción.

Variable	G1 (Tlaxcala)	G2 (Oaxaca)	F	P value
Edad (años)	56.8 ± 13.3	58.8 ± 4.4	0.1	0.759
Superficie (ha)	3.6 ± 1.8	1 ± 0.6	9.2	0.016*
Costos 2021 (\$)	$13\ 082.00 \pm 3\ 927.00$	$13\ 687.00 \pm 5\ 053.00$	0.05	0.833
Costos 2020 (\$)	$12\ 519.00 \pm 3\ 383.00$	$12\ 873.00 \pm 5\ 203.00$	0.02	0.902
Rendimiento (t ha ⁻¹) 2021	2.6 ± 1.3	4.06 ± 1.4	2.53	0.15
Rendimiento (t ha ⁻¹) 2020	2.34 ± 1.8	3.8 ± 1.6	1.68	0.231

* = significativa $p < 0.05$

Los productores del G1 y G2 presentan una edad avanzada y baja escolaridad, lo cual puede ocasionar ciertas barreras para la adopción de nuevas tecnologías, ya que a mayor edad disminuye la probabilidad de adoptar innovaciones (Aguilar *et al.*, 2013).

Uso de innovaciones agroecológicas en maíz

Una forma de poder iniciar los procesos de transición agroecológicas es mediante el uso de bioinsumos que permitan sustituir el uso de fertilizantes químicos, así como el manejo agroecológico de plagas. Los productores del G1 utilizan maíces nativos en monocultivo, la preparación del terreno es mecanizado y las labores culturales las realizan con yunta, la producción de maíz es bajo temporal en terrenos de lomeríos, en el ciclo primavera-verano. Las innovaciones implementadas en este grupo fueron: P1-Boashi, P2-Supermagro y micorriza, P3 y P4-Supermagro, P5-Supermagro y *Beauveria bassiana*.

De acuerdo con Duke (2018), un bioinsumo es un producto basado en compuestos o extractos de microorganismos o plantas o de microorganismos vivos, capaces de mejorar la productividad, calidad y sanidad al aplicarlos sobre cultivos vegetales, sin generar impactos negativos en el agroecosistema.

La elaboración de biofertilizantes incluyó el uso de materiales locales (estiércol de ganado, piloncillo, suero, harina de roca de las mismas parcelas, entre otros). Las reuniones de capacitación en la región Tlaxcala incluían: 'diálogos' entre productores y técnicos para conocer que materiales componen cada uno de los biofertilizantes y su función, mezclar y al final, aclarar que los procesos de fermentación requieren de un excelente sellado del contenedor y revisión constante de la válvula de escape de gas.

Otras tecnologías que utilizaron fueron, los hongos micorrízicos (P1). Las plantas micorrizadas son más resistentes a la infección por patógenos, toleran mejor el estrés y además promueven la conservación del suelo (Carrillo-Saucedo *et al.*, 2022) y la *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill (Moniliales: Deuteromicetos), el cual fue utilizado por el P5, estos hongos, son organismos que tienen el potencial de infectar insectos ya que puede dañar a más de 200 especies (Alean, 2004).

Los productores del G2 de San Juan Cotzocón, utilizan maíces nativos en monocultivo, la preparación del terreno y las labores culturales las realizan de forma manual y con yunta, la producción de maíz es bajo temporal en terrenos de vega de río y lomeríos, en el ciclo otoño-invierno. Los productores se enfocaron en tecnologías agroecológicas basadas en lixiviados y manejo agroecológico del gusano cogollero (MAGC): P1 y P2 lixiviado y MAGC, P3-lixiviado, P4-MAGC y el P5-Supermagro y lixiviado.

La producción de lixiviado de lombriz se realizó de forma organizada, en primer lugar, realizaron la selección y limpia del lugar para realizar la instalación de la geomembrana y pila de lixiviado, hacer la fosa, instalación del sistema de riego en la pila, colocación de estiércol y rastrojo y finalmente colocación del cajón con lombrices. Para la producción de Supermagro en San Juan Cotzocón, se utilizaron los siguientes materiales: estiércol de bovino, ceniza, leche bronca, melaza, agua, tomate, plátano y huevo.

El MAGC estuvo basado en el uso de trampas con feromonas, eliminación de larvas por efecto de la lluvia y control biológico (López y Villa, 2021), se enfocaron en esta tecnología porque el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es la principal plaga del cultivo de maíz en la región del Papaloapan.

Estimación del cambio en costos de producción

En el Cuadro 2, se observó que el P2 del G1 obtuvo un costo total de 8 671.00 \$ ha⁻¹, dicho costo es muy contrastante, con el obtenido por el P5 (\$17 651.00). En ambos casos (P2 y P5) se tuvo un incremento de 2.7 y 3.8% en los costos respecto del ciclo 2020. En contraste, el P3 del G2 presentó un costo mínimo de \$6 291.00 y un costo máximo de \$19 641.00 (P5), dichos costos también fueron mayores en comparación con el ciclo 2020.

Productor	Grupo 1. Región Tlaxcala			Grupo 2. Región Oaxaca		
	Ciclo 2021	Ciclo 2020	CCP (%)	Ciclo 2021	Ciclo 2020	CCP (%)
1	12 709	12 552	1.3	15 772	16 527	-4.6
2	8 671**	8 441**	2.7	11 440	8 960	27.7
3	16 506	14 403	14.6	6 291**	5 776**	8.9
4	9 874	10 188	-3.1	15 289	15 499	-1.3
5	17 651***	17 008***	3.8	19 641**	17 601**	11.6

CCP= cambio en el costo de producción; **= mínimo; ***= máximo.

Los aumentos en los costos de producción, en general, se debieron en primer lugar al aumento del precio de fertilizantes químicos, que continuaron utilizando (en menores proporciones), así como a la compra de materiales para la elaboración de los bioinsumos, a la compra de insumos externos (*Beauveria bassiana*), entre otros. Lo que se espera de este indicador en el mediano plazo es que sea negativo (como fue el caso del P4 del G1 y los productores 1 y 4 del G2). Al ser negativo este indicador estaría indicando que existe una disminución de los costos asociados al uso de tecnologías sustentables. Al respecto, Herrmann y Lesueur (2013), encontraron que en términos económicos es menos costoso utilizar bioinsumos que fertilizantes químicos.

Los indicadores muestran los cambios en los costos obtenidos con la aplicación de tecnologías agroecológicas evaluados bajo las condiciones ambientales y recursos del mismo productor en ciclos productivos distintos y se diferencian de la forma habitual de evaluación a través de la asignación de valor a los parámetros ambientales (Bathaei y Streimikiene, 2023) e indicadores económicos tradicionales (Silva-Cassani *et al.*, 2022).

Estimación del cambio en rendimiento

En México, el 73.9% de la superficie sembrada se realiza bajo condiciones de temporal, con bajo nivel tecnológico y rendimiento promedio de 2.4 t ha⁻¹ (Donnet *et al.*, 2017). Los resultados presentados en el Cuadro 3 se mostró un cambio positivo en el rendimiento para ambos grupos. Los rendimientos promedio de maíz obtenidos en el G2 superan el rendimiento promedio nacional, mientras que, los rendimientos en el G1 son similares.

Cuadro 3. Cambio en el rendimiento de los grupos de productores (t ha⁻¹).

Productor	Grupo 1. Región Tlaxcala			Grupo 2. Región Oaxaca		
	2021	2020	CR (%)	2021	2020	CR (%)
1	4	4	0	4	4	0
2	3.8	4	-5	3	2	50
3	1.5	0	-	3	3	0
4	0.9	3	-70	3.8	3.5	8.6
5	3	0.7	328.6	6.5	6.5	0
Media	2.6	2.3	12.8	4.06	3.8	6.8

CR= cambio en rendimiento.

El aumento promedio del rendimiento del G1 (CR= 12.8%), se debió a la presencia de datos atípicos, acontecimientos extraordinarios (falta de lluvia en la época de madurez del grano) que ocurrieron a los P3 y P5 en 2020 y al P4 en 2021, lo que ocasiono pérdida de cosecha y bajos rendimientos, como consecuencia de factores no controlables por el productor (precipitación). En contraste, el aumento promedio del rendimiento en el G2 no se vio afectado, con un CR= 6.8% por encontrarse en una región de alta precipitación.

Al respecto, un análisis de variables climatológicas y productivas en el Valle de Toluca encontró que las variaciones en la precipitación afectaron al rendimiento de maíz (Morales-Ruiz y Díaz-López, 2020). En Tlaxcala cuando la precipitación es regular y la fertilidad de los suelos es buena, los maíces nativos pueden tener rendimientos de entre 3 y 6 t ha⁻¹, con un promedio de 3.3 t ha⁻¹ (Lazos, 2014). Mientras que, en la región de la Cuenca del Papaloapan con alta precipitación y la aplicación moderada de fertilizante se pueden obtener rendimientos de hasta 10.7 t ha⁻¹ (López-Escudero *et al.*, 2023).

Estimación del cambio en el costo de uso de agroquímicos

En el Cuadro 4, se observó que, en el G1 hay una disminución en el porcentaje de recursos económicos destinados a la compra de agroquímicos, a excepción del P3 y el P2 que no aplicó. En el G2, sólo el P2, tuvo un incremento del 4.8% a diferencia de los demás productores que disminuyeron su porcentaje en inversión.

Cuadro 4. Cambio en el costo del uso de agroquímicos (%).

Productor	Grupo 1. Región Tlaxcala			Grupo 2. Región Oaxaca		
	2021	2020	CCUA (%)	2021	2020	CCUA (%)
1	10.7	26.3	-15.6	0	15.5	-15.5
2	0	0	0	28.1	23.3	4.8
3	25.4	23.2	2.2	0	1.6	-1.6
4	12.7	24.6	-11.9	13.5	14.7	-1.2
5	9	11.1	-2.1	21.6	28.5	-7

CCUA= cambio en el costo del uso de agroquímicos.

Las prácticas agroecológicas pueden ayudar a lograr una transición hacia sistemas alimentarios más sostenibles (Caron *et al.*, 2014), aunque esto no es en el corto plazo ni mediante un enfoque lineal, ya que como señala Tiftonell (2019) las transiciones agroecológicas involucran múltiples escalas, niveles y desafíos a lo largo de tiempo. Así el P1 del G2 (que utilizó lixiviados y manejo agroecológico del gusano cogollero), en el año 2020 tenía 15.5% de su costo de producción relacionado con la compra de agroquímicos, en 2021 dejó de utilizar este insumo. Esta transición agroecológica realizada le permitió mantener el rendimiento 4 t ha⁻¹ en el año 2020 y 2021.

Conclusiones

El análisis de los tres indicadores mostró que el uso de tecnologías agroecológicas tuvo incrementos en dos de los tres indicadores de cambio analizados: en costos (efecto negativo) y en rendimientos (efecto positivo) para la mayoría de los dos grupos de productores analizados. En cambio, para el indicador de porcentaje de gasto en agroquímicos, este tuvo en general una disminución para los dos grupos. Los indicadores propuestos permiten monitorear el impacto de dichas intervenciones a través del manejo individual y la reducción o eliminación de agroquímicos y su impacto en costos de producción y rendimiento.

Los indicadores miden los efectos económicos en la producción de maíz, obtenidos como consecuencia del uso de tecnologías agroecológicas con apoyo técnico, recursos y condiciones ambientales imperantes en las zonas de estudio y para los productores entrevistados. Así, la obtención de los mejores indicadores, pueden permitir identificar sistemas alimentarios más sostenibles, analizar sus componentes y generar recomendaciones para que otros productores repliquen dichos sistemas.

Agradecimientos

Los autores(as) agradecen a los productores(as) entrevistados(as) de Tlaxcala y Oaxaca; así como, el apoyo financiero del proyecto INIFAP, Núm. SIGI 11283135486 'Estrategia de Acompañamiento Técnico 2022'.

Bibliografía

- 1 Abascal, F. E. y Grande, E. I. 2005. Análisis de encuestas. Edit. ESIC. España. 292 p.
- 2 Aguilar, G. N.; Muñoz, R. M.; Santoyo-Cortés, V. H. y Aguilar, A. J. 2013. Influencia del perfil de los productores en la adopción de innovaciones en tres cultivos tropicales. *Teuken Bidikay*. 4(4):207-228.
- 3 Alean, C. I. 2004. Patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de *Aleurotrachelus Socialis* (Homoptera: aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero. *Revista Colombiana de Entomología*. 30(1):29-36.
- 4 Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas*. 16(1):3-12. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/133>.
- 5 Altieri, M. A.; Funes-Monzote, F. R. and Petersen, P. F. 2012. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*. 32(1):1-13. doi.org/ 10.1007/s13593-011-0065-6.
- 6 Bathaei, A. and Štreimikienė, D. 2023. A systematic review of agricultural sustainability indicators. *Agriculture*. 13(2):241. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020241>.
- 7 Bonaudo, T.; Burlamaqui, B. A.; Sabatier, R.; Ryschawy, J.; Bellon, S.; Leger, F.; Magda, D. and Tichit, M. 2014. Agroecological principles for the redesign of integrated crop-livestock systems. *European Journal of Agronomy*. 57:43-51. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.09.010>.

- 8 Caron, P.; Biénabe, E. and Hainzelin, E. 2014. Making transition towards ecological intensification of agriculture a reality: the gaps in and the role of scientific knowledge. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 8:44-52. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.08.004>.
- 9 Carrillo-Saucedo, S. M.; Puente-Rivera, J.; Montes-Recinas, S. y Cruz-Ortega, R. 2022. Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta Botánica Mexicana*. 129:1-27. Doi: [org/ 10.21829/abm129.2022.1932](https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1932).
- 10 Cevallos, S. M.; Urdaneta, O. F. y Jaimes, E. 2019. Desarrollo de sistemas de producción agroecológica: Dimensiones e indicadores para su estudio. *Revista de Ciencias Sociales*. 25(3):172-185.
- 11 DOF. 2023. Diario Oficial de la Federación. Acuerdo por el que se dan a conocer las reglas de operación del programa producción para el bienestar. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural para el ejercicio fiscal 2024. <https://dof.gob.mx/nota-detalle.php?codigo=5713354&fecha=29/12/2023#gsc.tab=0>.
- 12 Donnet, M. L.; López-Becerril, I. D.; Black, J. R. and Hellin, J. 2017. Productivity differences and food security: a Meta frontier analysis of rain-fed maize farmers in MasAgro in Mexico. *AIMS Agriculture and Food*. 2(2):129-148. Doi: [10.3934/agrfood.2017.2.129](https://doi.org/10.3934/agrfood.2017.2.129).
- 13 Duke, S. O. 2018. Pest management science 2017. *Pest Management Science*. 74(1):7-8.
- 14 Gutiérrez, C. J. G.; Aguilera, G. L. I. y González, E. C. E. 2008. Agroecología y sustentabilidad. *Convergencia*. 46(1):51-87.
- 15 Heckwolf, M. J.; Peterson, A.; Jänes, H.; Horne, P.; Künne, J.; Liversage, K.; Sajeva, M.; Reusch, T. B. H. and Kotta, J. 2021. From ecosystems to socio-economic benefits: a systematic review of coastal ecosystem services in the Baltic Sea. *Science of the total environment*. 755:1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142565>.
- 16 Herrmann, L. and Lesueur, D. 2013. Challenges of formulation and quality of biofertilizers for successful inoculation. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 97(20):8859-8873.
- 17 INEGI. 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico y geográfico de Oaxaca. 26-38 pp. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod-serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva-estruc/anuarios-2016/702825084295.pdf>.
- 18 INEGI. 2018. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aspectos geográficos. Tlaxcala. 29 p. <https://inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen>.
- 19 INEGI. 2023. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Índices de precios de genéricos para mercado nacional <https://www.inegi.org.mx/app/indicesdeprecios/Estructura.aspx?idEstructura=1120015000300040&ST=%C3%8Dndices%20de%20precios%20de%20gen%C3%A9ricos%20para%20mercado%20nacional>.
- 20 Lazos, C. E. 2014. Consideraciones socioeconómicas y culturales en la controvertida introducción del maíz transgénico: caso de Tlaxcala. *Sociológica*. 29(83):201-240.
- 21 López-Escudero, R. J.; López-Romero, G.; Lango-Reynoso, V. y Inurreta-Aguirre, H. D. 2023. Análisis de fertilización en el agroecosistema maíz en la cuenca de Papaloapan. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 14(8):e3378. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i8.3378>.
- 22 López, R. M. C. y Villa, A. J. 2021. Estrategia para el manejo agroecológico del gusano cogollero. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. <https://idp.cimmyt.org/estrategia-para-el-manejo-agroecologico-del-gusano-cogollero/>.
- 23 Minitab, L. L. C. 2021. Minitab: statistical software. Pennsylvania State University, USA. <https://www.minitab.com/en-us/>.
- 24 Morales-Ruiz, A. y Díaz-López, E. 2020. Influencia de la temperatura, precipitación y radiación solar en el rendimiento de maíz en el valle de Toluca, México. *Agrociencia*. 54(3):377-385. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v54i3.1933>.

- 25 Porras, J. C. 2016. Comparación de pruebas de normalidad multivariada. *Anales Científicos*. 77(2):141-146. <https://doi.org/10.21704/ac.v77i2.483>.
- 26 Silva-Cassani, N.; Mancera, K. F.; Canul, J.; Ramirez Aviles, L.; Solorio, J.; Güereca, P. and Galindo, F. 2022. Evaluation of the sustainable performance of native and intensive silvopastoral systems in the Mexican tropics using the MESMIS framework. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 25(3):1-22. Doi: <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3556>.
- 27 Tiftonell, P. 2019. Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 51(1):231-246.
- 28 Teixeira, H. M.; Schulte, R. P. O.; Anten, N. P. R.; Bosco, C. L.; Baartman, J. E. M.; Moinet, G. Y. K. and Reidsma, P. 2022. How to quantify the impacts of diversification on sustainability? A review of indicators in coffee systems. *Agronomy for Sustainable Development*. 42(62):1-26. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00785-5>.



Impacto económico del uso de innovaciones agroecológicas en pequeños productores de maíz de Tlaxcala y Oaxaca

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 February 2025
Date accepted: 01 April 2025
Publication date: 04 April 2025
Publication date: Feb-Mar 2025
Volume: 16r
Issue: 1
Electronic Location Identifier: e3408
DOI: 10.29312/remexca.v16i2.3408
Funded by: INIFAP
Award ID: SIGI 11283135486

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

agricultura campesina
bioinsumos
maíz

Counts

Figures: 0

Tables: 4

Equations: 0

References: 28

Pages: 0