

Evaluación del índice de multifuncionalidad en la agricultura urbana y periurbana en San Miguel Tocuila, Texcoco

Alfredo Pérez-Guerrero^{1*} (<https://orcid.org/0000-0002-4402-3074>)

María Josefina Jiménez-Moreno² (<https://orcid.org/0000-0003-4410-4699>)

Florentino López-Sánchez³ (<https://orcid.org/0009-0007-9358-0110>)

¹Colegio de Posgraduados, Desarrollo Rural, Campus Montecillo, km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C.P. 56230, México.

²Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), Av. Insurgentes Centro 1582, Crédito Constructor, Benito Juárez, CDMX, C.P. 03940, México.

³Universidad Internacional Iberoamericana, Calle 15 #36 entre 10 y 12, Imi III, Campeche, C.P. 24562, México.

*Autor para correspondencia: perez.alfredo@colpos.mx

Resumen

La agricultura en México enfrenta grandes desafíos debido al crecimiento urbano, pérdida de suelo agrícola y presión sobre los recursos naturales, afectando principalmente a localidades en transición rural-urbana. En este contexto, la investigación analizó la multifuncionalidad de la agricultura urbana y periurbana (AUP) en Tocuila, Texcoco. El objetivo fue valorar las funciones y servicios que genera la actividad agrícola en su dimensión productiva y destaca los componentes sociales, económicos, territoriales y ambientales. La metodología consistió en la aplicación del Índice de Multifuncionalidad de los Sistemas de Producción Agrícola (IMSPA) para evaluar 50 sistemas agrícolas mediante encuestas, centradas en indicadores clave. Estos indicadores fueron ponderados rigurosamente mediante la técnica Delphi, incorporando la participación de expertos y ejidatarios. Este proceso permitió contrastar criterios especializados con conocimientos locales, lo que contribuyó a mejorar la consistencia metodológica de los indicadores y su pertinencia en el contexto territorial analizado. Los resultados mostraron una clasificación de tres categorías de multifuncionalidad. El 50% de los sistemas se ubicó en el nivel IV, correspondiente a una multifuncionalidad media-alta; el 48% se clasificó en el nivel III, que indica una multifuncionalidad media; y únicamente el 2% alcanzó el nivel V, asociado a una multifuncionalidad alta. Estos resultados indican que la mayoría de los sistemas agrícolas presentan un nivel intermedio de multifuncionalidad, con capacidades relevantes, pero aún limitadas para generar beneficios simultáneos en las dimensiones productiva, ambiental y social.

Palabras clave: Indicadores clave, técnica Delphi, servicios ecosistémicos (Thesaurus); funciones y servicios agrícolas, producción agrícola.

Recibido: 19 enero, 2026

Aceptado: 28 abril, 2026

Introducción

El acelerado proceso de urbanización ha sustituido áreas naturales y espacios verdes por urbanas, comprometiendo el bienestar de la población, además de generar una presión creciente sobre zonas agrícolas con alto potencial productivo, especialmente en las periferias de las ciudades, debido a la expansión horizontal del desarrollo urbano (Guevara-Romero et al., 2022). En consecuencia, la urbanización provoca una disminución constante de las tierras destinadas a la agricultura, de forma directa mediante su transformación en áreas urbanas, como indirecta, al destinar estos suelos a usos no productivos o de carácter sociocultural, como actividades recreativas, agroturismo, uso residencial de baja densidad, o la cría de caballos con fines de esparcimiento (Mulya et al., 2023). Esta tendencia también ha sido documentada en los distritos de riego del Estado de México, donde se reporta una pérdida significativa de superficie agrícola derivada del crecimiento urbano (Romero-Padilla et al., 2024).

En este contexto, la reducción de la superficie agrícola no solo afecta la disponibilidad de alimentos, sino que también impacta la rentabilidad de los productores locales, incidiendo en la inseguridad alimentaria (Márquez-Molina y Hernández-López, 2024). No obstante, las prácticas agrícolas, además de su función productiva, contribuyen al aprovechamiento sustentable de los residuos y a la mejora de las condiciones del suelo, fortaleciendo su papel ambiental en entornos urbanos (Mendoza Rossano et al., 2023). Así mismo, la multifuncionalidad de las unidades agrícolas familiares, a través de la integración de diversas prácticas, favorecen el abastecimiento de alimentos locales y la consolidación de sistemas alimentarios resilientes en ambientes urbanos (Rojas-Cano et al., 2023).

Esta conversión hacia usos residenciales, industriales o comerciales modifica el paisaje y las dinámicas propias de las prácticas agrícolas (Rai et al., 2025). Dicho proceso, impulsa a la población rural a migrar a las ciudades, lo que a su vez acrecienta la urbanización y afecta la evolución de la matriz ecológica directa e indirectamente, cambia los patrones del paisaje y funciones ecológicas, e interfiere en la salud de los ecosistemas regionales (Ávila, 2019).

En este sentido, la transformación de los ecosistemas, el cambio en el uso del suelo y el proceso de urbanización, son factores que generan profundo impacto sobre el ambiente, incluida la pérdida de

biodiversidad (Tilman et al., 2017); En particular, se ha documentado una disminución de poblaciones de insectos, los cuales son fundamentales para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y acuáticos. Estos organismos proveen servicios ecosistémicos esenciales, como la polinización, descomposición de materia orgánica, control biológico de plagas y sustento alimenticio de muchas especies de vertebrados (Galante, 2022).

En este escenario, las zonas urbanas actúan como focos de cambio ambiental a múltiples escalas —local, regional y global— (Grimm et al., 2008). La expansión urbana y la demanda de materiales derivada de la producción y el consumo, modifican el uso y la cobertura del suelo. Como resultado del proceso de urbanización, se han conformado de zonas en transición entre lo urbano y lo rural, caracterizadas por cambios tanto físicos como sociales, que dificultan la delimitación clara de sus límites simbólicos y funcionales (Spósito, 2006).

En estos espacios de transición, la agricultura urbana y periurbana adquieren relevancia no solo por su función productiva, sino también por los diversos servicios y beneficios que genera en el territorio. En particular, los huertos urbanos contribuyen significativamente a procesos educativos y de transformación socioambiental en las comunidades locales (De la Cruz- Elizondo, et al., 2023).

De acuerdo con De la Cruz-Elizondo et al. (2023) y Brinkley (2012), estos entornos facilitan la integración de la teoría y la práctica, promoviendo aprendizajes significativos y fortaleciendo la conciencia socioambiental.

En este escenario, la multifuncionalidad de la agricultura urbana trasciende la producción de alimentos, al generar beneficios educativos, sociales y ambientales que contribuyen al desarrollo sostenible de las comunidades. Desde este enfoque, la presente investigación tuvo como objetivo valorar la multifuncionalidad de la agricultura AUP en Tocuila, Texcoco a partir de las funciones y servicios que genera la actividad agrícola en sus dimensiones social, económica, territorial y ambiental.

Marco teórico

Frente a los desafíos, diversas estrategias han emergido para mitigar los efectos negativos de la urbanización y promover una mayor sostenibilidad en las ciudades (Pradhan et al., 2024). Entre éstas, destaca el desarrollo de prácticas agrícolas adaptadas al entorno urbano y periurbano. En este sentido, Blanca-Bautista et al. (2024) resaltan que la expansión de producción agrícola en el interior de las ciudades constituye la esencia de Agricultura Urbana (AU), al vincularla directamente con la sostenibilidad ambiental y mejorar la calidad de vida en contextos urbanos. Esta actividad se desarrolla dentro de pueblos, ciudades o áreas metropolitanas, donde se cultivan, procesan y distribuyen diversos productos, tanto alimentarios como no alimentarios. Además, se caracteriza por el aprovechamiento intensivo de los recursos humanos, materiales, productos y servicios disponibles en el entorno urbano (Ávila, 2019; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], Rikolto & RUAF, 2022).

Complementariamente, la Agricultura Periurbana (AP) se refiere a las unidades agrícolas cercanas a una ciudad, que explotan intensivamente granjas comerciales o semicomerciales para cultivar diversos productos hortícolas y pecuarios (FAO, 1999). Ambas formas de agricultura (urbana y periurbana), comparten el objetivo de integrar la producción de alimentos al entorno urbano en distintas escalas geográficas (Mougeot, 2000). Por ello, es común referirse a ellas de manera conjunta como Agricultura Urbana y Periurbana (AUP). Esta modalidad no solo contribuye a la seguridad alimentaria local, sino que también desempeña múltiples funciones sociales, económicas, ambientales y territoriales (FAO, Rikolto & RUAF, 2022).

Desde este punto de vista, cobra importancia el concepto de multifuncionalidad agrícola, la cual permite entender dichas contribuciones de la agricultura más allá de la producción de alimentos, al incorporar dimensiones sociales, ambientales y económicas desde una perspectiva integral (Zasada, 2011). En este sentido, Bonnal et al. (2004), definen la multifuncionalidad como la diversidad de productos, servicios y efectos colaterales generados por la actividad agrícola, que impactan de forma directa o indirecta en la economía y la sociedad. Entre estas funciones se incluyen aspectos ambientales, como la conservación de los recursos naturales y sociales, como la cohesión comunitaria y la preservación de tradiciones culturales.

Complementando este enfoque, la multifuncionalidad agrícola puede abordarse desde distintas perspectivas según el sector, disciplina o formación del investigador, lo cual influye en su

evaluación y la variedad de términos utilizados (Wilson, 2007). Asimismo, este concepto alude a la diversidad de resultados, obtenidos de la agricultura, según el uso del suelo y características del sistema productivo (Reig, 2002; Zaragoza-Hernández et al., 2025). De acuerdo con lo anterior, una de las cualidades más relevantes de la agricultura multifuncional, es la capacidad que tiene de responder a diversas necesidades sociales, entre las que destacan la conservación de la biodiversidad, preservación de paisajes tradicionales, producción de alimentos, conservación del patrimonio cultural y permanencia de los espacios rurales (Licona, 2013). Sin embargo, a pesar de estas contribuciones, los sistemas agrícolas, al estar arraigados en prácticas culturales, cumplen diversas funciones ambientales, sociales y económicas. No obstante, los procesos como la modernización agrícola y la transformación del uso de suelo han contribuido a la pérdida progresiva de la multifuncionalidad en estos sistemas (Blanca-Bautista et al., 2024).

Con base en estos planteamientos, la evaluación de la multifuncionalidad de la AUP requiere de enfoques metodológicos que permitan integrar sus diversas dimensiones. En este sentido, la propuesta desarrollada por Salcido et al. (2016) constituye un referente para la selección, categorización y ponderación de los indicadores que reflejan las funciones sociales, económicas, territoriales y ambientales de los sistemas agrícolas. Dicha metodología fue adaptada en la presente investigación para analizar la multifuncionalidad en la localidad de Tocuila, Texcoco.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio fueron los ejidos de San Gabriel, San Rafael y El Barco de San Miguel Tocuila, comúnmente conocida como Tocuila, en el municipio de Texcoco, Estado de México. Esta localidad se localiza a los 19° 31' 22'' latitud norte y a los 98° 54' 46'' longitud oeste, con una

altitud promedio de 2,241 msnm, colinda al norte con San Andrés Riva Palacio, al sur con Santa Cruz de Abajo, al este con Texcoco y al oeste con parte del Lago de Texcoco (Figura 1).

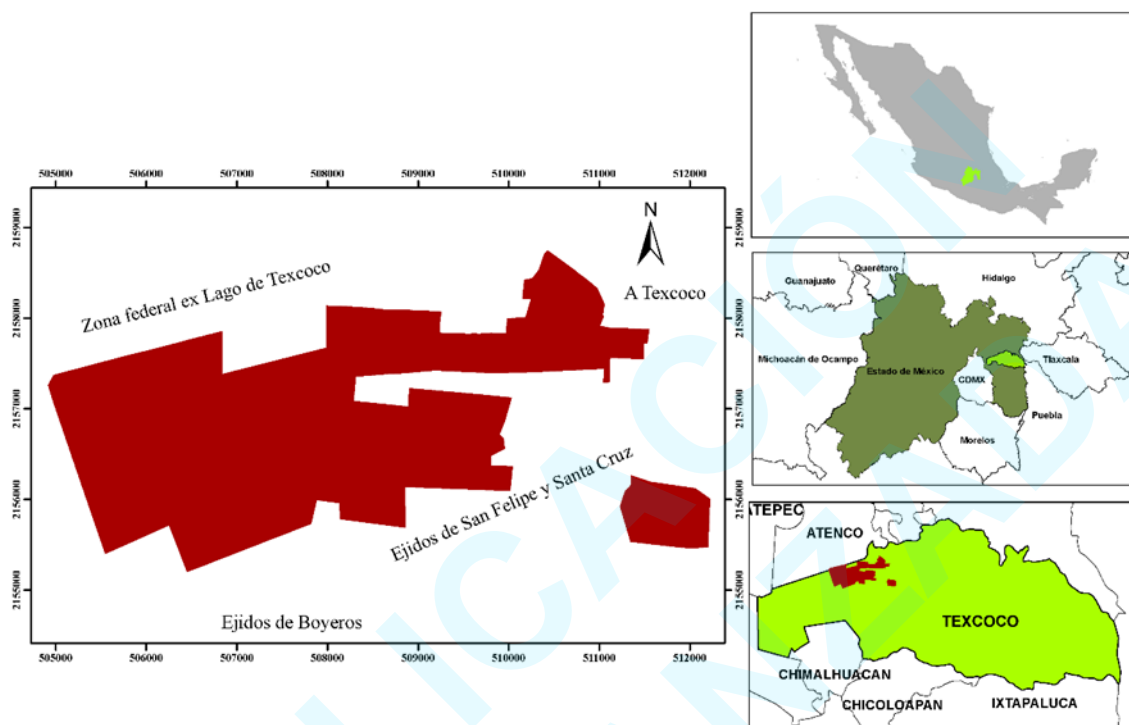


Figura 1. Localización del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2024).

Muestreo

La población objetivo estuvo conformada por los ejidatarios de la localidad de Tocuila, ubicada en el municipio de Texcoco, Estado de México. El tamaño de la muestra se determinó a partir de un listado oficial de 499 ejidatarios, proporcionado por el presidente del comisariado ejidal. Sin

embargo, para el cálculo final se consideró un total de 300 ejidatarios, excluyendo aquellas personas que ya no se dedican a actividades agrícolas, habían fallecido o se encontraban en procesos de cambio de régimen ejidal. El tamaño de la muestra se estimó aplicando la Ec.1, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 0.12%.

$$n = (N * Z_{(a p * q)^2}) / (d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q) \quad \text{Ec.1}$$

Donde:

N= Total de la población.

$Z^2 = 1.962$ (confiabilidad del 95%).

p = proporción esperada.

q = 1-p.

d = precisión 0.12= 12%.

Valor obtenido n = 54.

Instrumento de recolección de información

En esta investigación se empleó la técnica de la encuesta como instrumento principal para recopilar información relacionada con diversos aspectos de los ejidatarios, incluyendo datos sociodemográficos, composición familiar, uso de tecnologías, costo e ingresos, así como la mano de obra involucrada en la producción agrícola. Asimismo, se consideraron las características de ganadería de tipo familiar, prácticas sociales y culturales asociadas al sistema agrícola.

Técnica Delphi

La Técnica Delphi permite obtener información especializada a partir de la opinión consensuada de personas expertas mediante un proceso estructurado e iterativo. Esta técnica resulta particularmente útil en este entorno donde existe incertidumbre o limitada evidencia empírica, ya que permite sistematizar el conocimiento experto para la toma de decisiones (Beiderbeck et al., 2021). En este estudio, su aplicación facilitó la ponderación de indicadores relacionados con la multifuncionalidad territorial, ambiental, económica y social de la AUP. A través de un cuestionario aplicado individualmente y complementados con retroalimentación grupal, se logró una construcción colectiva del conocimiento que reforzó la validez de los resultados. La metodología facilitó la identificación de criterios clave y su jerarquización, aportando solidez metodológica (Reguant-Alvarez & Fonseca, 2016). Dentro del consenso de personas se eligieron a productores e investigadores quienes tienen el conocimiento del área bajo estudio.

Metodología del Índice Multifuncional de Sistemas de Producción Agrícola (IMSPA)

Para calcular el valor IMSPA de acuerdo con Salcido et al. (2016), se evaluaron cuatro ámbitos: territorial, ambiental, económico y social. Estos integran 12 variables o funciones específicas distribuidas en cada ámbito, relacionadas con aspectos como el uso del suelo, la accesibilidad al predio, la conservación de la biodiversidad, el manejo de recursos naturales, la generación de ingresos, la comercialización y la organización social, entre otras (Ec. 2).

Cálculo del IMSPA por ámbitos

$$IMSPA = AT + AA + AE + AS$$

Ec. 2

Donde:

AT (Ámbito Territorial) = \sum Funciones 1,2,3

Valor máximo de AT = 20 suma de variables territoriales (usos del suelo, accesibilidad, tenencia de la tierra).

AA (Ámbito Ambiental) = \sum Funciones 4,5,6

Valor máximo de AA = 30 suma de variables ambientales (biodiversidad, manejo de recursos, prácticas sostenibles)

AE (Ámbito Económico) = \sum Funciones 7,8,9

Valor máximo de AE = 25 suma de variables económicas (ingresos, comercialización, diversificación)

AS (Ámbito Social) = \sum Funciones 10,11,12

Valor máximo de AS = 25 suma de variables sociales (organización, participación, transmisión de conocimientos)

Fuente: Salcido et al. (2016).

El IMSPA utiliza una escala que va de cero a 100, en donde valores más cercanos a 100 indican un mayor nivel de multifuncionalidad en el sistema. Esta escala se clasifica en cinco categorías que ayudan a identificar el grado de multifuncionalidad generado por un sistema de producción agrícola. Asimismo, permite una evaluación más precisa del estado del sistema, facilitando la detección oportuna de cambios durante el seguimiento o monitoreo continuo (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Clasificación del IMSPA según nivel de multifuncionalidad.

Categoría	Rango	Nivel de Multifuncional	Descripción
I	< 20	Baja	Sistema en estado crítico por su mínimo aporte de funciones tanto internas como externas.

			Representa un modelo altamente convencional de producción.
II	20 - 40	Media baja	Sistema predominantemente convencional que puede contribuir de forma significativa en alguno de los cuatro ámbitos evaluados.
III	40 - 60	Intermedia	Sistema en estado vulnerable, con posibilidad de mejora o retroceso en la generación de funciones.
IV	60 - 80	Media alta	Sistema con una tendencia positiva hacia la multifuncionalidad. Aunque su desempeño no es equilibrado, muestra prácticas diversificadas que favorecen sus funciones.
V	80-100	Alta	Sistema en excelente estado, con un alto aporte de funciones en los cuatro ámbitos. Tienen impactos positivos en el entorno y la sociedad, por lo que es considerado ideal para replicarse o escalarse.

Fuente: Salcido et al. (2016).

Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados generales por cada ámbito, destacando tendencias comunes, así como aquellos sistemas con los valores más altos y bajos en cada componente (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Multifuncionalidad de los cuatro ámbitos.

Sistema	AT	AA	AE	AS	Sistema	AT	AA	AE	AS
1	13.5	13.9	14.4	21.9	26	8.8	8.8	25.0	20.2
2	11.1	13.3	25.0	23.7	27	11.2	11.6	17.5	21.9
3	6.5	8.8	25.0	21.9	28	8.8	8.8	17.5	25.0
4	10.6	8.1	6.9	23.7	29	12.3	19.7	14.4	23.7
5	5.3	10.5	25.0	21.9	30	6.5	9.9	10.0	23.7
6	13.5	15.7	6.9	21.9	31	5.3	5.8	14.4	20.2
7	10.0	20.8	10.0	20.2	32	8.8	13.9	10.0	21.9
8	9.4	8.8	14.4	21.9	33	9.4	8.6	17.5	21.9
9	6.5	16.1	6.9	23.7	34	9.4	9.2	17.5	23.7
10	8.2	8.8	15.0	23.7	35	10.0	20.8	6.9	25.0
11	6.5	9.9	25.0	23.7	36	5.3	8.8	14.4	21.9
12	11.1	19.1	25.0	23.7	37	9.6	10.5	25.0	23.7
13	7.7	9.2	14.4	21.9	38	11.1	8.6	17.5	25.0
14	8.8	13.5	14.4	21.9	39	11.1	9.9	17.5	23.7
15	10.0	20.8	25.0	20.2	40	9.6	7.5	10.0	23.7
16	13.5	10.5	25.0	20.2	41	11.1	20.8	25.0	25.4
17	7.6	8.8	17.5	21.9	42	9.6	9.9	17.5	25.4
18	8.8	11.9	10.0	21.9	43	7.6	8.8	14.4	21.9
19	13.5	9.2	14.4	23.7	44	11.1	10.9	14.4	21.9
20	7.6	6.9	17.5	21.9	45	6.5	9.2	25.0	20.2

21	8.2	18.5	17.5	21.9	46	3.5	6.9	17.5	25.4
22	8.8	18.5	25.0	20.2	47	9.6	5.8	25.0	21.9
23	11.8	11.6	8.5	23.7	48	10.8	20.8	17.5	23.7
24	7.0	10.9	6.9	23.7	49	6.5	10.9	10.0	20.2
25	6.5	8.6	17.5	20.2	50	13.5	11.6	17.5	25.4

AT: Ámbito territorial, AA: Ámbito Ambiental, AE: Ámbito económico, AS: Ámbito Social

Fuente: Elaboración propia con base en levantamiento de encuestas de campo (2022).

Ámbito territorial

En el ámbito territorial, los resultados muestran una marcada dualidad en el uso del suelo agrícola en Tocuila, Texcoco. Si bien, parte de los ejidatarios mantiene una vocación agrícola tradicional, en muchos casos el territorio se encuentra fragmentado por usos urbanos o mixtos. Esta condición influye directamente en la funcionalidad del territorio para sostener la producción alimentaria, afectando también su valor como espacios estratégicos para la sostenibilidad local.

En este contexto, la diversidad de cultivos en los sistemas con mejor desempeño territorial se presenta en la **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Distribución de sistemas de cultivos según número de cultivos.

Número de cultivos	Porcentaje
1 cultivo	42%
2-3 cultivos	32%

Fuente: Elaboración propia con base en levantamiento de encuestas de campo (2022).

El puntaje promedio del componente territorial es de 9.2, reflejando que, aunque existen superficies activas y aprovechadas, también se presentan signos claros de presión urbana: lotificación de parcelas, acceso limitado a vías de comunicación adecuadas y pérdida progresiva de conectividad entre áreas productivas. Según Salcido et al. (2016), el ámbito territorial integra indicadores como el uso continuo del suelo agrícola, la accesibilidad al predio y la tenencia de la tierra. En este caso, los indicadores revelan que varios ejidatarios de Tocuila, exhiben alta multifuncionalidad, aun cuando se está en un proceso de transición, lo cual limita y debilita la resiliencia territorial.

Este fenómeno concuerda con lo reportado por Blanca-Bautista et al. (2024) en Calpan, Puebla, donde se señala que uno de los principales desafíos de la agricultura periurbana es la pérdida de control sobre el territorio ante el avance de la urbanización. En ambos casos, el entorno periurbano presenta características de transición que dificultan mantener una estructura territorial coherente con la producción sostenible. En este sentido, para Tocuila se observa la importancia de considerar el ordenamiento territorial como parte esencial de cualquier política de fomento a la AUP. La multifuncionalidad no solo depende de las prácticas productivas, sino también de la capacidad del territorio para sostener actividades agrícolas de manera continua y planificada. Reforzar la tenencia de la tierra, mejorar la infraestructura de acceso y establecer zonas de reserva agrícola, son estrategias clave para evitar una pérdida irreversible de la función productiva del suelo.

Ámbito ambiental

Los resultados obtenidos en el componente ambiental es una parte significativa de los sistemas agrícolas evaluados, mantiene prácticas que favorecen la sostenibilidad ecológica. Entre los indicadores considerados, se puede observar que la mayoría de los ejidatarios conservan elementos

de biodiversidad, como árboles frutales, setos vivos o asociaciones de cultivos. De la misma manera, algunos productores reportaron el uso de fertilizantes orgánicos y el aprovechamiento del riego de agua pluvial, lo que denota un manejo eficiente de los recursos hídricos. El puntaje de este componente varía entre 5.8 (sistema 31) y 20.8 (sistemas 7, 15, 35, 41 y 48), donde los sistemas agrícolas presentan altos niveles de desempeño ambiental, mientras que otros apenas cumplen con los criterios mínimos. Esta heterogeneidad puede atribuirse tanto al acceso diferenciado a recursos naturales y económicos como el conocimiento técnico de los ejidatarios.

Estos hallazgos coinciden con lo planteado por Salcido et al. (2016), quienes identificaron que el componente ambiental constituye un eje clave para valorar la multifuncionalidad de los sistemas agrícolas, ya que de él dependen los servicios ecosistémicos que sostienen la productividad y permanencia de las actividades rurales. No obstante, dicho componente no actúa de manera aislada: los componentes; social, económico y territorial son complementarios para comprender integralmente la multifuncionalidad. Respecto a Tocuila, la proximidad al área urbana genera condiciones más frágiles para la conservación ecológica como a la reducción de superficies agrícolas y la fragmentación del paisaje.

Además, estudios como el realizado por Blanca-Bautista et al. (2024), que aplican el índice de multifuncionalidad en zonas periurbanas de Puebla, también reportan resultados similares: la dimensión ambiental tiende a ser uno de los pilares más debilitados frente al crecimiento urbano y a la intensificación productiva. Es claro que estos resultados sugieren que, aunque algunos sistemas han incorporado buenas prácticas ambientales, es necesario fortalecer estrategias de conservación local, impulsar la agroecología urbana y fomentar políticas de apoyo que reconozcan el valor ecológico de la AUP. De lo contrario, este ámbito corre el riesgo de ser desplazado por el desarrollo urbano.

Ámbito económico

Los resultados de este ámbito reflejan una alta dependencia de las actividades agrícolas para la generación de ingresos, aunque en muchos casos, esta función se complementa con empleos externos o actividades informales. El puntaje obtenido indica un nivel medio de multifuncionalidad económica, condicionado por factores como tamaño del ejido, acceso a mercados y la disponibilidad de insumos. Al aplicar la metodología de Salcido et al. (2016), se observó que algunos indicadores, como comercialización de productos o diversificación de ingresos dentro del ejido, presentan valores bajos, debido a la informalidad de la venta y escasa integración de los ejidatarios a cadenas de valor.

Esto limita el potencial económico del sistema agrícola, al reducir los márgenes de ganancia y dificultar la inversión en mejoras productivas. En comparación con el estudio de Blanca-Bautista et al. (2024), donde también se utiliza el índice de multifuncionalidad, se evidencia que la agricultura familiar periurbana suele desempeñar un papel económico complementario, más que central. En Tocuila, no obstante, se detectó una mayor proporción de ejidatarios que dependen directamente de la actividad agrícola, lo que subraya la importancia de fortalecer el acceso a apoyos financieros, programas de capacitación y estrategias de comercialización local.

Estos hallazgos coinciden con Morales et al. (2013), quienes destacan que la agricultura periurbana puede representar una alternativa económica viable si se articulan políticas públicas adecuadas. En Tocuila, la agricultura continúa siendo una fuente económica estratégica para muchas familias, pero enfrenta retos asociados a la falta de inversión, la especulación del suelo y el escaso reconocimiento institucional. Por ello, se concluye que fortalecer la dimensión económica de la AUP requiere mejorar la infraestructura comercial, apoyar a la agregación de valor y garantizar la inclusión de pequeños ejidatarios en mercados urbanos, particularmente ante el contexto de expansión urbana acelerada que experimenta Texcoco.

Ámbito social

En el componente social, los resultados revelan que la agricultura urbana y periurbana en Tocuila cumplen funciones clave para el fortalecimiento del tejido social y la permanencia de las prácticas agrícolas locales. El puntaje promedio obtenido en este ámbito fue de 22.6.

Este resultado se explica principalmente por el desempeño de los subindicadores de cohesión social (10.9) y arraigo territorial (7.5), los cuales, en promedio, presentaron los valores más elevados entre los sistematizados analizados, evidenciando una fuerte vinculación de los productores con su territorio, así como dinámicas de cooperación y apoyo comunitario. En contraste, el subindicador de protección patrimonial y cultural mostró un menor desempeño relativo, con un valor promedio de 4.2.

La metodología de Salcido et al. (2016) destaca precisamente la importancia de estos elementos como parte de la multifuncionalidad social, lo cual fue confirmado en Tocuila, donde la agricultura sigue siendo un eje identitario de la comunidad, pese al proceso de urbanización. Comparativamente, el estudio de Ayala-Ortiz (2009) en la Meseta Purépecha, también resalta que la agricultura campesina posee un alto valor social, especialmente en zonas donde las redes familiares y comunitarias desempeñan un papel central en la gestión de los recursos. En Tocuila, aunque el entorno urbano ha modificado ciertas dinámicas, aún persisten formas solidarias de organización que refuerzan la resiliencia local.

Por ejemplo, en Calpan, según lo reportado por Blanca-Bautista et al. (2024) muestran que la multifuncionalidad social es crucial para sostener las prácticas agroecológicas y reforzar la autonomía alimentaria. En Tocuila, varios productores señalaron que, gracias a su ejido, pueden garantizar el autoconsumo de alimentos básicos y compartir excedentes con familias y vecinos, lo que contribuye a la seguridad alimentaria local.

En conclusión, el ámbito social demuestra que la AUP no solo tiene valor productivo, sino que actúa como un espacio de resistencia cultural, frente a la urbanización. Esta perspectiva coincide con lo señalado por Altieri (2004), quien subraya el papel de los saberes locales y la transmisión de prácticas agrícolas tradicionales, así como lo planteado por Friedmann y McMichael (1989), quienes reconocen que los pequeños productores y los movimientos sociales representan formas de resistencia frente a los regímenes alimentarios dominantes. En este sentido, la AUP resulta esencial para cualquier estrategia de sostenibilidad urbana en zonas como Texcoco.

En el Cuadro 4 se muestran los 50 ejidos con la integración de los cuatro ámbitos, lo que refleja el nivel de multifuncionalidad alcanzado por cada uno de ellos en su conjunto.

Cuadro 4. Integración de los resultados del Índice de Multifuncionalidad de los Sistemas de Producción Agrícola por ámbito.

Sistema	AT	AA	AE	AS	IMSPA	Cat	Sistema	AT	AA	AE	AS	IMSPA	Cat
1	13.5	13.9	14.4	21.9	63.7	IV	26	8.8	8.8	25.0	20.2	62.8	IV
2	11.1	13.3	25.0	23.7	73.1	IV	27	11.2	11.6	17.5	21.9	62.2	IV
3	6.5	8.8	25.0	21.9	62.2	IV	28	8.8	8.8	17.5	25.0	60.1	IV
4	10.6	8.1	6.9	23.7	49.2	III	29	12.3	19.7	14.4	23.7	70.1	IV
5	5.3	10.5	25.0	21.9	62.7	IV	30	6.5	9.9	10.0	23.7	50.1	III
6	13.5	15.7	6.9	21.9	58.1	III	31	5.3	5.8	14.4	20.2	45.7	III
7	10.0	20.8	10.0	20.2	61.0	IV	32	8.8	13.9	10.0	21.9	54.6	III
8	9.4	8.8	14.4	21.9	54.5	III	33	9.4	8.6	17.5	21.9	57.5	III
9	6.5	16.1	6.9	23.7	53.2	III	34	9.4	9.2	17.5	23.7	59.7	III
10	8.2	8.8	15.0	23.7	55.7	III	35	10.0	20.8	6.9	25.0	62.7	IV
11	6.5	9.9	25.0	23.7	65.1	IV	36	5.3	8.8	14.4	21.9	50.4	III
12	11.1	19.1	25.0	23.7	78.9	IV	37	9.6	10.5	25.0	23.7	68.8	IV
13	7.7	9.2	14.4	21.9	53.2	III	38	11.1	8.6	17.5	25.0	62.2	IV
14	8.8	13.5	14.4	21.9	58.6	III	39	11.1	9.9	17.5	23.7	62.2	IV
15	10.0	20.8	25.0	20.2	76.0	IV	40	9.6	7.5	10.0	23.7	50.8	III

16	13.5	10.5	25.0	20.2	69.2	IV	41	11.1	20.8	25.0	25.4	82.3	V
17	7.6	8.8	17.5	21.9	55.9	III	42	9.6	9.9	17.5	25.4	62.5	IV
18	8.8	11.9	10.0	21.9	52.6	III	43	7.6	8.8	14.4	21.9	52.7	III
19	13.5	9.2	14.4	23.7	60.8	IV	44	11.1	10.9	14.4	21.9	58.3	III
20	7.6	6.9	17.5	21.9	54.0	III	45	6.5	9.2	25.0	20.2	60.8	IV
21	8.2	18.5	17.5	21.9	66.2	IV	46	3.5	6.9	17.5	25.4	53.4	III
22	8.8	18.5	25.0	20.2	72.5	IV	47	9.6	5.8	25.0	21.9	62.4	IV
23	11.8	11.6	8.5	23.7	55.6	III	48	10.8	20.8	17.5	23.7	72.8	IV
24	7.0	10.9	6.9	23.7	48.5	III	49	6.5	10.9	10.0	20.2	47.5	III
25	6.5	8.6	17.5	20.2	52.8	III	50	13.5	11.6	17.5	25.4	68.1	IV

AT: Ámbito territorial, AA: Ámbito Ambiental, AE: Ámbito económico, AS: Ámbito Social,
Cat: Categoría. IMSPA: Índice de Multifuncionalidad de los Sistemas de Producción Agrícola.

Fuente: Elaboración propia con base en levantamiento de encuestas de campo (2022).

De los 50 sistemas analizados, el 2% destaca la categoría V (multifuncionalidad alta) la cual indica que es un excelente estado que contribuye con un alto aporte de funciones en los cuatro ámbitos. En la categoría IV representan el 50% (multifuncionalidad media alta), los sistemas tienen una tendencia positiva hacia la multifuncionalidad, aunque el desempeño no es equilibrado. Mientras que los que representan la categoría III el 48 % (multifuncionalidad intermedia) este tipo de sistemas están propensos ante mejoras o retrocesos en cuanto a la producción de sus funciones.

Análisis comparativo de la multifuncionalidad por sistema agrícola

Para este proceso se sumaron los cuatro ámbitos evaluados (territorial, ambiental, económico y social) por sistema. Se considera que el máximo puntaje de la multifuncionalidad de acuerdo con la metodología fue de 100 puntos. Se muestran a continuación los diez sistemas con mejor evaluación (**Cuadro 5**).

Cuadro 5. Los diez sistemas con mejor desempeño en la evaluación.

ID	Sistema	AT	AA	AE	AS	Total, IMSPA	Categoría
						$AT + AA + AE + AS$	
8	41	11.1	20.8	25.0	25.4	82.3	V
3	12	11.1	19.1	25.0	23.7	78.9	IV
4	15	10.0	20.8	25.0	20.2	76.0	IV
9	48	10.8	20.8	17.5	23.7	72.8	IV
6	22	8.8	18.5	25.0	20.2	72.5	IV
7	29	12.3	19.7	14.4	23.7	70.1	IV
5	16	13.5	10.5	25.0	20.2	69.2	IV
10	50	13.5	11.6	17.5	25.4	68.1	IV
2	11	6.5	9.9	25.0	23.7	65.1	IV
1	1	13.5	13.9	14.4	21.9	63.7	IV

AT: Ámbito territorial, AA: Ámbito Ambiental, AE: Ámbito económico, AS: Ámbito Social, IMSPA: Índice de Multifuncionalidad de los Sistemas de Producción Agrícola.

Fuente: Elaboración propia con base en levantamiento de encuestas de campo (2022).

De los diez sistemas con mayor nivel de multifuncionalidad, sobresalen dos casos particulares: el sistema 41, que alcanzó una multifuncionalidad alta (nivel V), con un puntaje superior a 80 y el sistema 12, clasificado en el nivel IV (media-alta). Este último fue incluido debido a que se encuentra muy próximo a alcanzar la categoría superior, al obtener un puntaje de 78.9, cuando el umbral para considerarse multifuncionalidad alta es de 80.1 o más. Esta proximidad justifica su

inclusión dentro de los sistemas destacados, ya que muestra un potencial significativo de mejora. El componente económico presentó valores consistentemente altos, lo que refleja su relevancia para los productores, permitiendo la continuidad de la producción agrícola y facilita la disponibilidad de alimentos en el ámbito local. Estos resultados pueden observarse con mayor claridad en la **Figura 2**, donde se muestra la distribución de los componentes de la multifuncionalidad en los sistemas analizados.

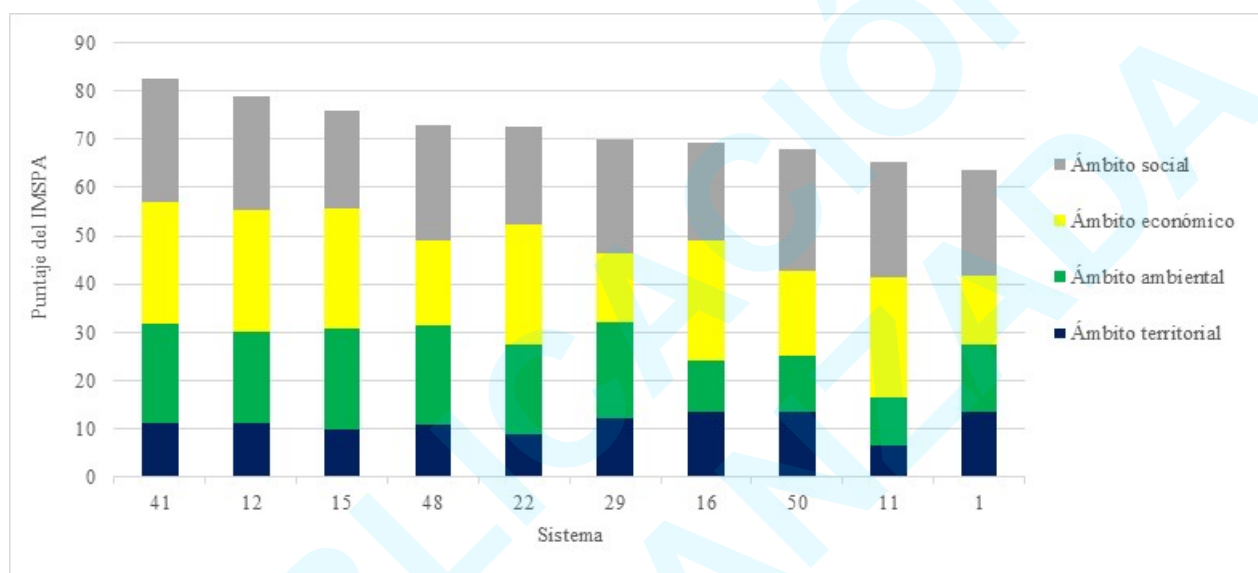


Figura 2. Distribución de la multifuncionalidad por ámbito en los diez sistemas agrícolas con mayores valores integrales. IMSPA: Índice de Multifuncionalidad de los Sistemas de Producción Agrícola.

Fuente: Elaboración propia con base en levantamiento de encuestas de campo (2022).

Conclusiones

La conservación de la agricultura, en todas sus escalas representa una estrategia clave frente al acelerado crecimiento poblacional, especialmente en las ciudades en desarrollo. En este contexto, garantizar el abastecimiento de alimentos para una población en aumento constituye un gran desafío, lo que refuerza la importancia de preservar y fortalecer los sistemas agrícolas.

En el caso de Tocuila, Texcoco, los resultados del índice de multifuncionalidad evidencia que el 50% de los sistemas se ubican en una categoría media-alta (IV), mientras que el 48% presentan un nivel intermedio (III) y solo el 2% alcanza niveles altos (V), lo que refleja un escenario de transición con potencial de mejora. A nivel de sistemas de producción, se identificó una variabilidad importante en el desempeño del índice de multifuncionalidad. El sistema con mayor valor correspondió al ejido no. 41, con un IMSPA de 82.3, ubicado en la categoría más alta (V), lo que demostró un desempeño sobresaliente en los cuatro ámbitos evaluados. En comparación, dentro del grupo de sistemas con mejor desempeño, el valor más bajo correspondió al ejido no. 1, con un IMSPA de 63.7 (Categoría IV), lo que indica que, aunque mantienen un nivel favorable, presenta menores aportes relativos en comparación con los sistemas mejor posicionados.

Asimismo, se identificaron limitaciones en el ámbito territorial, con un puntaje promedio de 9.2, asociado a procesos de fragmentación del suelo y presión urbana, así como una alta heterogeneidad en el componente ambiental, cuyos valores oscilan entre 5.8 y 20.8. En contraste, el ámbito social mostró un mayor fortalecimiento, con un puntaje promedio de 22.6, destacando la importancia de la agricultura como espacio de cohesión comunitaria y transmisión de saberes.

En este sentido, la agricultura urbana y periurbana no solo contribuye a la disponibilidad de alimentos a nivel local, sino que también fortalece la resiliencia alimentaria y territorial de las comunidades. Por ello, su consolidación representa una opción viable y estratégica para avanzar hacia la sostenibilidad, lo que justifica la implementación de políticas urbanas y programas locales orientados a su fortalecimiento.

Declaración de consentimiento informado

Para la realización de la investigación se obtuvo el consentimiento informado de las personas participantes. La información fue recabada de manera voluntaria, garantizando la confidencialidad y el anonimato de los datos, los cuales fueron utilizados exclusivamente con fines académicos y científicos.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

- Altieri, M. A. (2004). Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(1), 35-42. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0035:LEATFI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0035:LEATFI]2.0.CO;2)
- Ávila, S. H. (2019). Agricultura urbana y periurbana: Reconfiguraciones territoriales y potencialidades en torno a los sistemas alimentarios urbanos. *Investigaciones Geográficas*, 98, 1-21. <https://doi.org/10.14350/ig.59785>
- Ayala-Ortiz, D. A., & Garcia-Barrios, R. (2009). Contribuciones metodológicas para valorar la multifuncionalidad de la agricultura campesina en la Meseta Purépecha. *Economía, Sociedad y Territorio*, 9(31), 759-801.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212009000300007

- Blanca-Bautista, M., Ocampo-Fletes, I., Juárez-Sánchez, J. P., Herrera-Cabrera, B. E., Pérez-Ramírez, E., & Sánchez-Morales, P. (2024). Índice de multifuncionalidad de la agricultura familiar campesina (IMAFIC): Caso municipio de Calpan, Puebla. *Geografía Norte Grande*, 87, 1-24. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022024000100111>
- Bonnal P., Bosc, P. M., Diaz J., & Losch B. (2004). Multifuncionalidad de la agricultura y nueva ruralidad: ¿Reestructuración de las políticas públicas a la hora de la globalización? En H.C. de Grammont (Ed.), *Desarrollo rural y nueva ruralidad en América Latina y la Unión Europea*. (pp. 19-41) Pontificia Universidad Javeriana; CLACSO; REDCAPA.
- Brinkley, C.(2012). Evaluating the benefits of peri-urban agriculture. *Journal of Planning Literature*,27(3), 259-269. <https://doi.org/10.1177/0885412212442392>
- Beiderbeck, D., Frevel, N., Von der Gracht, H. A., Schmidt, S. L., & Schweitzer, V. M. (2021). Preparing, conducting, and analyzing Delphi surveys: Cross-disciplinary practices, new directions, and advancements. *MethodsX*, 8, 101401. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101401>
- De la Cruz-Elizondo, Y., Fontalvo-Buelvas, J. C., & Castro Martínez , O.R. (2023). El huerto como recurso didactico para la enseñanza y aprendizaje de la biología a nivel universitario: Aproximaciones y reflexiones. En O.R. Castro Martínez, E., Velázquez Cigarroa, & J.C. Fontalvo-Buelvas(Eds.), *Agricultura, huertos educativos y transformaciones sosioecológicas: Experiencias significativas en México* (pp. 121-136). Azul de Samarcanda Ediciones. https://www.researchgate.net/publication/375891539_Agricultura_huertos_educativos_y_transformaciones_socioecologicas_Experiencias_significativas_en_Mexico
- Friedmann, H., & McMichael, P. (1989). Agriculture and the state system: The rise and decline of national agricultures , 1870 to the present. *Sociologia Ruralis*, 29, 93 -117. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.1989.tb00360.x>
- Galante, E. (2022). Reservas Entomológicas: o cómo frenar el declive de los insectos creando áreas de conservación. *El Ecologista*, 111, 12-13.

<https://www.ecologistasenaccion.org/194653/reservas-entomologicas-o-como-frenar-el-declive-de-los-insectos-creando-areas-de-conservacion/>

Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. N., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864),756-760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>.

Guevara-Romero, M. L., López-Domínguez, S. M., & Santiago-Azpiazu, G. C. (2022). Análisis del cambio de uso de suelo en zonas agrícolas a través de SIG. *Ciencia e Innovación Agroalimentaria*, 3(2). <https://doi.org/10.15174/cia.v3i2.19>

Intituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2024). *División Política , 1:25000* [Archivo vectorial Shapefile]. Recuperado 12 marzo de 2025, de <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>

Licona, F. I. (2013). *Transformación del sistema agrario y su multifuncionalidad en dos comunidades indígenas Cuzalapa y Ayotitlán, Jalisco*. [Tesis de Maestría,. Universidad Ibero Americana, Puebla].

Marquez-Molina, I., & Hernández -López, A.(2024). Waste from the Ozumba market, Edomex., analysis of economic losses as a factor of food insecurity. *InvestigiumIRE*, 15(2),37-54. <https://doi.org/10.15658/INVESTIGIUMIRE.241502.03>

Mendoza Rossano, N., Cruz Hernández, A. M., & Herrera Pérez, J. L. (2023). Fenómenos sociambientales en los huertos urbanos: Usos y aportes de la agricultura urbana a la seguridad y soberanía alimentaria y nutricional, al desarrollo sostenible y a la integración y cohesión social. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 25(3), 1-18. <https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2023.03.06>

Mougeot, L., J. A. (2000). Urban agriculture: Definition, presence, potentials and risk. En N. Bakker, M. Dubbeling, S. Guendel, U. Sabel-Koschella, & H. de Zeeuw (Eds.), *Growing cities, growing food: Urban agriculture on the policy agenda* (pp. 1-42). Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung(DSE). <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/server/api/core/bitstreams/a0cf4b0d-b96c-4124-a1de-f006d4a97f00/content>

- Morales-Hernández, J.; Alvarado-Castro, E., y Vélez-Lucero, L. (2013). *La agricultura periurbana y las alternativas hacia la sustentabilidad en la Zona Conurbada de Guadalajara, Jalisco, México* [Ponencia]. IV Congreso Latinoamericano de Agroecología, 8 y 9 de septiembre, Lima, Perú. <https://rei.iteso.mx/items/31a99ace-04e3-498e-8ce4-954911f1a154>
- Mulya, S.P., Putro, H. P.H., Hudalah, D., (2023) Review of peri-urban agriculture as a regional ecosystem service. *Geography and Sustainability*, 4, 244-254. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2023.06.001>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura “[FAO]. (1999). *La agricultura urbana y periurbana*. Ponencia presentada en el seminario “Características de la agricultura urbana y periurbana”.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura “[FAO], Rikolto & RUAF. (2022). *Urban and peri-urban agriculture sourcebook – From production to food systems*. Rome, Italy. FAO and Rikolto. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9722en>
- Pradhan, P., Subedi, D. R., Dahal, K., Hu, Y., Gurung, P., Pokharel, S., Kafle, S., Khatri, B., Basyal, S., Gurung, M., Joshi, A. (2024). Urban agriculture matters for sustainable development. *Cell Reports Sustainability*, 1(9). <https://doi.org/10.1016/j.crsus.2024.100217>
- Rai, C. K., Goyal, S. K., Raj, K., & Kumar, V. (2025). Impact of urbanization on peri-urban agriculture. N. K. Sharma, P. K. Rai, & D. C. Rai (Eds.), *Indian Agriculture: Challenges, priorities and solutions* (pp. 105-119). Springer Nature.
- Reguant-Alvarez, M., & Fonseca, M. (2016). El método Delphi. *Reire*, 9, 87-102. <https://doi.org/10.1344/reire2016.9.1916>.
- Reig, E. (2002). La multifuncionalidad del mundo rural. *Información Comercial Española, (ICE): Revista de economía*, 803, 33-44. <https://revistasice.com/index.php/ICE/article/view/422/422>
- Rojas-Cano, E. T., Pérez-Alarcón, & Fontalvo-Buelvas. J.C. (2023). Evaluación de la sustentabilidad en unidades de agricultura familiar: diagnóstico y recomendaciones para tres municipios de Boyacá, Colombia. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 25(2), 1-19. <https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2023.03.06>

- Romero-Padilla, A. , Hernández-Juárez, Y., & Espinosa-Herrera, R. (2024). Impacto del crecimiento urbano en la superficie agrícola de los distritos de riego del Estado de México. *Investigaciones Geográficas*,105, 1-20. <https://doi.org/10.14350/rig.61056>
- Salcido, R. S., Gerritsen, P. R. W., & Moreno, H. A. (2016). Evaluación de la multifuncionalidad de sistemas de producción agrícola en el sur de Jalisco, México. *Revista Española Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 16, 31-47. <https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma/article/view/300/298>
- Spósito, M. E. B. (2006). Uma questão cidade-campo: Perspectivas a partir da cidade. En MEB Spósito & A. Whitacker (Orgs.), *Cidade e campo: Relações entre urbano e rural*(pp.111-130). Pontifica Universidade Católica de São Paulo.
- Tilman, , D., Clark, M., Williams , D.R., Kimmel, K.,Polasky, S., & Packer , C. (2017). Future threats to biodiversity and pathways to their prevention . *Nature*, 546, 73-81 <https://doi.org/10.1038/nature22900>
- Wilson, G. A. (2007). Multifunctional agriculture : A transition theory perspective.CABI Digital Library. 374 p. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9781845932565.0000>
- Zaragoza-Hernández, I., Lozano, J., Valdés, E., & Sánchez-Hernández, R. (2025). Interpretación de la multifuncionalidad en la evaluación de agroecosistemas. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 264, 188-214. <https://doi.org/10.24197/reep.264.2025.188-214>
- Zasada, I., (2011). Multifunctional peri-urban agriculture- A review of societal demands and the provision of goods and services by farming. *Land Use Policy*, 28 (4), 639-648. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.01.008>